

Teoría y Cálculo de Estructuras Mineras y Energéticas

Tema 7. Cimbras y encofrados



José Ramón Berasategui Moreno
Noemí Barral Ramón
Jokin Rico Arenal

Departamento de Transportes y Tecnología
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Producción y puesta en obra de hormigón

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

- **Encofrado:** moldeo “in situ” de hormigones y morteros
- **Molde:** moldeo en taller
- Misión:
 - Contener y soportar el hormigón fresco hasta su endurecimiento, sin asientos ni deformaciones excesivas, dándole la forma deseada
- Reutilizables (aunque sea parcialmente)
- Formado por bastidor y superficie de contacto con hormigón

Características de encofrados y moldes

Aspectos económicos:

- Coste del encofrado entre 25-35%
- Mucha importancia de la mano de obra
- Gran incidencia en los plazos
- Importante optimizar el coste del encofrado y su reparación

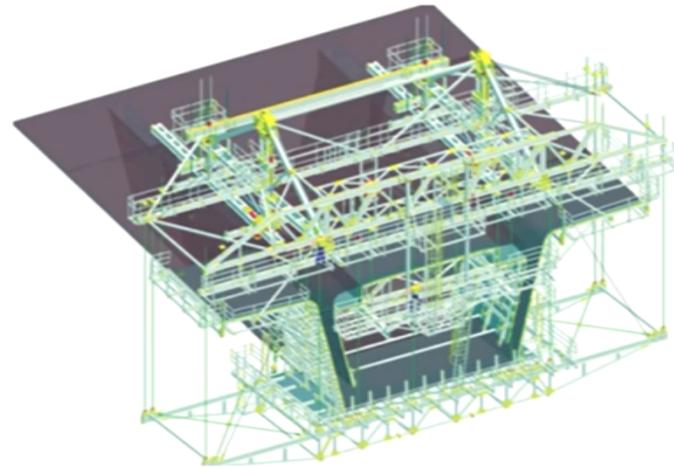
Concepto	Coste del material	Coste de mano de obra y varios	% del coste total
Hormigón	12%	8%	20%
Armaduras	19%	6%	25%
Encofrado	6%	22%	28%
Varios	18%	9%	27%
Total	55%	15%	100%

1. Características de encofrados y moldes

- **Resistentes:**
 - Empuje hormigón, peso armaduras y compactación
 - Sobrecargas de uso durante hormigonado
 - Acciones horizontales (viento, arranque y parada de máquinas, soportes inclinados, etc.)
 - En hormigón pretensado, resistentes a la redistribución de tensiones y deformaciones impuestas
- **Estancos:**
 - Evitar fugas de lechada
 - Deteriora la estética
 - Coqueras, nidos de grava → menor resistencia
- **Químicamente inertes**
- **No adherencia al hormigón tras el fraguado**
 - Desencofrantes (productos antiadherentes)
- **Resistentes a la abrasión del hormigón**

4. Criterios de selección

- **Seguridad:**
 - El encofrado debe cumplir sus funciones sin poner en peligro a operarios o medios auxiliares
- **Economía:**
 - Precio de adquisición
 - Número de puestas
 - Elementos auxiliares incluidos o no
 - Soluciones estandarizadas
- **Resistencia:**
 - Capacidad de soportar cargas, sin sufrir deformaciones



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA ELECCIÓN DE UN ENCOFRADO:

- En una obra civil el **FACTOR ECONÓMICO** del encofrado es de suma importancia a la hora de realizar la elección del mismo, luego a este factor hay que prestarle la máxima atención; **OTROS FACTORES A TENER EN CUENTA SON:**
 - Tiempo de desencofrado.
 - Coste de los elementos auxiliares.
 - Coste de la mano de obra en la construcción.
 - Colocación y desencofrado.
 - Equipos necesarios.
 - Numero de uso de los materiales según su posible recuperación.
 - Coste del acabado de las superficies de hormigón.

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

PUNTOS A TENER EN CUENTA PARA LA OBTENCIÓN DE UN ENCOFRADO ECONÓMICO:

- 1.** Proyectar el encofrado con la mayor resistencia posible y la menor cantidad posible de materiales.
- 2.** Tener en cuenta a la hora de proyectar los encofrados los sistemas y sucesión de operaciones para la retirada de los diversos elementos.
- 3.** Emplear madera de calidad lo más baja posible, compatible con la resistencia y rigidez necesarias, así como el estado de la superficie en contacto con el hormigón.
- 4.** Utilizar paneles prefabricados en cuanto sea posible.
- 5.** Emplear los mayores paneles prefabricados que pueden ser manejados por los obreros.
- 6.** Utilizar encofrados prefabricados con las mayores dimensiones posibles según la potencia de los equipos disponibles, lo que traerá consigo un estudio de planificación pero significara un ahorro importante como resultado final.

4. Criterios de selección

- **Facilidad de montaje y desmontaje:**

- Número de piezas
- Tamaño
- Peso
- Sistemas de autocierre
- Cuñas o pasadores integrados en el propio encofrado

- **Paramentos lisos y acabado perfecto:**

- Paneles adecuados
- Intercambiabilidad de paneles



4. Criterios de selección

- **Disponibilidad de materiales y distribuidores:**
 - Plazo de suministro y retirada
 - Piezas capaz de suministrar
- **Disponibilidad de medios para transporte y colocación:**
 - Grúas, camiones, etc.
- **Durabilidad:**
 - Reutilización del total o de partes del encofrado



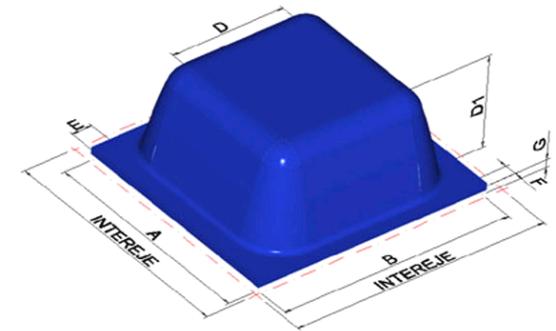
Conclusiones

1. El número de usos y el acabado exterior influyen decisivamente en el coste económico
 2. La disposición y la forma de trabajo influyen fuertemente en el tipo de encofrado a utilizar
 3. Existen criterios de selección de encofrados que dependen del propio encofrado: economía, resistencia, seguridad...
 4. Sin embargo, otros criterios muy importantes dependen de la disponibilidad de materiales y de la disposición de medios de transporte y colocación
-

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

CLASIFICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS SEGÚN LOS MATERIALES:

- Encofrados de madera.
- Encofrados metálicos.
- Encofrados cerámicos.
- Encofrados de plástico.
- Encofrados de cartón.



3. Materiales para encofrados

Material	Tipo	Nº puestas	Textura	Usos
Madera	Planchas unidas	1 a 20	Vena absorbente	Hormigón in situ Superf. planas o regladas
	Contrachapado	15 a 60	Ligeramente rugosa	Múltiples Formas planas curvaturas red
	Fibras Partículas	1 a 50 1 a 10	Variables	Múltiples Planas o curvas
Especiales (plástico, fibrocemento, etc.)	Flexibles	1 a 20	Lisa o rugosa	Superf. complejas y repetidas Múltiples
	Rígidos	≥50	Lisa o rugosa	Múltiples

Material	Tipo	Aspecto	Burbujas	Observaciones
Madera	Planchas unidas	Medio a muy bueno	Poco visibles	Calidad variable
	Contrachapado	Juntas a veces torcidas	Considerables Función de la rigidez	Bordes frágiles
	Fibras Partículas	Liso o granulado Juntas a veces torcidas	Considerables Función de la rigidez	Exige soporte continuo
Especiales (plástico, fibrocemento, etc.)	Flexibles	Casi sin juntas	Ligeras	Material frágil
	Rígidos	Muy limpio	Ligeras visibles	

Material	Tipo	Nº puestas	Textura	Usos
Metal	Elementos ligeros Ensamblables	50 a 150	Lisa	Hormigón in situ Est. simple
	Elementos pesados Monolíticos	≥ 100	Lisa, rugosa o relieve	Prefabricado Formas diversas
Hormigón	Monolítico pesado (fondo de molde)	≥ 100	Lisa o ligeramente rugosa	Prefabricación cara vista Formas desmoldables

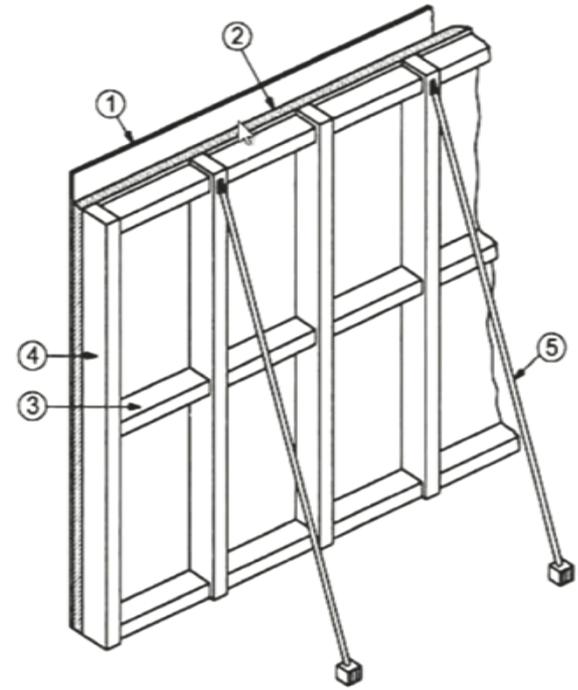
Material	Tipo	Aspecto	Burbujas	Observaciones
Metal	Elementos ligeros Ensamblables	Juntas visibles a veces torcidas	Frecuentes	Precauciones Manutención
	Elementos pesados Monolíticos	Bueno	Ligeras, pero perceptibles	Mantenimiento fácil
Hormigón	Monolítico pesado (fondo de molde)	Muy bueno	Muy débil	Necesidad de desencofrante

Precauciones:

- **Madera:**
 - Humedecerse previamente para evitar absorber el agua contenida en el hormigón
 - Se permitirá su libre entumecimiento, sin que se originen esfuerzos o deformaciones anormales
- **Aluminio:**
 - Prohibidos salvo certificado de entidad de control que tiene protección superficial que evite la reacción con los álcalis del cemento

2. Partes de un encofrado

1. Piel encofrante
 - Aspecto y calidad del paramento
2. Panel
 - Soporta el empuje sin perder planeidad
3. Microrrigidización
 - Aligera el panel
4. Macrorrigidización
 - Soporte de acciones
5. Soporte del encofrado
 - Cimbrado en caso de ser vertical



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

1. Superficie encofrante.
2. Microrrigidizadores.
3. Macrorrigidizadores.

b) Apuntalamiento.

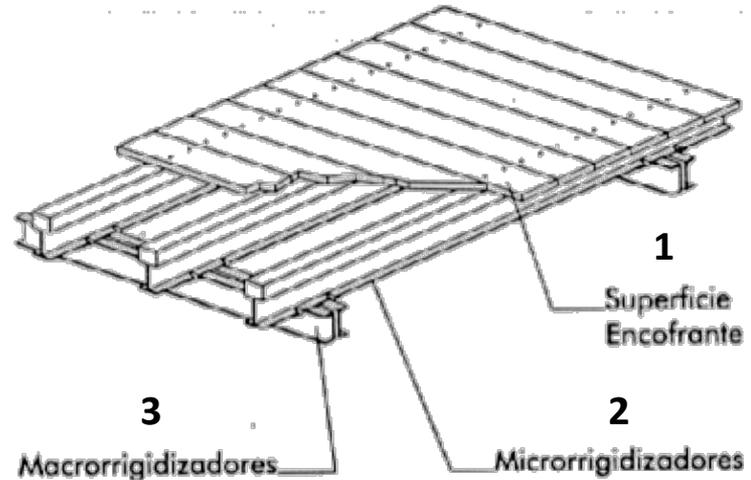
1. SUPERFICIE ENCOFRANTE:

• Materiales:

- Paneles fenólicos.
- Madera.
- Paneles metálicos.

• Cálculos:

- Material a emplear.
- Espesor del mismo.
- Distancia entre microrrigidizadores.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

1. Superficie encofrante.
2. Microrrigidizadores.
3. Macrorrigidizadores.

b) Apuntalamiento.

2. MICRORRIGIDIZADORES:

- Estructuras portantes de las superficies encofrantes.
- **Cálculos:**
 - Presión del hormigón + peso propio.
 - Separación entre microrrigidizadores.
 - Material del microrrigidizador.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

1. Superficie encofrante.
2. Microrrigidizadores.
3. Macrorrigidizadores.

b) Apuntalamiento.

3. MACRORRIGIDIZADORES:

- Apoyan a los microrrigidizadores.
- Apoyan a la superficie encofrante.
- Reunen toda la carga de los paneles.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

1. PUNTAL:

- **Partes:**
 - Cabeza regulable.
 - Cuerpo.
- **Propiedades:**
 - Absorben cargas de los encofrados.
 - Son esbeltos: necesidad de arriostramiento.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

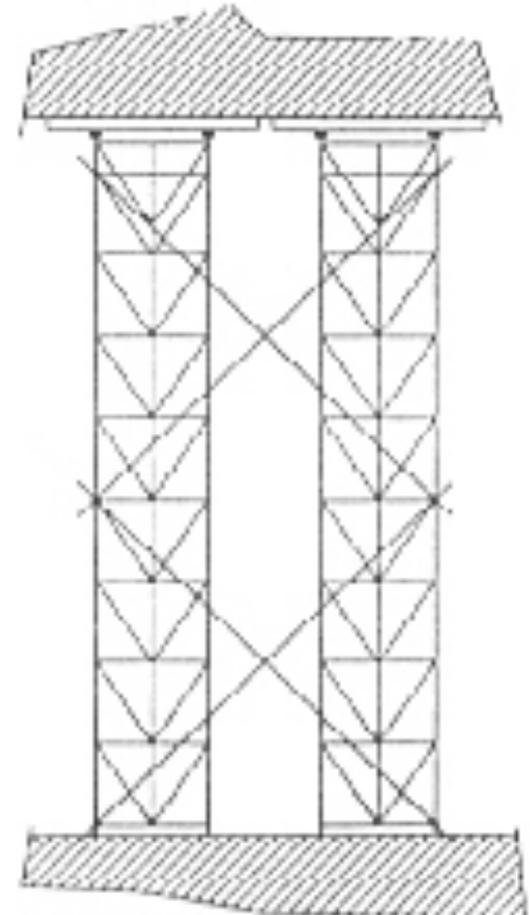
b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

2. CIMBRA:

- **Propiedades:**

- Sostienen verticalmente los encofrados.
- Diseñadas para cargas verticales: deben arriostrarse.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

2. CIMBRA:

- Cimbrado a partir de torres PAL, desde vista superior.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

CIMBRA PORTICADA



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

CIMBRA CUAJADA (RMD)



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

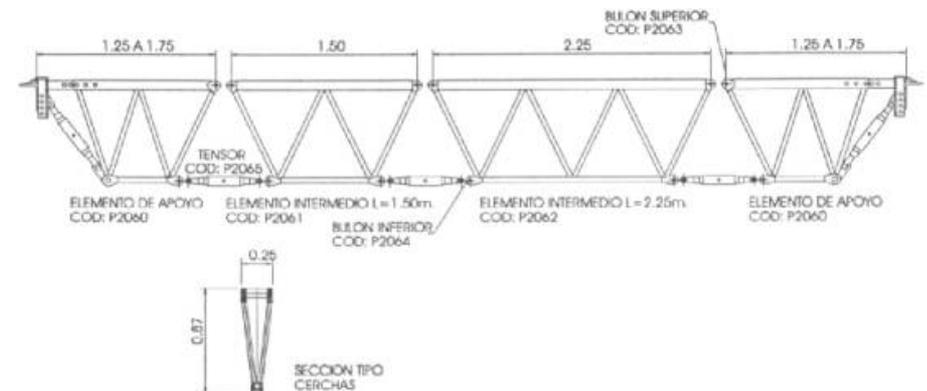
b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

3. CERCHA O CELOSÍA:

• Propiedades:

- Sostienen horizontalmente los encofrados en el caso de no poder utilizar una cimbra.
- Diseñadas para cargas verticales: pandeo y flecha.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

3. CERCHA O CELOSÍA:

- Porticadas: paso sobre un río con vigas de gran luz.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

CIMBRA Y CELOSÍA (ANDAMIOS IN)



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

a) Encofrado:

b) Apuntalamiento:

1. Puntal.
2. Cimbra.
3. Cercha.

3. CERCHA O CELOSÍA:

- Cercha de avance en viaducto con vanos de 40 m. Terminando el proceso de avance.



1. Tipología según el número de usos
2. Tipología según el acabado
3. Tipología por disposición y forma de trabajo
4. Criterios de selección

1. Tipología según el número de usos

- **Encofrados perdidos:**
 - Quedan embebidos en el hormigón
 - Tienen a veces función estructural
 - Ejemplo: bovedillas cerámicas o de hormigón
- **Encofrados recuperables:**
 - Se pueden retirar tras endurecer el hormigón
 - Se reutilizan



2. Tipología según el acabado

- **Encofrados en paramentos vistos:**
- **Encofrados en paramentos ocultos:**
 - Los encofrados en paramentos vistos tienen un coste superior a los ocultos



2. Tipología según el acabado

- **Materiales:**



Madera



Metálicos



Plástico

2. Tipología según el acabado

- **Materiales:**



Hormigón



Cartón



Cerámica

3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- **Materiales: Superficies planas horizontales.**
- **Superficies planas verticales.**

- **ENCOFRADOS TREPANTES.**
- **ENCOFRADOS DESLIZANTES.**

3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- **Horizontales:**
 - Para forjados y vigas
 - Tableros cimbrados: mesas
 - Prefabricados o mixtos



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

- Superficies planas horizontales:
 - MOLDES.



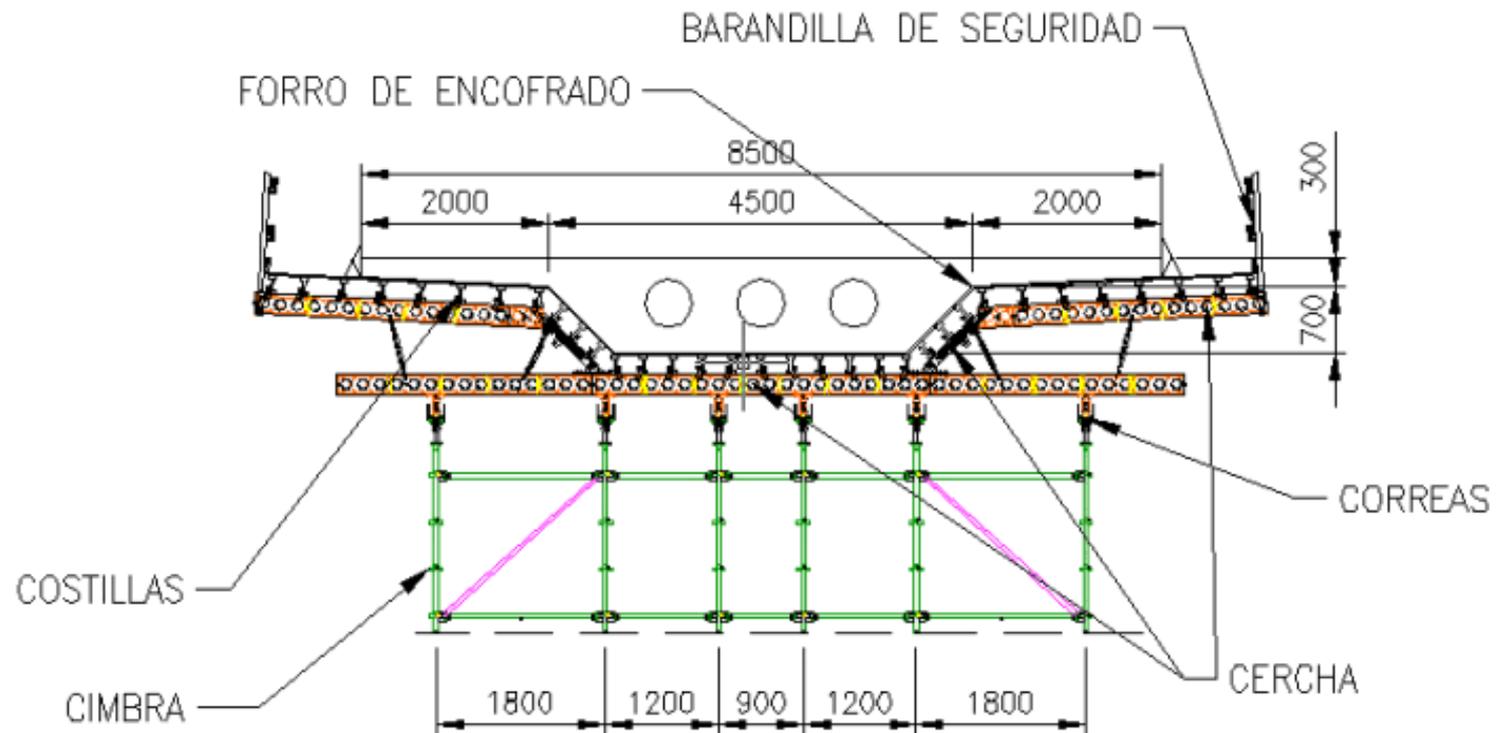
Encofrado de tablero (ULMA).

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

- Superficies planas horizontales:

- MOLDES.



Sección de un encofrado tipo para tablero de puente o paso superior y ejemplo de encofrado curvo (RDM).

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

- Superficies planas horizontales:
 - MOLDES.



Ejemplos de encofrado plano y curvo (ala de gaviota) (RDM).

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

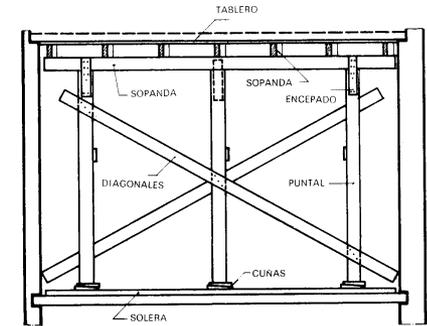
• Superficies planas horizontales:

– Aplicación:

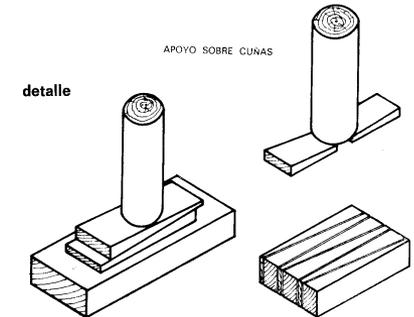
- Placas
- Forjados.

– Elementos constitutivos:

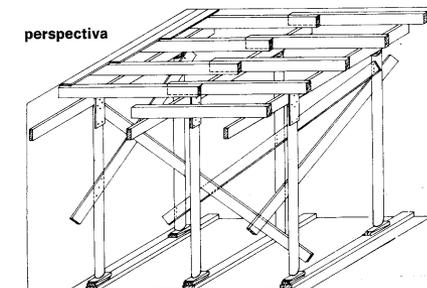
- Tablero horizontal.
- Sopandas que lo rigidizan.
- Puntales de apoyo.
- Soleras que transmiten las cargas de los puntales.
- Cuñas que transmiten las cargas al terreno o forjado inferior.
- Riostras en diagonal para evitar el posible vuelco de los puntales.



sección



detalle



perspectiva

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

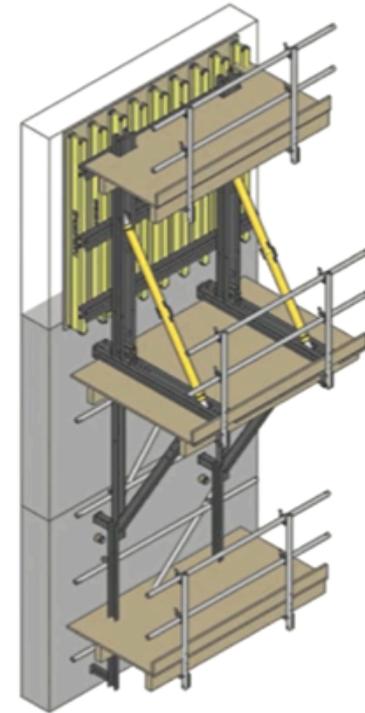
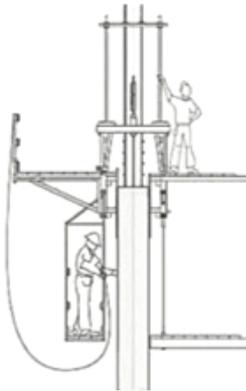
TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

- Superficies planas horizontales:
 - MESAS.



3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- **Verticales:**
 - Convencionales: muros, pilares
 - Trepantes
 - Deslizantes verticales

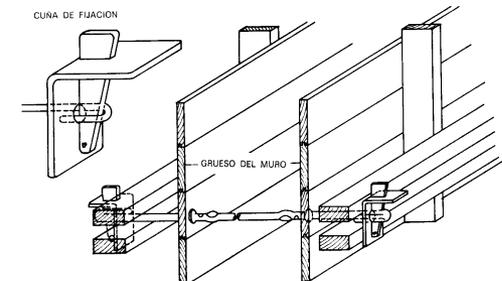
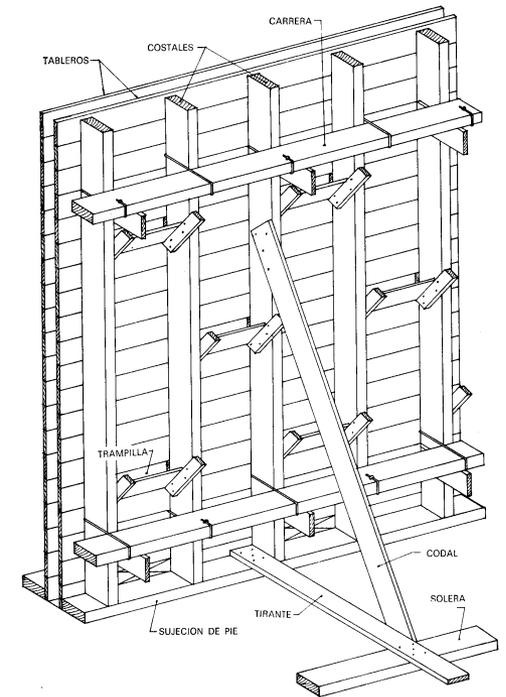


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

• Superficies planas verticales:

- Muros a una o dos caras.
- Las tablas que definen el tablero se rigidizan mediante los costales formando el costero.
- **Estos costeros precisan de:**
 1. Sujeción de pie constituida generalmente por una solera.
 2. Carreras cruzadas con los costales que sirven de apoyo a los codales oblicuos, que actúan como tornapuntas anclado en una solera inferior.
 3. Latiguillos o codales que garantizan el espesor o separación entre tableros.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

- Superficies planas verticales:
 - **MUROS.** Encofrado de gran superficie en muro.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

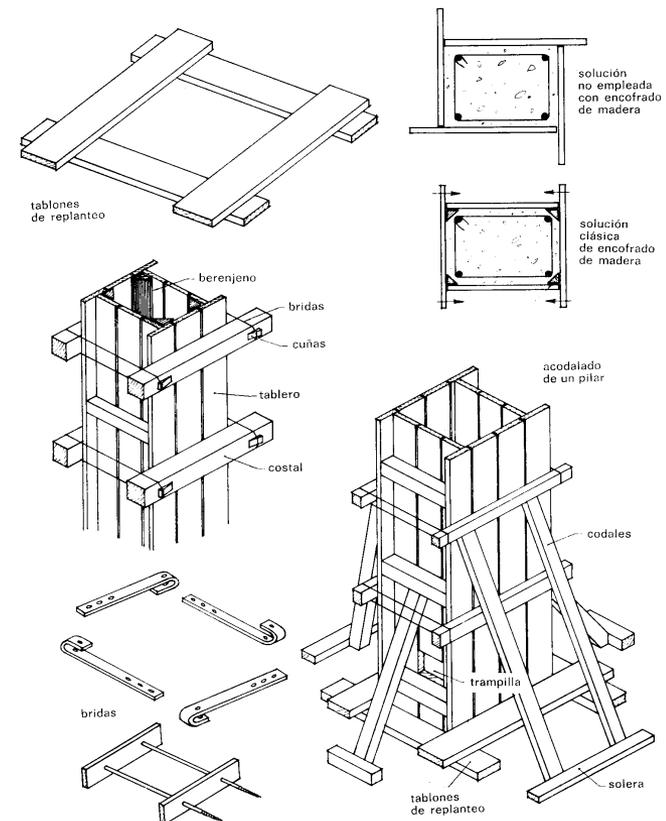
TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

• Piezas prismáticas:

– Elementos de los encofrados de pilares:

- Cuatro tableros laterales.
- Tablas verticales.
- Costales horizontales.
- Bridas metálicas.
- Arriostramientos.
- Cogotes.
- Cuñas.
- Berenjenos o listones de sección triangular.
- Ventanas de registro.
- Codales.

encofrado de pilares



Encofrado de un pilar recto de sección rectangular.

Aplicación: encofrado de pilares y de jácenas.

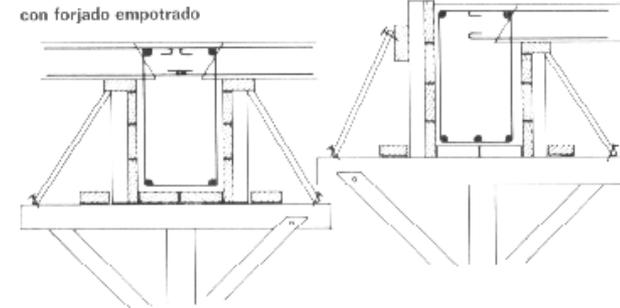
CIMBRAS Y ENCOFRADOS

TIPOLOGÍA DE ENCOFRADOS:

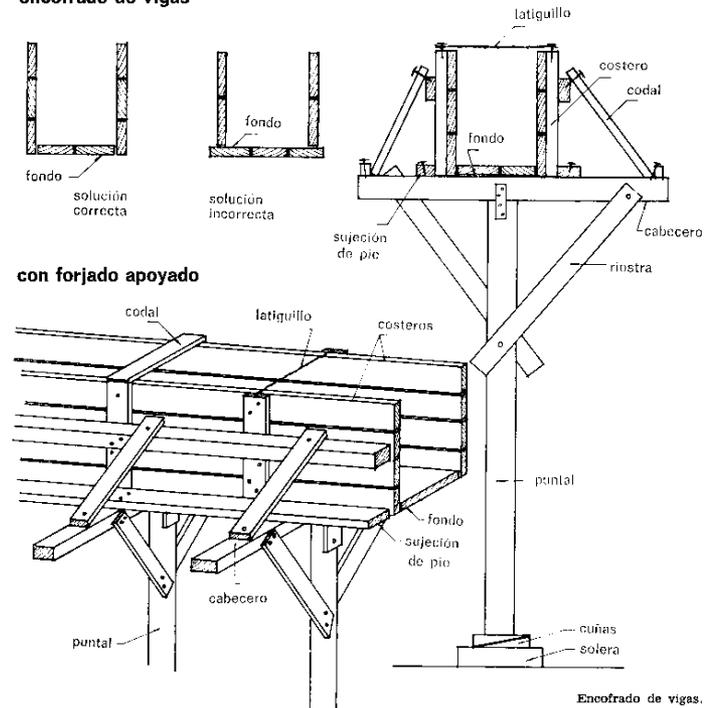
• Piezas prismáticas:

– Elementos de los encofrados de jácenas:

- Solera.
- Cuñas.
- Puntales.
- Cabecero con riostras.
- Fondo.
- Costeros.
- Carrera.
- Sujeción de pie.
- Codales.
- Latiguillos.



encofrado de vigas



Encofrado de vigas.

Aplicación: encofrado de pilares y de jácenas.

3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- Para túneles y bóvedas



3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- Para obras lineales



3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- **Especiales**



3. Tipología por disposición y forma de trabajo

- **Especiales**



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- Se denomina encofrado trepante a todo tipo de encofrado que aprovecha de forma repetitiva como base de sustentación, el elemento de hormigón ejecutado anteriormente con el mismo encofrado. Es decir es un:

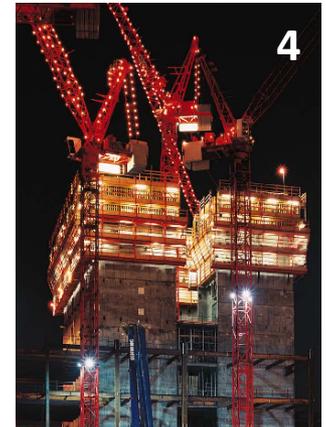
“ENCOFRADO APOYADO SOBRE UNA ESTRUCTURA (ANDAMIO) QUE SE ENCUENTRA ANCLADO EN LA TONGADA INMEDIATAMENTE INFERIOR A LA QUE SE VA A HORMIGONAR”.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- Resolver problemas de hormigonado en altura:
 1. Presas.
 2. Pilas de puentes.
 3. Grandes muros.
 4. Edificación.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- TIPOLOGÍA:

- Sistemas de trepado a una cara.

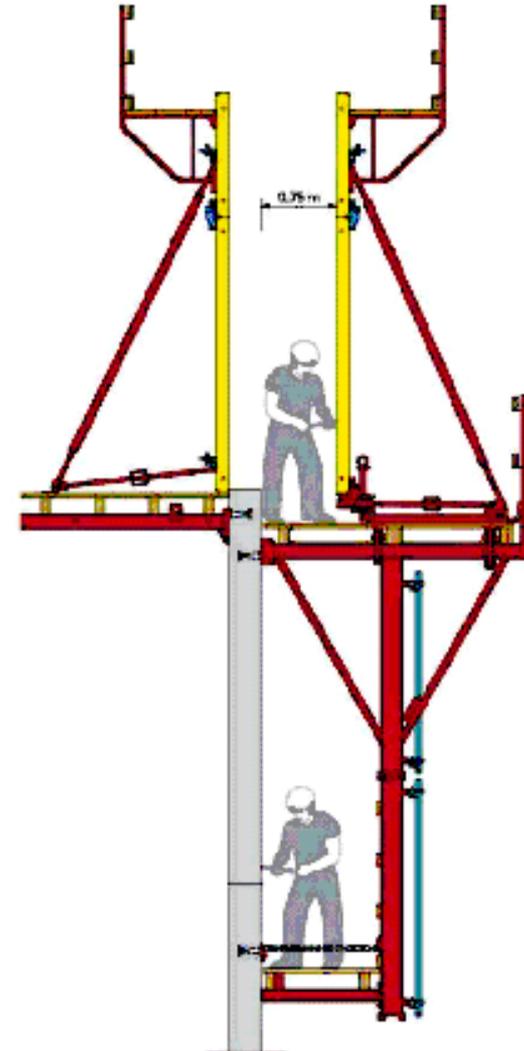


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- TIPOLOGÍA:

- Sistemas de trepado a doble cara.

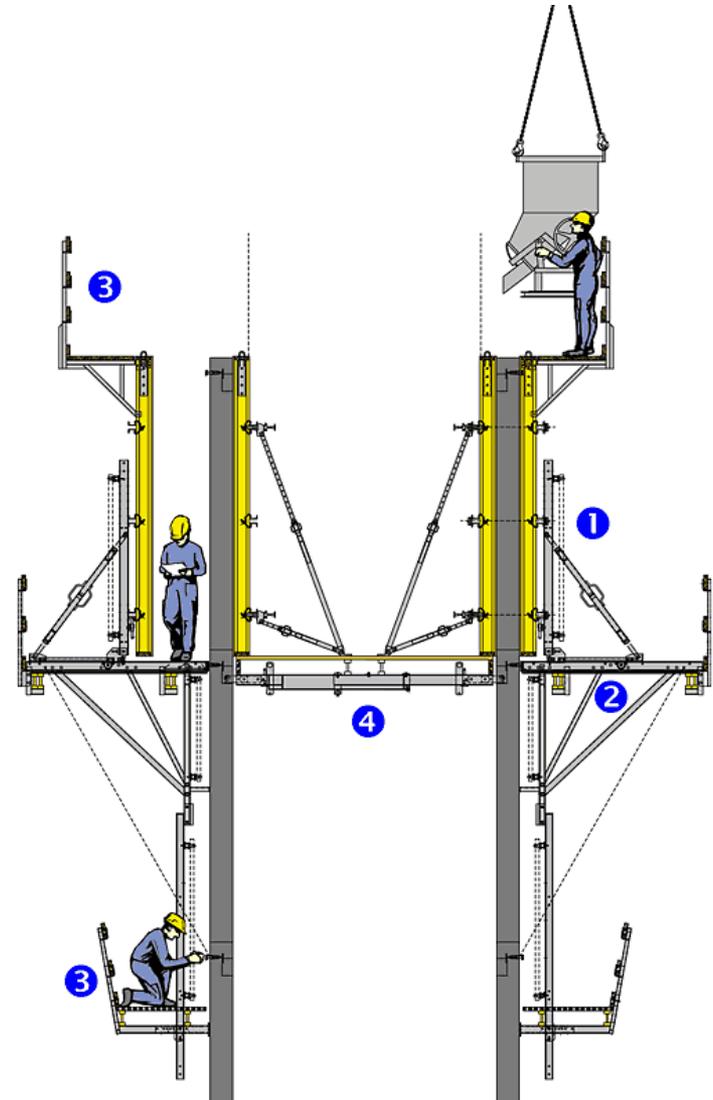


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- TIPOLOGÍA:

- Sistemas de trepado con plataforma interior.

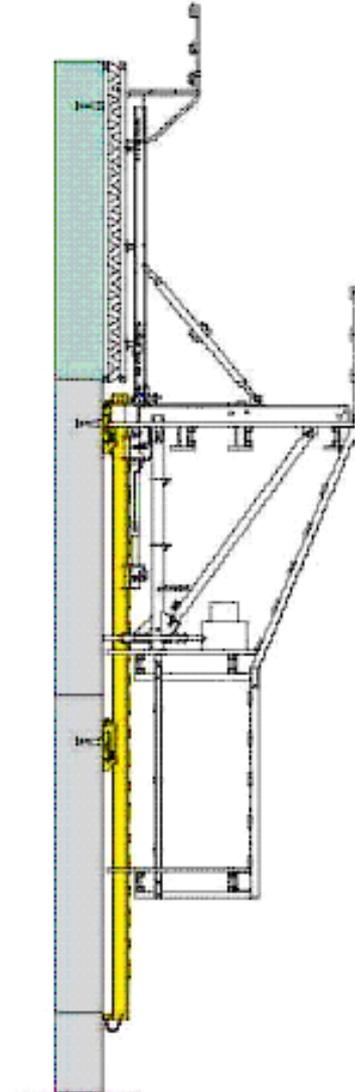


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- TIPOLOGÍA:

- Sistemas de autotrepado.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

• ELEMENTOS:

1. Paneles de encofrado.
2. Consolas de trepa.
3. Elementos de fijación.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

• ELEMENTOS AUXILIARES:

1. Plataforma superior.
2. Plataforma intermedia.
3. Plataforma inferior.
4. Plataforma inferior de vela (opcional).

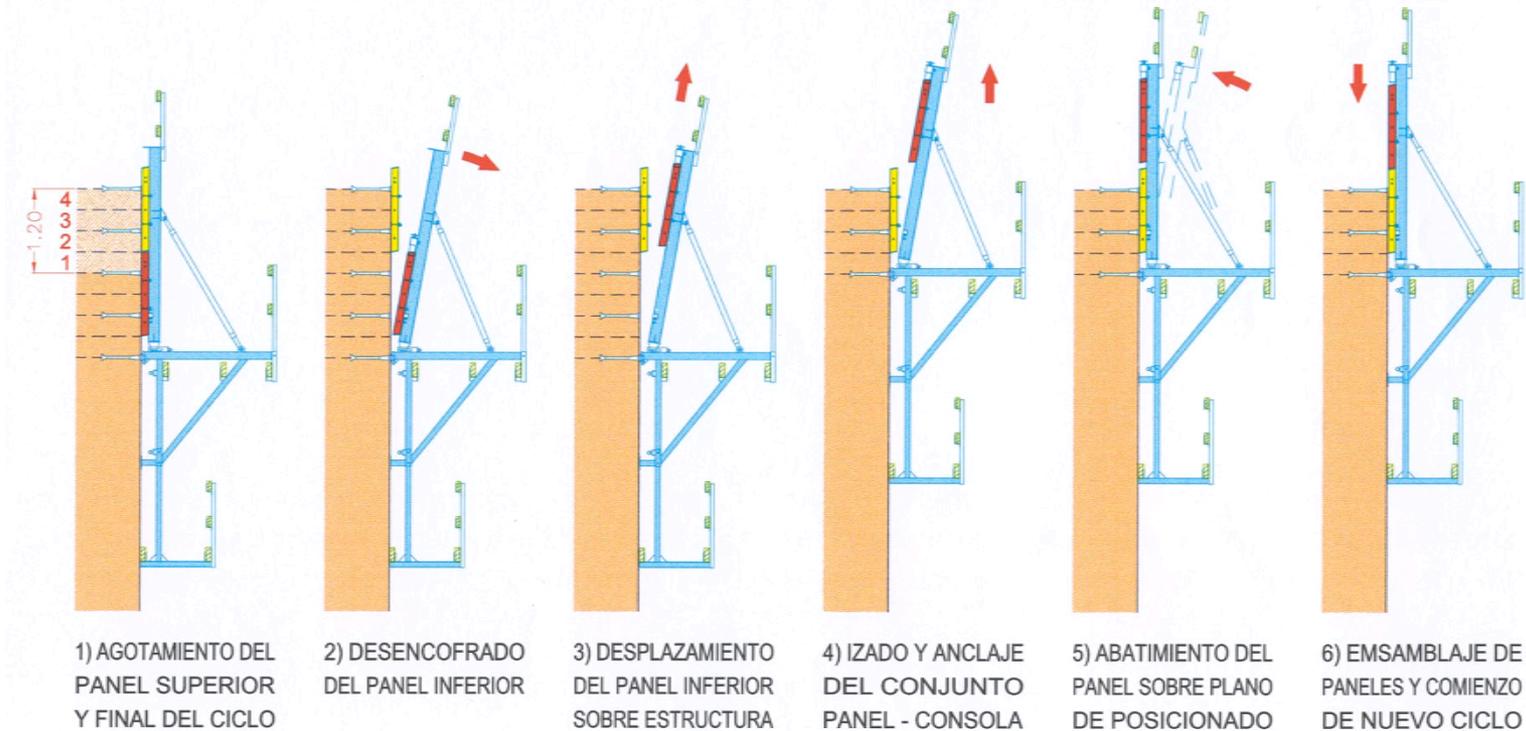


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- FASES DE LA TREPA.

PRESA DE BENI HAROUN (ARGELIA) Encofrado del paramento de aguas arriba



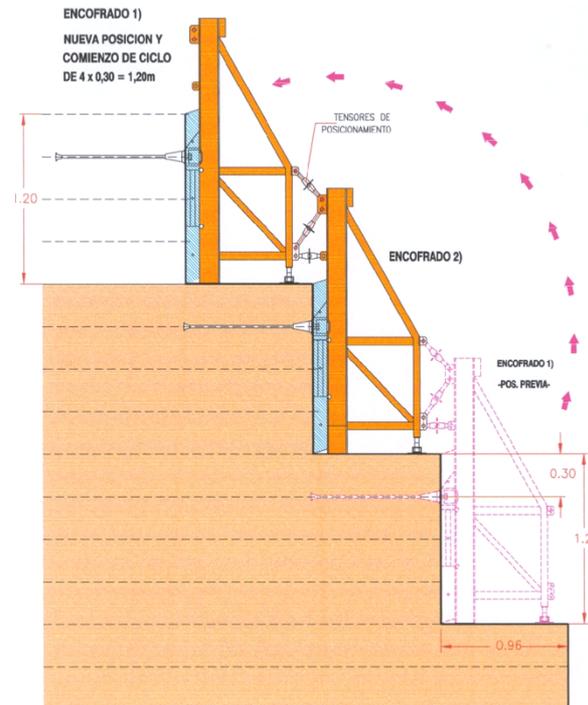
Fases de la maniobra de desencofrado y posicionado (ciclo de 4 capas de HCR = 1,20 m.).

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- FASES DE LA TREPA.

PRESA DE BENI HAROUN (ARGELIA) Encofrado del paramento de aguas abajo

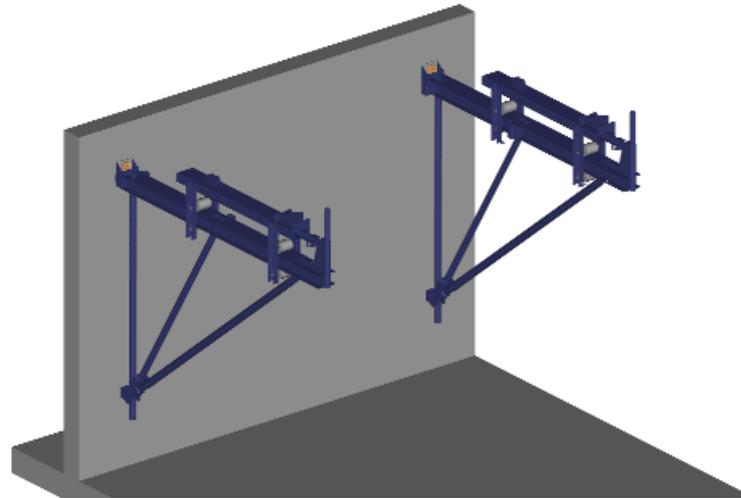


Fases de la maniobra de desencofrado y posicionado (ciclo de 4 capas de HCR = 1,20 m.).

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

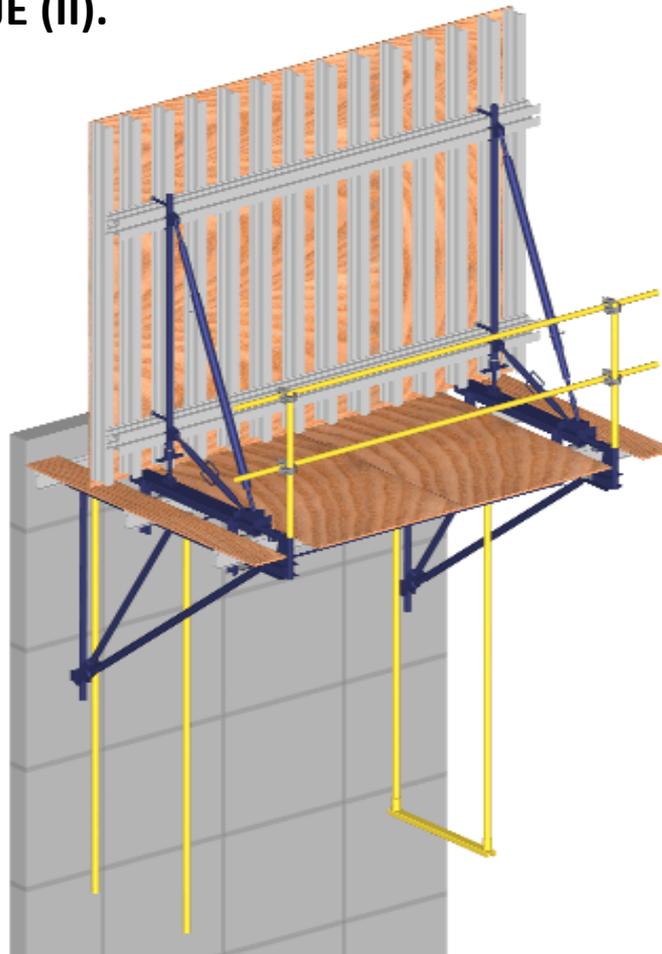
- SECUENCIA DE MONTAJE (I).



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- SECUENCIA DE MONTAJE (II).

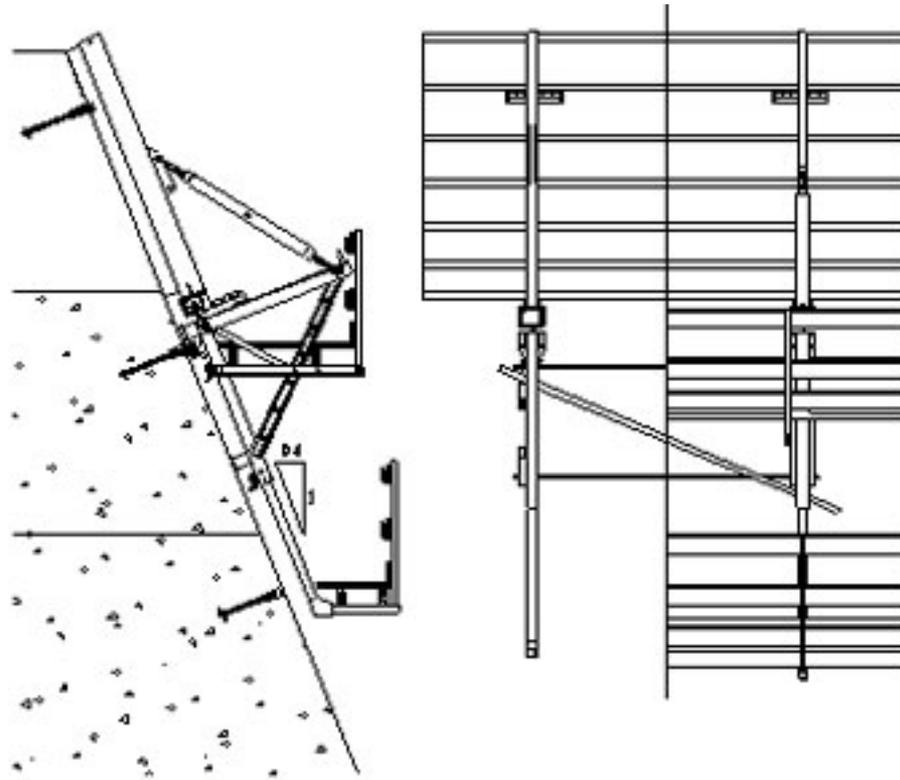


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

- TREPADO:

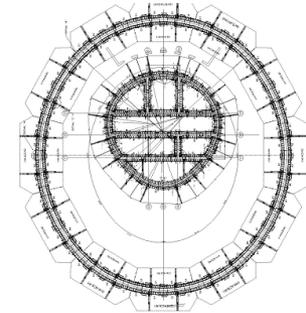
- Esquema de trepa a una cara inclinada.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

TORRE AGBAR



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS TREPANTES:

PRESA DE BENI HAROUN



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Definición:

- Se definen como aquellos que instalados por primera y única vez, no se desmontan ni se abren; sino que se desplazan de modo uniforme y continuo, simultaneando el hormigonado; hasta finalizar la totalidad de la obra.

- Aplicaciones:

- Se suelen aplicar para obras como el homigonado de torres, pozos o de estructuras en las que domina la longitud sobre la sección transversal, que se mantiene constante y en las que se transmiten esfuerzos de compresión en sentido longitudinal.
- Son de aplicación idónea en obras de sección constante y continua; pudiéndose emplear en obras de sección variable, resultando complejo el mecanismo del conjunto.

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- PARTES.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

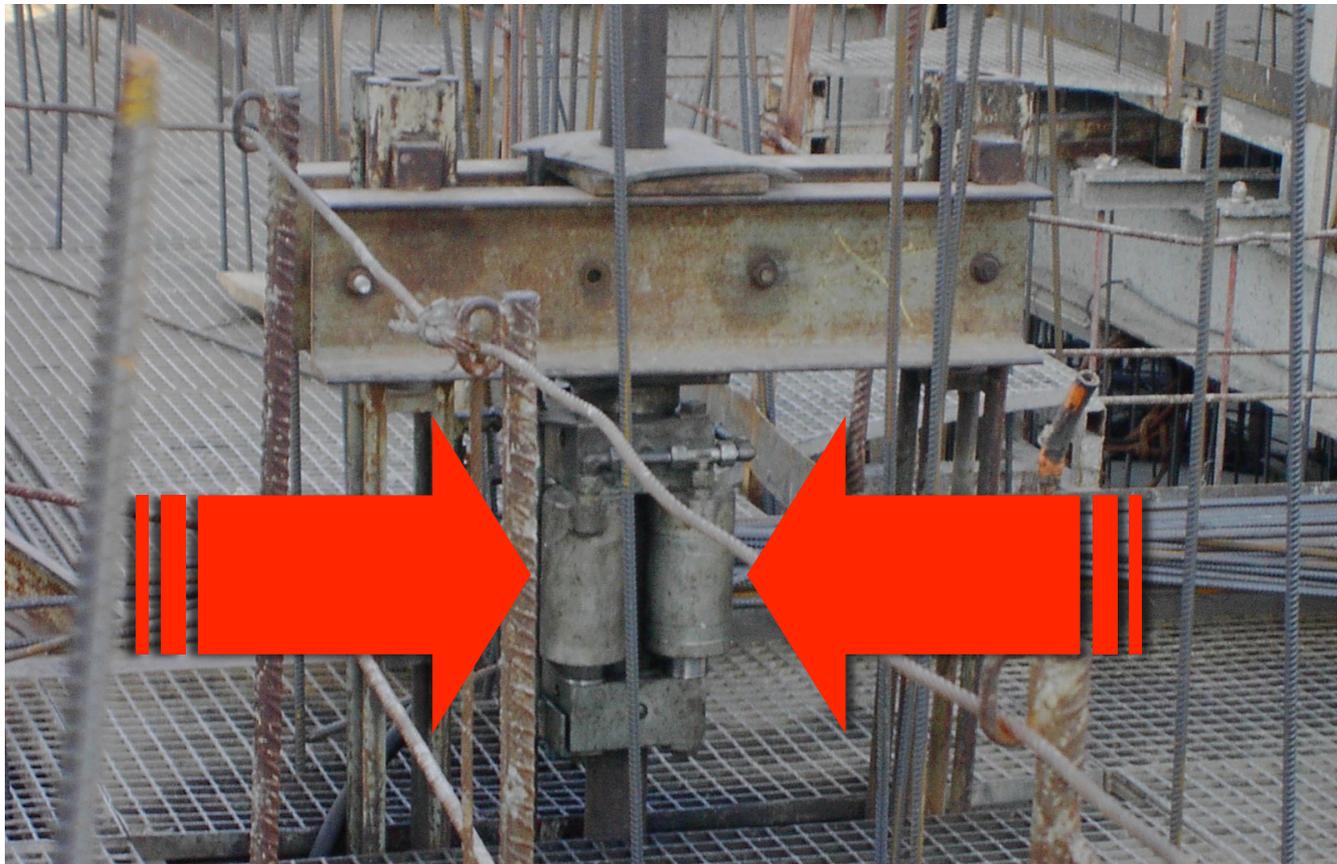
- YUGOS.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

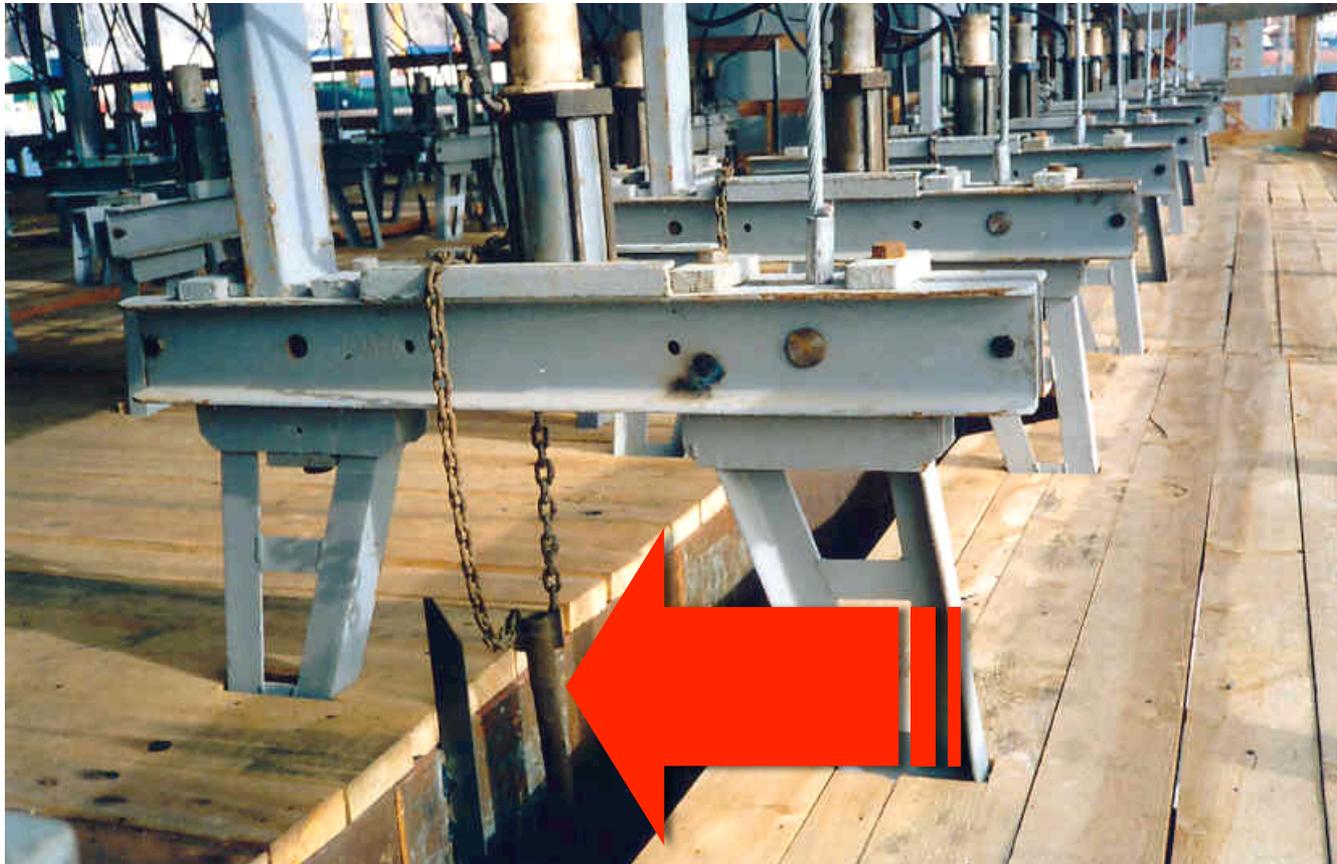
- GATO HIDRÁULICO.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

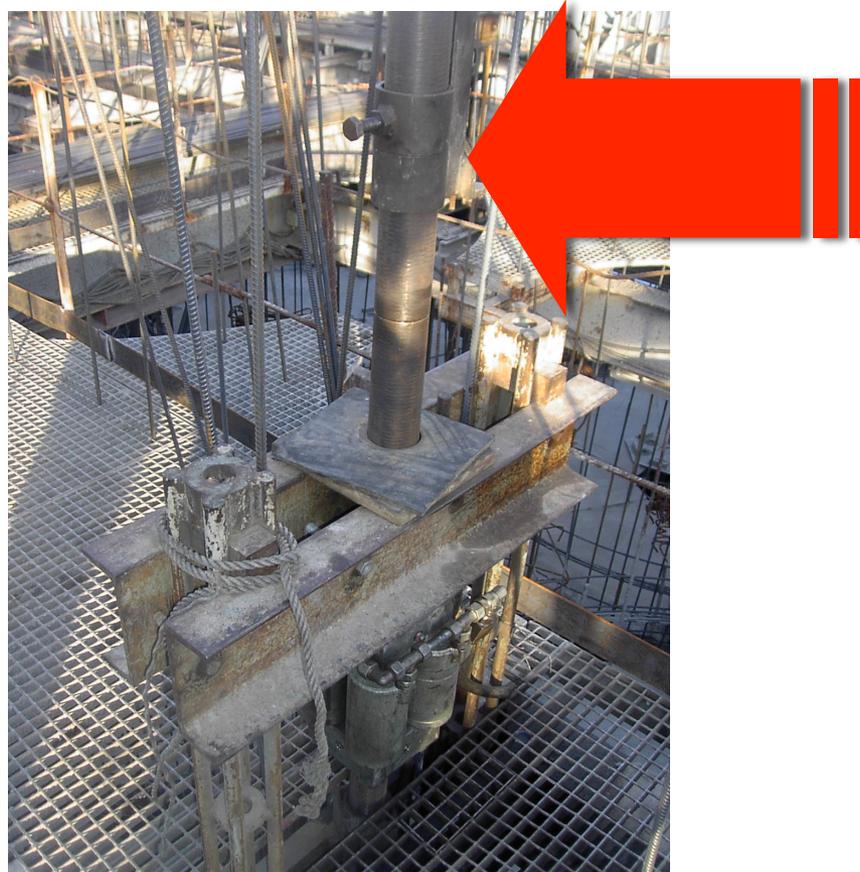
- BARRAS DE TREPA.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- VAINA.

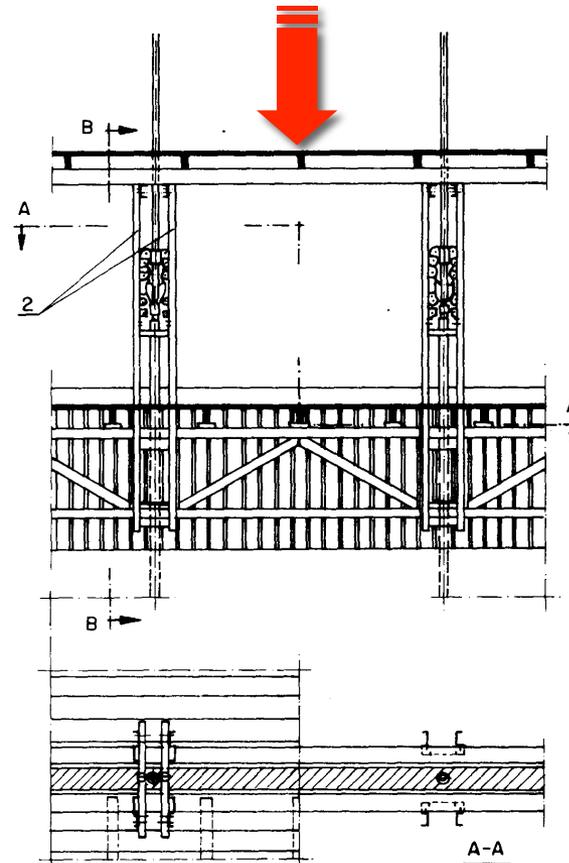
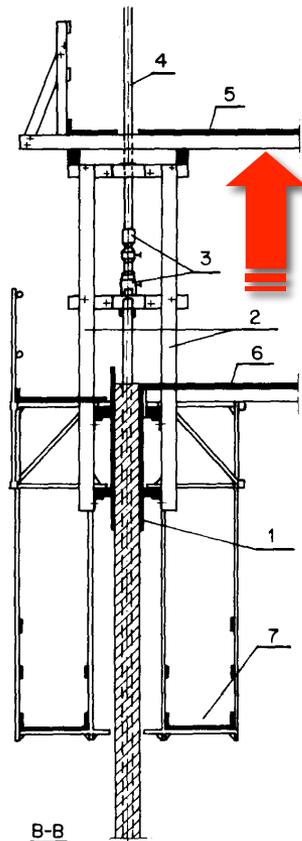


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Partes:

- PLATAFORMA SUPERIOR.

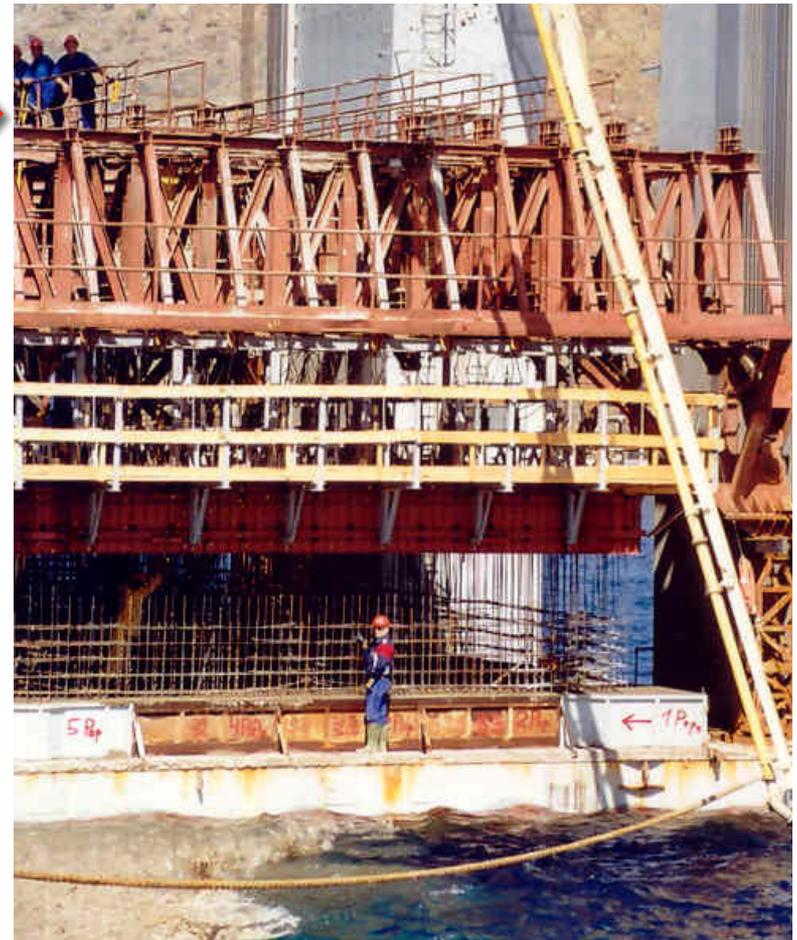


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Partes:

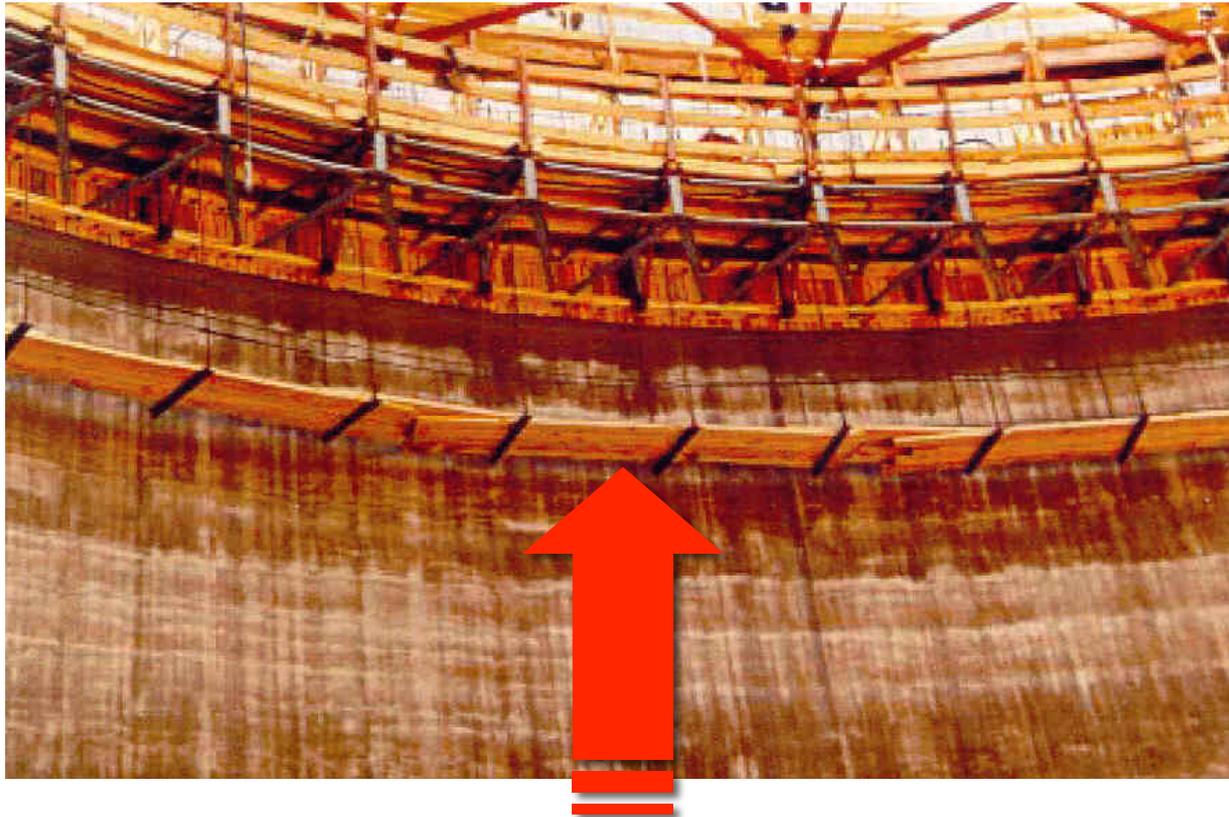
- PLATAFORMA SUPERIOR.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Partes:
 - PLATAFORMAS INFERIORES COLGADAS.

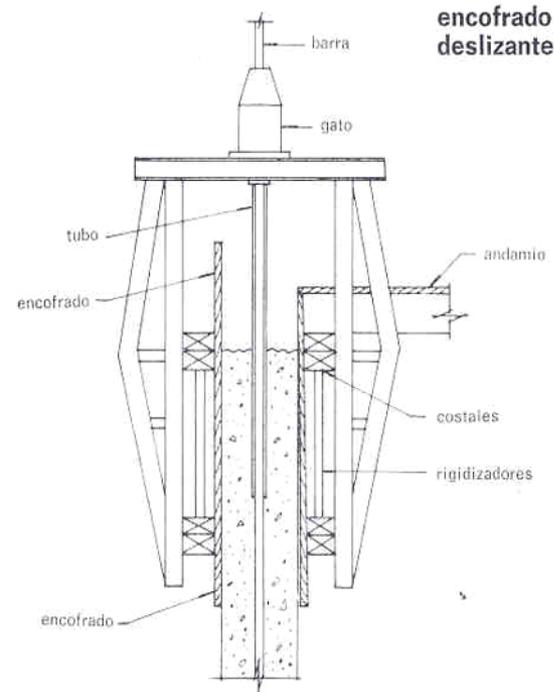
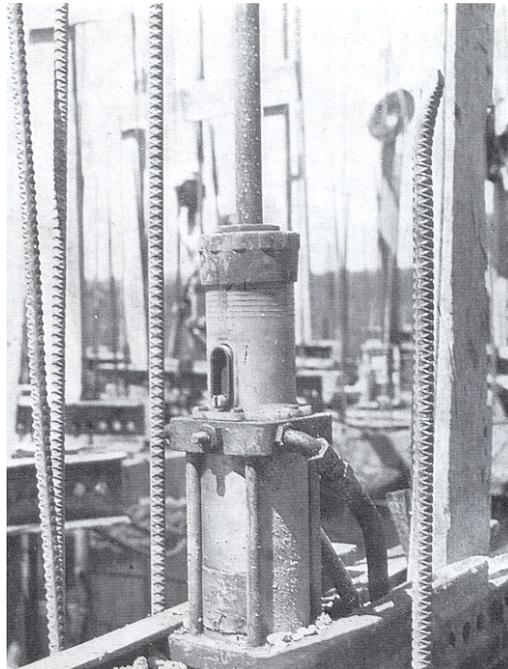


CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Traslación:

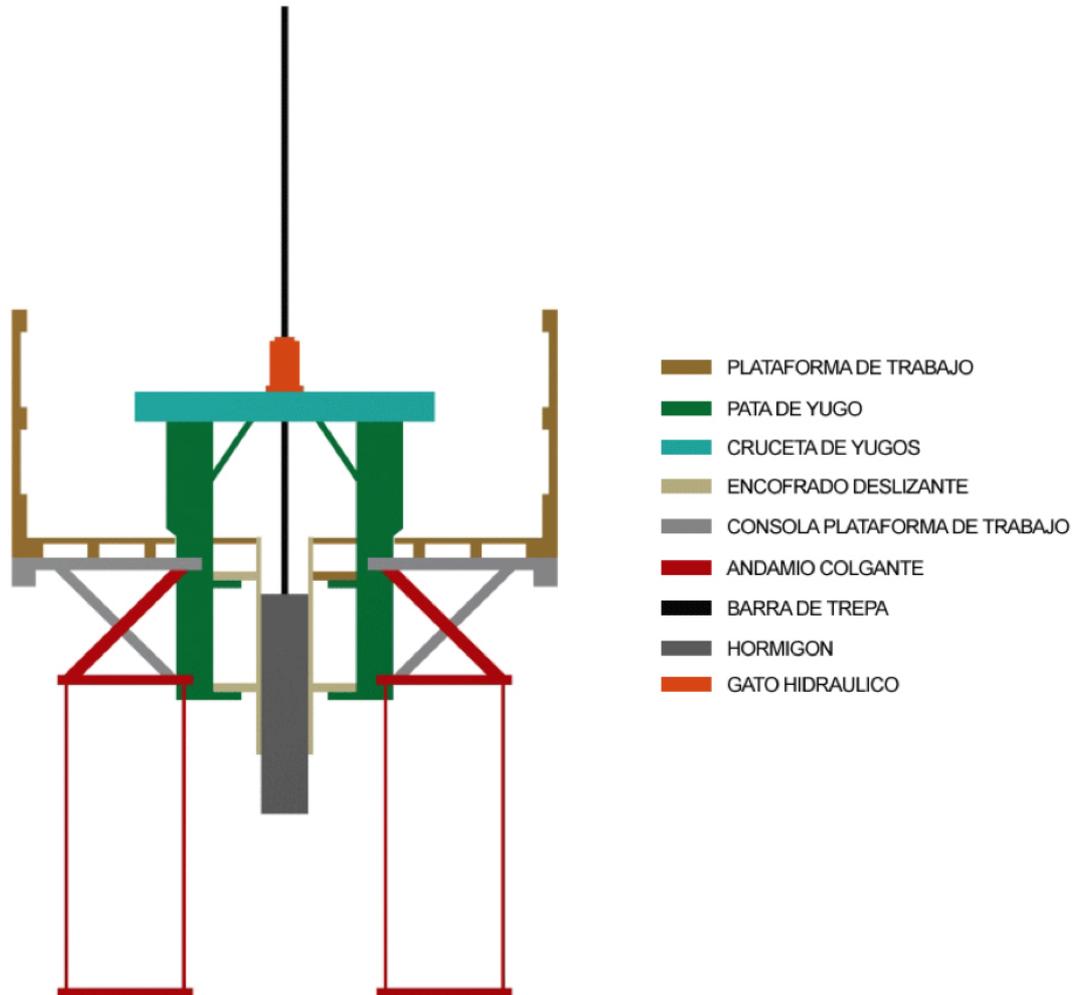
- Este tipo de encofrado se desliza y traslada, generalmente, en el sentido vertical, manteniéndose su forma y apoyándose normalmente en la parte ya endurecida del hormigón fraguado, a través de gruesas barras metálicas, denominadas barras de trepa y embebidas en el hormigón.



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

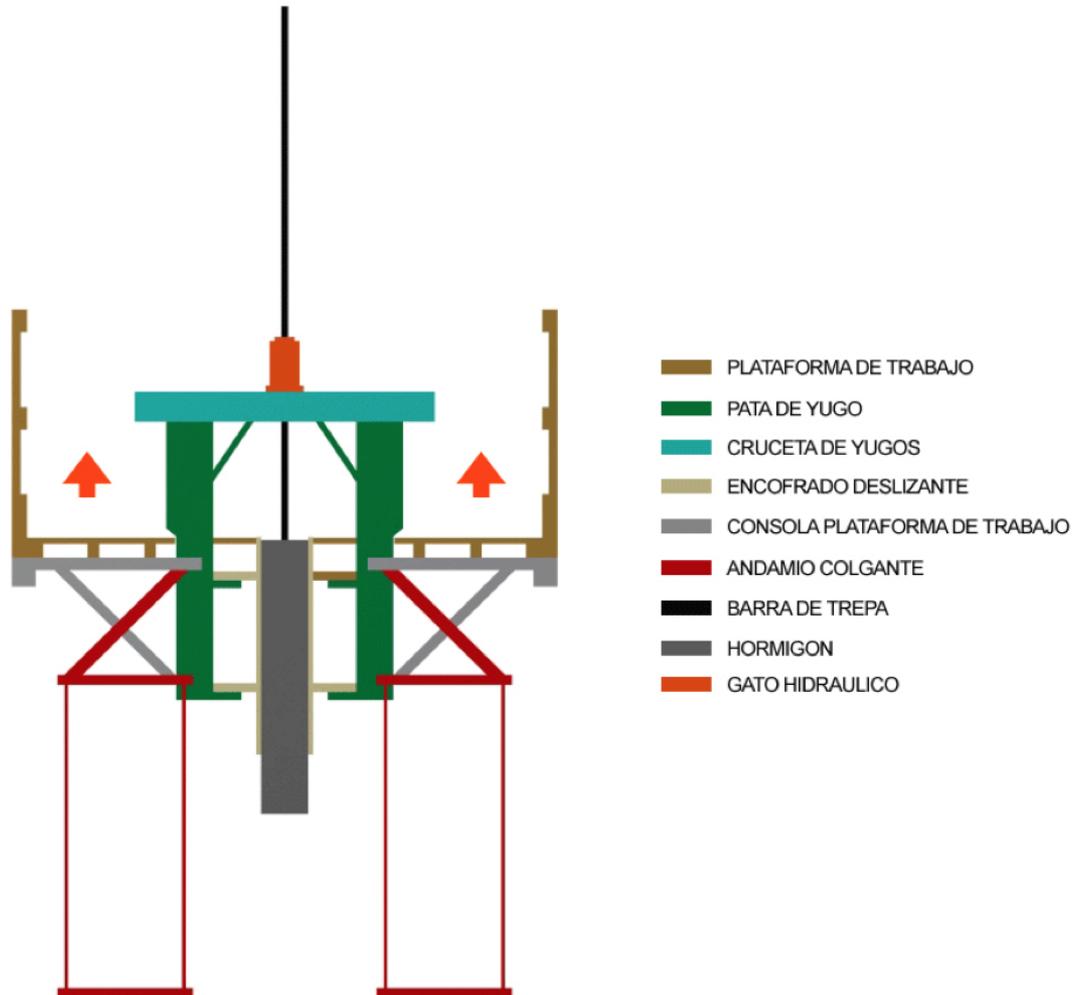
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

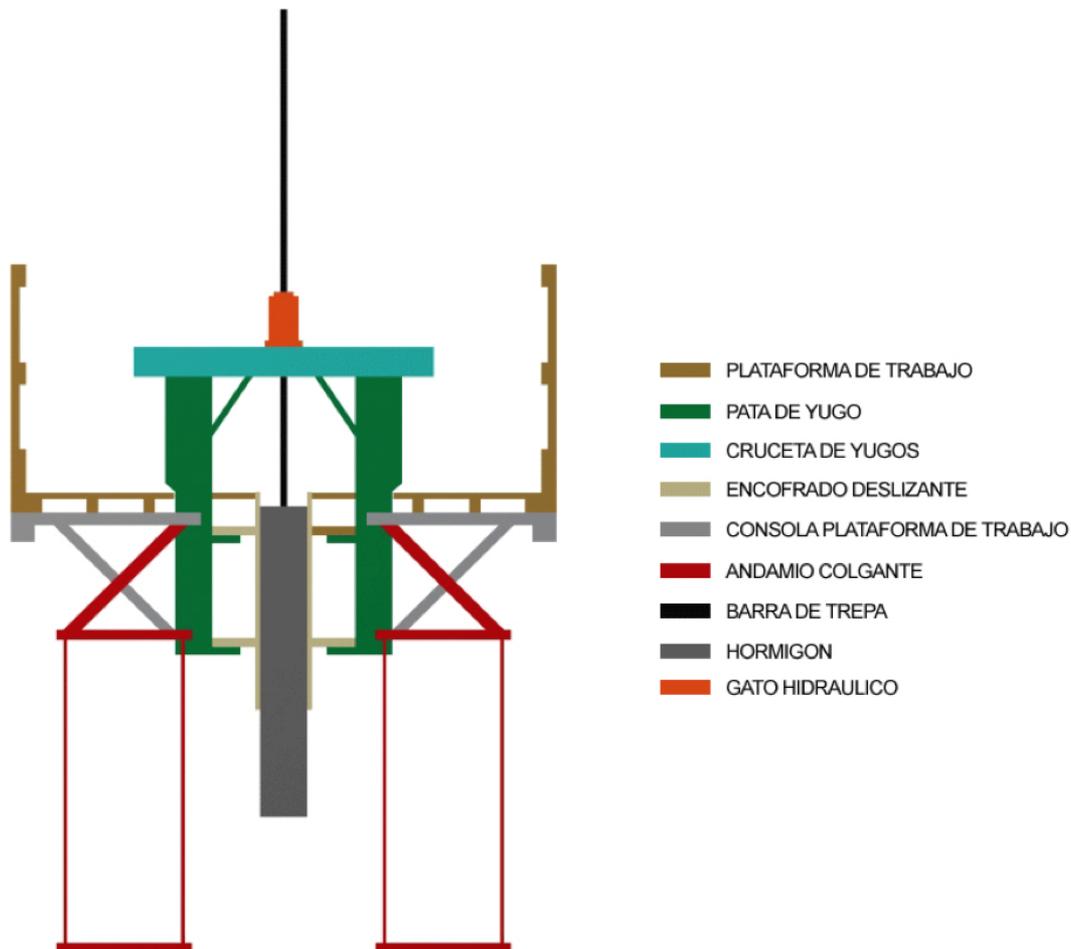
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

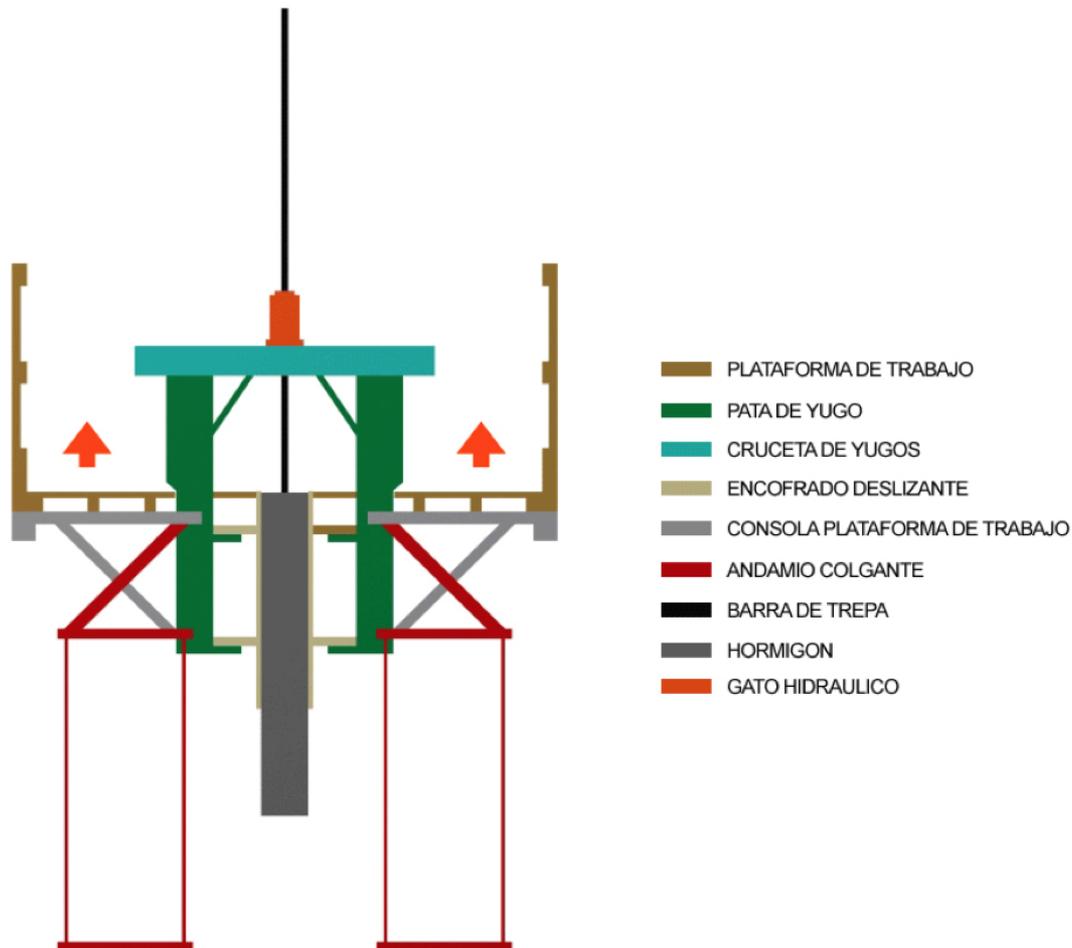
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

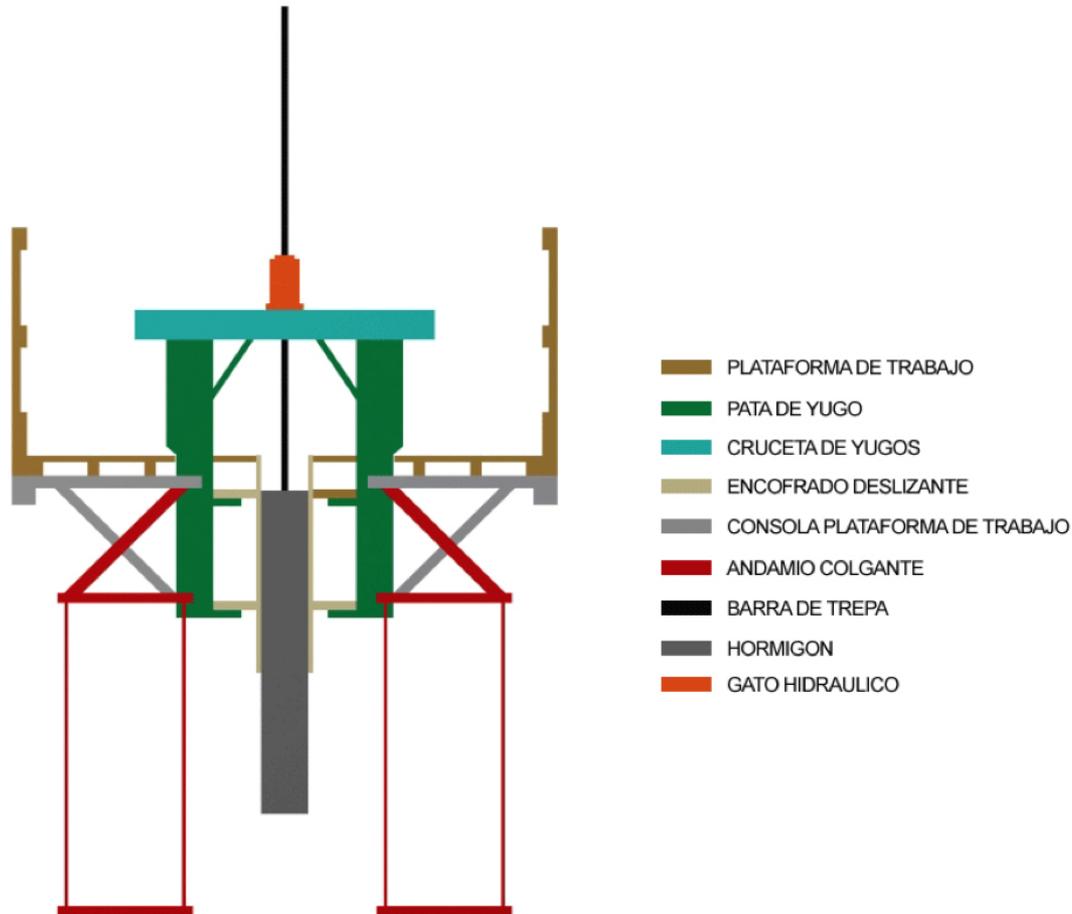
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

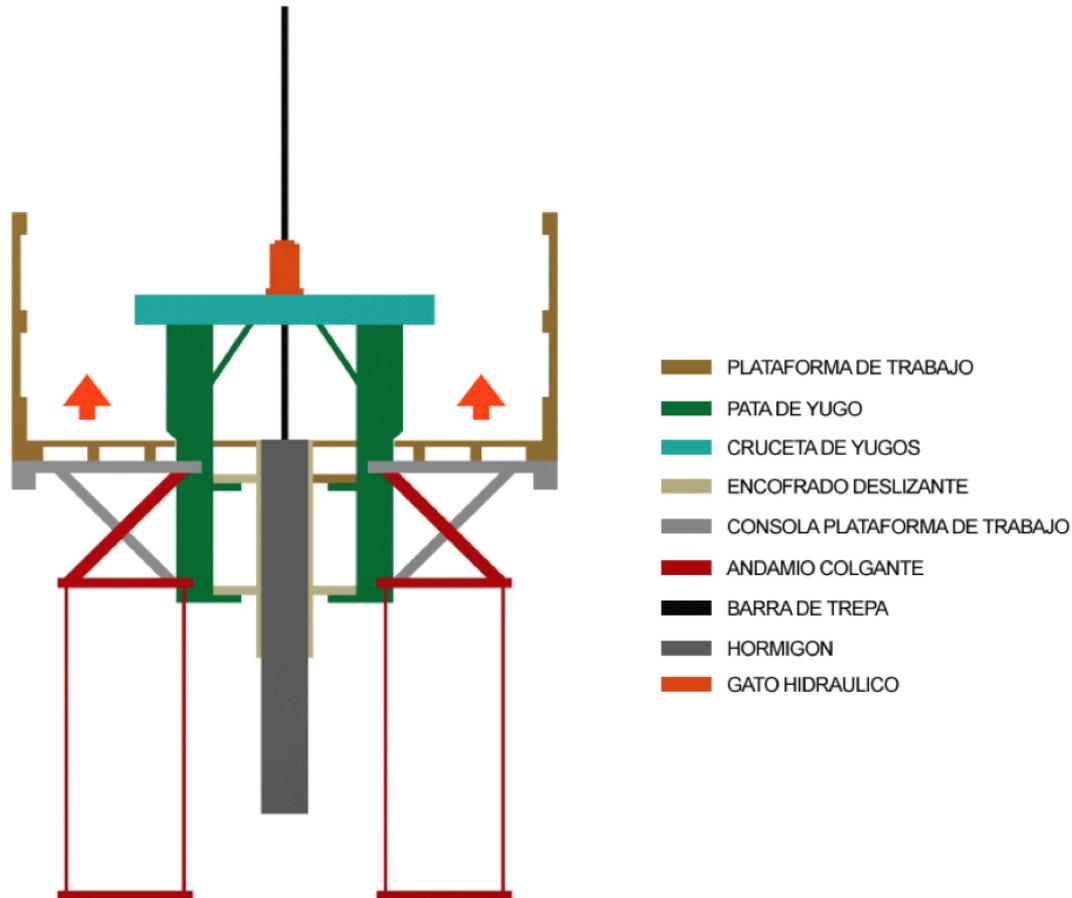
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

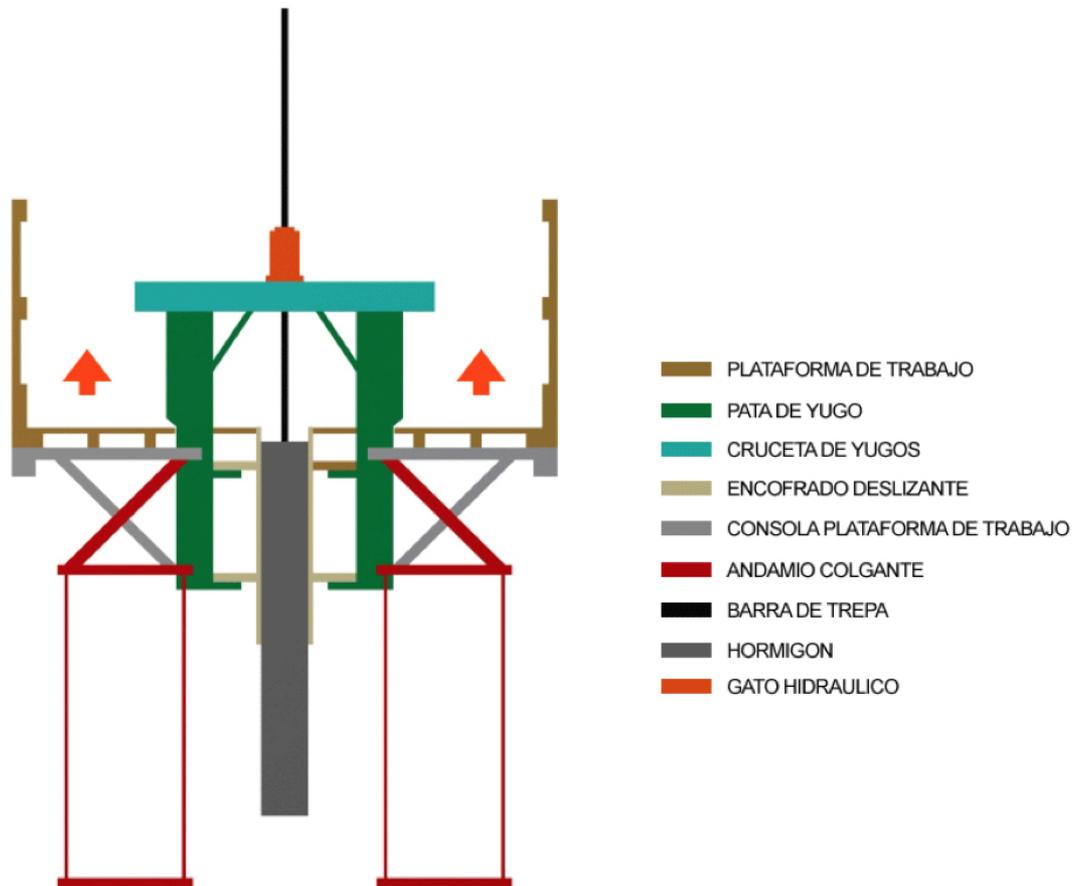
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

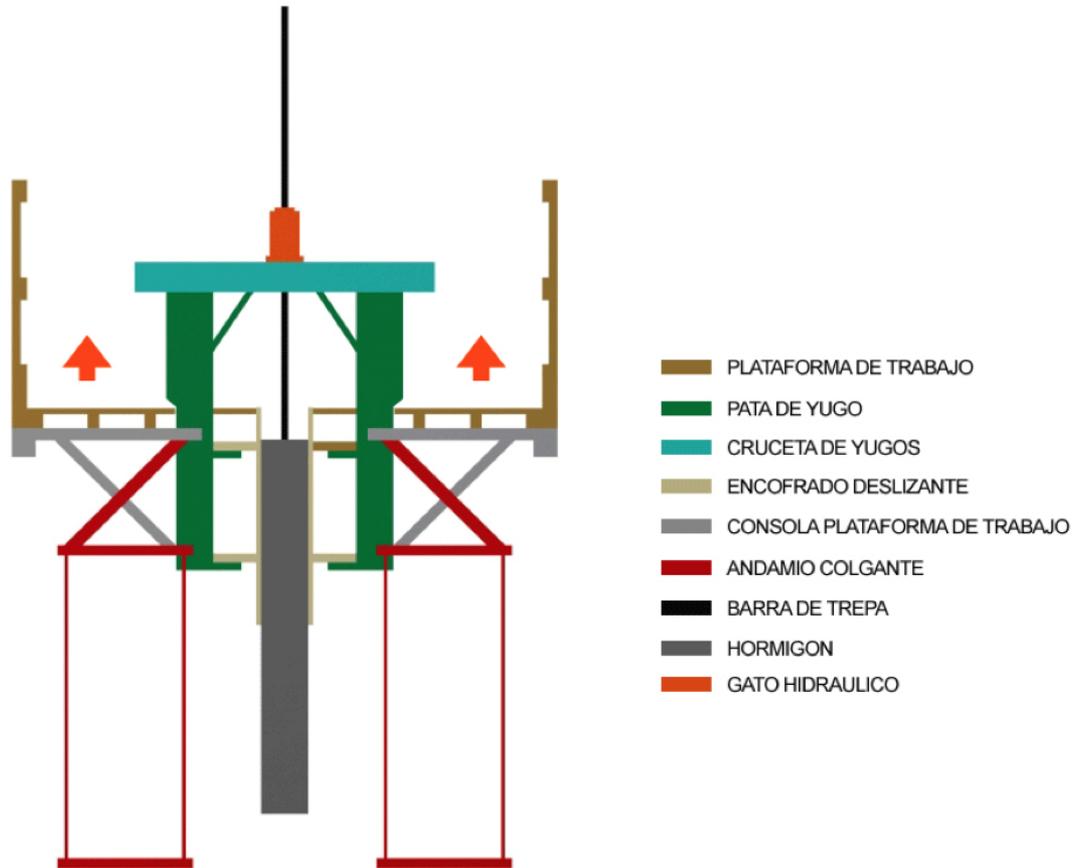
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

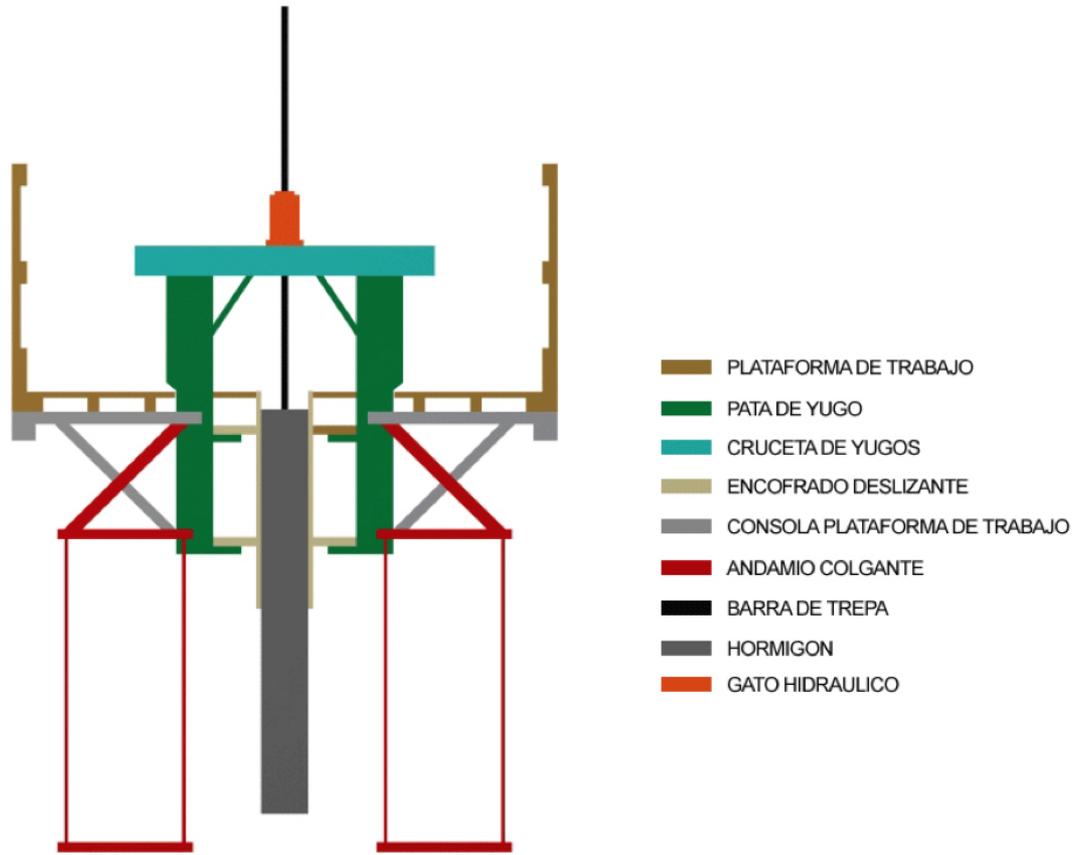
- Traslación:



CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ENCOFRADOS DESLIZANTES:

- Traslación:



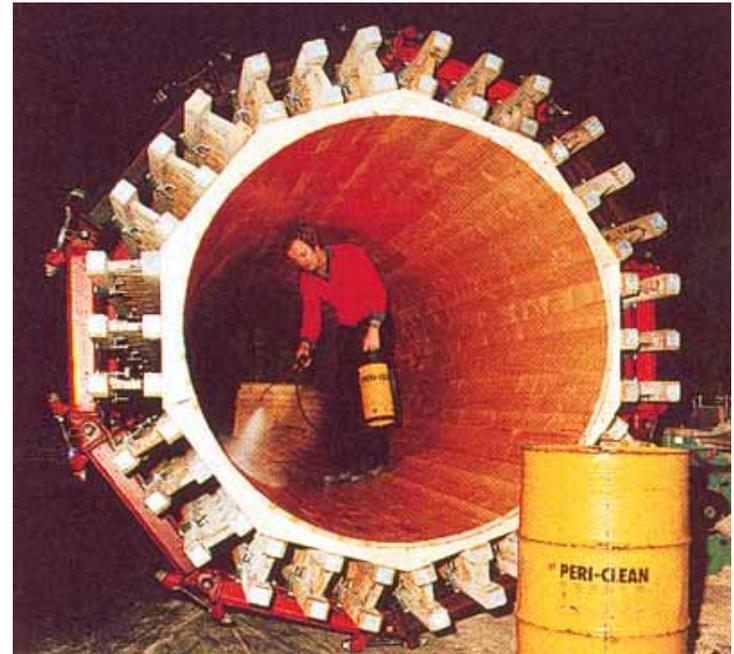
CIMBRAS Y ENCOFRADOS

DESENCOFRADO:

- “El Desencofrado debe llevarse a cabo lo antes posible para conseguir un alto número de usos pero no antes de que se alcance la resistencia para soportar el propio peso y sobrecargas”.

• Metodología:

- Retirar elementos que estorben al desencofrado.
- Proceder sin sacudidas ni choques con la estructura.
- Seguir un programa para evitar que la estructura sufra esfuerzos no previstos.
- Medir flechas al descimbrar.
- Limpieza del encofrado si es necesario.
- Empleo de barnices antiadherentes.



Objetivos

1. Explicar el empuje del hormigón fresco sobre un encofrado
2. Analizar los factores influyentes en la presión del hormigón fresco
3. Describir un procedimiento simplificado de cálculo



Fuente: www.ingenieriadeencofrados.com

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO:

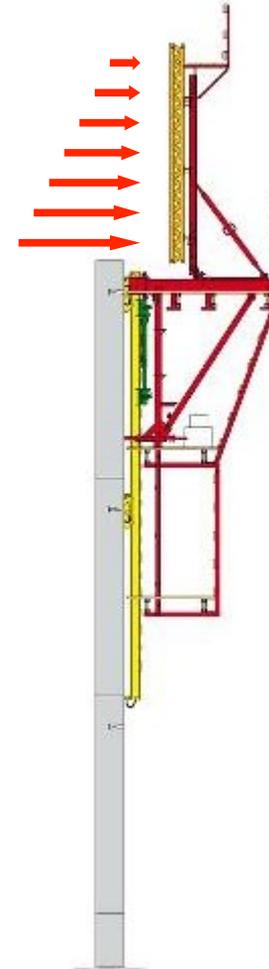
- Empuje del hormigón fresco.
- El viento.
- Otros: peso propio, vibración...

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO:

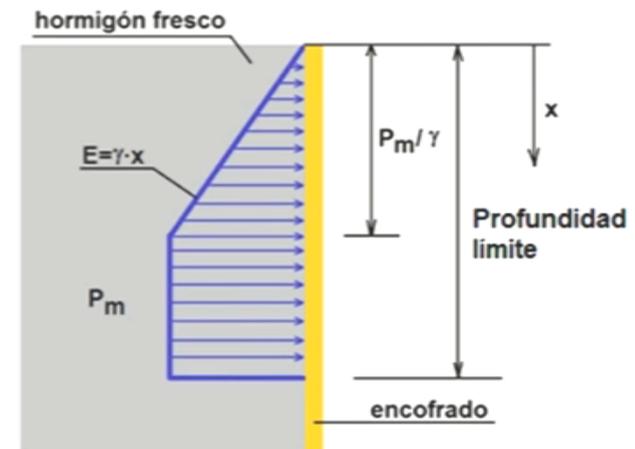
- Ejemplo: trepante.

EMPUJE DEL HORMIGÓN FRESCO



1. Presión del hormigón fresco sobre un encofrado

- Fondo de losas y vigas: peso específico por altura
- Empuje horizontal:
 - Suponer que el hormigón es fluido
 - ✓ Sobreestima las presiones para alturas superiores a 3 m
 - La presión se bloquea a partir de cierta profundidad límite
 - ✓ Fraguado del hormigón
 - ✓ Efecto silo (fuerzas de fricción tangenciales a la pared)



1. Presión del hormigón fresco sobre un encofrado

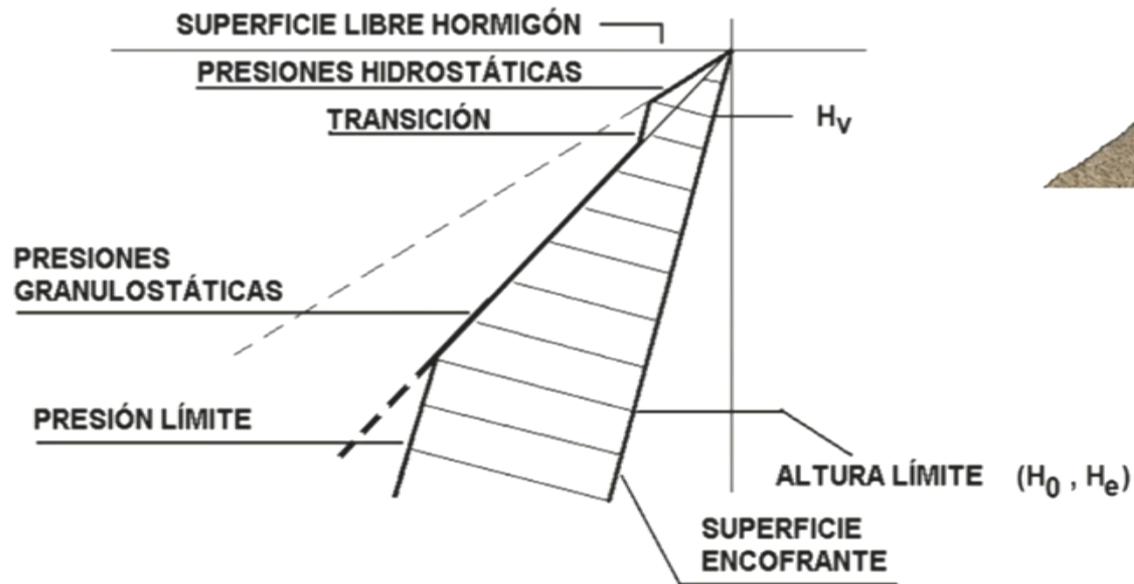


Figura. Empuje del hormigón fresco (Martín Palanca, 1982)

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

Primer orden	Segundo orden	Tercer orden
Velocidad de llenado	Contenido de cemento	Tipo y tamaño máximo del árido grueso
Peso específico del hormigón	Contenido de árido grueso	Uso de retardadores de fraguado
Profundidad a la que se sumergen los vibradores	Fricción contra las paredes del encofrado	Temperatura ambiente
Consistencia del hormigón	Relación agua/cemento	Forma de la sección transversal
Temperatura del hormigón	Uso de plastificantes o superplastificantes	Colocación de armaduras longitudinales
Dimensión de la sección transversal	Deformación del encofrado	Duración de la vibración
Uso de adiciones en elevadas proporciones	Potencia de los vibradores	Altura de vertido
	Permeabilidad del encofrado	

Tabla. Orden de influencia de las variables en la máxima presión lateral (Santilli, 2010)

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Velocidad ascendente del hormigonado
 - A más rápido, mayor altura de hormigón sin fraguar, por tanto mayor presión
 - Prioritario limitar la velocidad de llenado
 - Encofrados convencionales soportan entre 60 y 80 kN/m²



<http://spanish.concreteformworksystem.com/>

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Temperatura de fraguado
 - Procesos químicos del fraguado más lentos cuando baja la temperatura
 - La presión aumenta considerablemente por debajo de 15°C
 - Aumentar la presión un 3% por cada grado por debajo de 15°C
 - Disminuir la presión un 3% por cada grado por encima de 15°C



<http://blog.360gradosenconcreto.com/>

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Docilidad del hormigón
 - Cono de Abrams
 - A mayor docilidad, menor talud natural del hormigón, por tanto, mayor empuje



<http://www.laboratorioingesha.cl/>

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Inclinación de la superficie encofrante “ α ”

Presión granulostática = $K_a \cdot \gamma \cdot h$

$$K_a = \frac{1 + \sin(\alpha - \beta)}{1 + \sin(\alpha + \beta)}$$

- $\alpha > 0$ si el paramento tiene hormigón gravitando sobre él
- $\alpha < 0$ si el paramento encofrante gravita sobre el encofrado

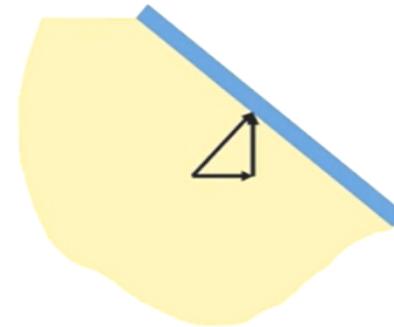


Figura. Fenómeno de boyancia sobre el encofrado. Las presiones verticales pueden levantar el encofrado

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Profundidad de vibrado
 - El vibrado devuelve la fluidez
 - A mayor profundidad de vibrado, mayor empuje
 - Se supone la ley hidrostática, pues la cohesión se anula
- Frecuencia y potencia del vibrador
 - A mayor frecuencia, mayor empuje



<http://www.arkigrafico.com/>

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Dosificación del cemento
 - A mayor cantidad de cemento, mayor empuje horizontal
- Aditivos
 - Retardadores y fluidificantes aumentan los empujes
- Áridos
 - Granulometría discontinua presenta menor rozamiento interno, por tanto, mayor empuje



<http://www.archiproducts.com/>

2. Factores que influyen en la presión del hormigón fresco

- Armaduras
 - Elementos fuertemente armados: empuje menor debido al rozamiento
- Altura de vertido
 - A mayor altura, cargas dinámicas, por tanto, mayores empujes



<https://maestrodelhormigon.wordpress.com/>

3. Estimación previa del empuje del hormigón fresco

- Después de miles de resultados prácticos, Ricouard (1980) recomienda para primeras estimaciones:
 - Vertidos rápidos (5 m/h) carga triangular de 2,50 m de altura con 48 kN/m^2 en la base
 - Vertidos lentos: carga uniforme de 36 kN/m^2
- Existen métodos más precisos:
 - Norma alemana DIN-18218
 - Norma americana ACI-347
 - Teoría granulostática del Instituto Eduardo Torroja (Martín Palanca)

Conclusiones

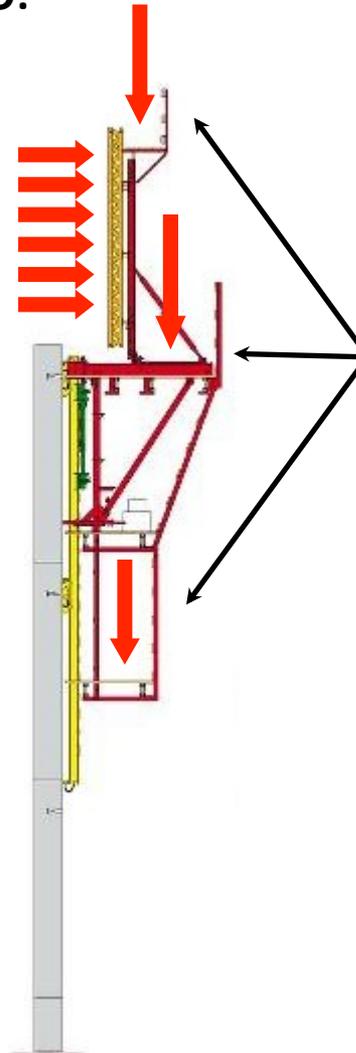
1. Considerar un empuje horizontal hidrostático del hormigón sobrevalora los empujes
2. El endurecimiento del hormigón o el efecto silo bloquean el valor del empuje a partir de cierta profundidad límite
3. La velocidad de hormigonado es un factor crítico a considerar para no sobrepasar los empujes
4. La temperatura y la consistencia del hormigón, así como la vibración suponen factores de primer orden en el empuje

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO:

- Ejemplo: trepante.

EMPUJE DEL VIENTO



PESO PROPIO Y
SOBRECARGA
DE USO

CIMBRAS Y ENCOFRADOS

ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO:

- Ejemplo: trepante.

