

---

# UTILIZACIÓN DE ENCOFRADOS DE MESAS Y AUTOTREPAS EN EDIFICIOS DE ALTURA

27 jul. 16

---

AUTOR:

**RAÚL LÓPEZ RUBIO**

TUTOR ACADÉMICO:

Mila Iborra Lucas



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

## Resumen

El objetivo de este trabajo es dar a conocer en profundidad los sistemas más innovadores de encofrados destinados a la ejecución de la estructura de edificios en altura, como son Autotrepas y Mesas de encofrados y manifestar la problemática en la ejecución de los mismos.

No se trata simplemente de explicar lo que pueda poner cualquier manual o catálogo de cualquier casa comercial que disponga dichos sistemas, sino que quiero dar, desde mi propia experiencia, otro punto de vista a modo de guía para Técnicos que estén interesados en la utilización de estos encofrados en sus obras. Para ello explicaré como se ha llevado a cabo todo el proceso de gestión y de utilización de estos en la ejecución de la estructura del edificio Torre Lugano en Benidorm, en el que fui el Jefe de Obra.

*The aim of this paper is to know in depth the most innovative formwork systems for the implementation of the structure of high-rise buildings, such as tables and forms Auto Climb and express the problems in implementing them.*

*It is not simply trying to explain what you can put any manual or catalog of any commercial house that has such systems, but I want to give, from my own experience, another point of view as a guide for technicians who are interested in using these forms in his works. To do this I will explain how it has carried out the entire process of management and use of these in the execution of the building structure Torre Lugano in Benidorm, which was the Site foreman*

**Palabras clave:** Autotrepas, edificio en altura, Mesas de encofrado, reducción de tiempo de construcción, seguridad.

**Keywords:** *Auto Climb, building height, formwork tables, reducing construction time, safety.*

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mis compañeros de Edifesa que colaboraron conmigo en la construcción del edificio Torre Lugano de Benidorm, que con su apoyo físico y moral hicieron posible la terminación de la obra. Además quiero dar las gracias por la ayuda recibida por parte de ellos, en la resolución de mis dudas planteadas a la hora de redactar este TFG.

Igualmente quiero agradecer a mi familia por la paciencia y el apoyo que han tenido conmigo durante la elaboración de este trabajo

## Acrónimos utilizados

**CAD:** Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador

**CTE:** Código Técnico en la Edificación

**DF:** Dirección Facultativa

**HA:** Hormigón Armado

**TFG:** Trabajo Fin de Grado

# Índice

Resumen	1
Agradecimientos	3
Acrónimos utilizados	4
Índice	5
Capítulo 1.Introducción	9
1 Presentación	9
2 Motivación	11
3 Objetivos	11
4 Metodología	12
5 Etapas	12
Capítulo 2.Consideraciones previas a la ejecución de la estructura en edificios en altura	14
1 Condicionantes en la ejecución de edificios en altura	14
1.2 Problemas propios de la construcción en altura	14
1.2 Problemas derivados de las condiciones atmosféricas.	15
2 Normativa	16
3 Análisis del proyecto	16
4 Tipología de encofrados	18
4.1Encofrados verticales:	18

4.2 Encofrados horizontales:	31
Capítulo 3.Utilización de Autotrepas en la ejecución de las pantallas del edificio Torre Lugano	38
1 Elección del tipo de encofrado	38
1.1 Condicionantes en la construcción de la estructura en los edificios en altura.	38
1.2 Análisis del proyecto.	39
1.3 Sistemas de encofrados.	47
1.4-Plazos de ejecución	50
2 Petición de ofertas y adjudicación	50
3 Descripción de sistema y su funcionamiento	51
4 Elementos del Autotrepa	53
5 Proceso del montaje	57
5.1 Primera puesta de hormigón	60
5.2 Segunda puesta del hormigón de las pantallas.	62
5.3 Primer trepado	64
5.4 Montaje del primer forjado.	65
5.5 Montaje plataforma nivel -1.	65
5.6 Hormigonado forjado-pantalla.	67
5.7 Montaje plataforma nivel -2.	68
5.8 Repetición del proceso hasta planta de cambio de altura	70
5.9 Cambio de altura en la planta	72

6 Desmontaje de los Autotrepas y devolución del material	82
7 Utilización de otros elementos en los Autotrepas.	84
8 Recomendaciones sobre los Autotrepas	88
9 Comparativa de Autotrepas con el sistema de trepas convencional	95
Capítulo 4. Mesas de encofrados y su utilización en Torre Lugano	97
1 Elección del tipo de encofrado	98
1.1 Condicionantes en la construcción de los edificios en altura.	99
1.2 Análisis del proyecto	99
1.3 Plazos de ejecución	100
1.4 Sistemas de encofrados.	101
1.5 Petición de ofertas y adjudicación	102
2 Descripción de sistema	103
3 Elementos de las Mesas de encofrado	105
4 Proceso del montaje	113
4.1 Subida de mesas	113
4.2 Nivelación de mesas	116
4.3 Remates.	117
4.4 Replanteo	119
4.5 Montaje de ferralla, parapastas y hormigonado	119
4.6 Desencofrado	120
4.7 Cambio de altura en la planta.	122



5 Utilización de las mesas para otros fines.	127
6 Desmontaje de las mesas y devolución del material	130
Capítulo 5.Conclusiones	131
Capítulo 6.Referencias Bibliográficas	133
Capítulo 7.Índice de Figuras	135
Anexos	140

# Capítulo 1.Introducción

## 1 Presentación

En el ámbito de la construcción los sistemas constructivos no han evolucionado a la misma velocidad como en otros campos como pueden ser la informática, mecánica, medicina, etc. Sí que es cierto que desde la época de las primeras edificaciones hasta nuestros días las construcciones y los sistemas constructivos sí que han pegado un gran cambio.

Hoy en día los edificios se diseñan en continua competición con otros ya construidos intentando ser más alto, más moderno, más eficiente, realizado en menos tiempo, etc. Esto sería imposible si a la vez no hubiera un avance en los métodos constructivos y en los medios auxiliares utilizados.

Para cada proyecto y cuanto más complejo es éste, debe de realizarse un estudio para analizar qué sistema o método es el más apropiado para materializarlo, por lo que es importante el conocimiento de las técnicas y medios que existen en el mercado.



*Ilustración 1 Ejemplo de las primeras construcciones. 2005. Ateespana*



*Ilustración 2 Burj Khalifa, Dubái, 828 m de altura. 2016. Taringa*

## 2 Motivación

La experiencia adquirida como Jefe de Obra en la construcción de un edificio de 42 alturas y la utilización para la realización de la estructura de los encofrados más modernos que existían en el mercado, no habiéndose aplicado hasta entonces en España algunos de ellos, creo que es motivo suficiente de argumento a desarrollar en un TFG.

No he querido dejar pasar la oportunidad de compartir en este trabajo, los conocimientos adquiridos en Autotrepas y Mesas de encofrado durante la construcción de la estructura del edificio Torre Lugano.

## 3 Objetivos

En este trabajo me he marcado unos objetivos generales y otros particulares:

1.Objetivos generales. Dar a conocer desde un punto de vista general sin realizar un análisis en profundidad de los temas que hay que tener en consideración antes de empezar la construcción de la estructura de un edificio en altura como son:

- condicionantes y problemática en la construcción de edificios en altura
- normativa
- análisis del proyecto
- conocimientos de los distintos encofrados

2.Objetivos particulares. El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer unos de los sistemas de encofrados más innovadores para la construcción de edificios en altura como son los **Autotrepas** y **Mesas**, mediante la aplicación práctica en un edificio en concreto.

## 4 Metodología

Para conseguir mis objetivos generales me he tenido que documentar sobre los distintos sistemas de encofrados que existen en el mercado y su normativa, visitar obras similares hablando con sus responsables, analizar la problemática que envuelve la construcción de edificios en altura y realizar un estudio del proyecto que vamos a ejecutar.

Con todos estos datos recogidos, plasmaré mi experiencia adquirida como Jefe de Obra en la construcción del edificio Torre Lugano en Benidorm, para explicar los sistemas de Autotrepas y de las Mesas de encofrado y el porqué estos son apropiados para su utilización en edificios en altura.

## 5 Etapas

El trabajo lo he estructurado en tres apartados:

Primer apartado. Trataré las consideraciones previas a tener en cuenta antes de la construcción de la estructura de los edificios en altura, en la que hablaré de los condicionantes que envuelven a este tipo edificación, normativa, importancia del análisis del proyecto y de los distintos encofrados que existen en el mercado.

Segundo apartado. Desarrollaré el sistema de Autotrepas, y su puesta en obra en el edificio Torre Lugano

Tercer apartado. Explicaré el sistema de Mesas de encofrado y como se han utilizado en la ejecución de los forjados de Torre Lugano.

# Capítulo 2. Consideraciones previas a la ejecución de la estructura en edificios en altura

## 1 Condicionantes en la ejecución de edificios en altura

Cuando nos referimos a edificios en altura, consideramos a aquellas construcciones que sobrepasan en altura de las habituales, pero esto es un término relativo ya que no hay una definición exacta que clasifique como rascacielos, súper alto o mega alto.

Lo importante para llevar a buen término la materialización del proyecto no es la clasificación o definición del edificio, sino dadas las características del mismo buscar unos sistemas constructivos con unos medios apropiados para su ejecución.

Cada proyecto tiene su dificultad a la hora de materializarlo y la altura es un condicionante muy importante a tener en cuenta. Los principales problemas que nos podríamos encontrar en fase de estructura, serían por un lado los propios de la ejecución y por otro lado los derivados de las condiciones atmosféricas.

### 1.2 Problemas propios de la construcción en altura

Los principales problemas que nos encontramos son:

- medios auxiliares más costosos para elevación de los materiales y para el movimiento del personal
- rendimientos menores

- no poder utilizar mayor número de medios al estar limitados por la superficie en planta

- vértigos y mareos

- utilización de mayores recursos para la seguridad, teniendo en cuenta que cualquier caída de objetos desde arriba supone abarcar una superficie mayor de protección, debido a la parábola que se origina.

- mayor control en el replanteo de la estructura

- utilización de sistemas de encofrados más costosos

- varios

## 1.2 Problemas derivados de las condiciones atmosféricas.

Los principales problemas que nos podemos encontrar son:

- el viento es el principal problema en la ejecución de la estructura en edificios en altura ya la velocidad del mismo es superior en las zonas altas que en las bajas. Esto condiciona el no poder utilizar los medios auxiliares habituales como puede grúas torres, andamios, distribuidores de hormigón, montacargas, monta personas, etc.

- la incidencia del sol también es mayor en las plantas altas que en las bajas por lo que hay que extremar las precauciones para mitigar tal efecto.

- La influencia de la niebla puede verse afectada por la altura y por lo tanto la realización de ciertos trabajos y la utilización de medios auxiliares.



## 2 Normativa

La normativa actual que regula las estructuras de los edificios en construcción es el CTE y por la instrucción HE vigente.

El cumplimiento del CTE que tenemos que seguir en fase de construcción de la estructura viene regulado por el **Artículo 10. “Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)”** y en su **apartado 10.1 “Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad”**. (Ver Anexo nº 1)

No hay una normativa de seguridad específica que regule el sistema de Autotrepas o de Mesas, sino que hace referencia a andamios móviles que es lo que más se asemeja a nuestros encofrados y también a aspectos generales. Las Normas que hacen referencia al respecto son:

**“El Real Decreto 1215/1997 sobre equipos de trabajo”** y el modificado **“Real Decreto 2177/2004”** regula la seguridad de los trabajadores ante la utilización de los medios auxiliares.

**“El V Convenio General de los Trabajadores”** en su artículo **“35 Deberes del Empresarios, Capítulo 1 Condiciones generales en sus artículos 180 a 185, Capítulo 2 Andamios en sus artículos 188 a 192 y 196”**

## 3 Análisis del proyecto

Unos de las primeras tareas que hay que realizar antes de decantarnos por un sistema de encofrado u otro, es realizar un análisis de la estructura del edificio a construir. Elementos a tener en cuenta:

-Geometría. No es lo mismo una planta con geometría cuadrada o rectangular que una que sea circular, que posea vigas de cuelgue o que tenga entrantes y salientes. Es importante analizar las plantas repetidas en el proyecto. Hay que tener en cuenta cualquier elemento relevante como pueden ser marquesinas, volados, detalles ornamentales, etc.

-Tipo de forjados. El tipo de estructura va a determinar el peso de los forjados, forma de ejecución, los encofrados y desencofrados.

-Altura. La altura entre forjados es otro condicionante importante a tener en cuenta, así como la repetición de la misma en todas las plantas.

-Elementos verticales. Los sistemas de ejecución cambian dependiendo si los elementos verticales son metálicos, pilares o pantallas de HA. Hay que tener en cuenta la ubicación, dimensiones y formas, de dichos elementos.

-Acabados. Hay que ver el tipo de acabado superficial del hormigón nos van a exigir o si después va a ir revestido con algún otro material.

-Materiales. El análisis de los distintos materiales que intervienen en la estructura es otro factor a tener en cuenta, ya que puede ser que ocurra que en un mismo elemento a hormigonar como pueda ser un forjado, las cabezas de los elementos verticales vayan colocadas con un hormigón distinto al resto de la planta.

El conjunto de todos estos condicionantes nos ayudará a elegir los sistemas de encofrados apropiados.

## 4 Tipología de encofrados

Las casas comerciales llaman a sus productos de formas diferentes, pero en definitiva el funcionamiento y las características son muy similares. La diferencia estriba en el tipo de materiales, ligereza, y las piezas de unión de los elementos.

En este apartado haremos la distinción entre encofrados de elementos verticales y horizontales para la construcción de edificios en altura.

### 4.1 Encofrados verticales:

Son aquellos empleados para construcción de pilares, muros y pantallas. Estos encofrados son estructuras provisionales que sirven para sostener y moldear el hormigón fresco hasta que éste endurezca y adquiera la resistencia adecuada.

Para cada proyecto en particular existen diferentes variables. Los encofrados más utilizados (además de los más tradicionales) son los módulos recuperables prefabricados, preparados para armarse según las necesidades de la obra.

Es importante que antes de optar por un sistema de encofrado, se tengan en consideración los siguientes puntos:

- las dimensiones de todos los elementos verticales de todo el proyecto, para asegurarnos de que con el sistema elegido se puede realizar la obra al completo
- el acabado final de las superficies
- los medios humanos que vamos a necesitar y si estos requieren alta especialización en la utilización de los medios que vamos a disponer.

-los medios auxiliares que va a disponer la obra como son la maquinaria, montacargas, monta personas, grúas, etc.

Por mucho encofrado que tengamos si no tenemos suficiente personal que lo monte o no disponemos de los medios auxiliares que hacen posible ese montaje, no avanzaremos nada y lo único que lograremos serían sobrecostes y retrasos de obra. Por este motivo estos dos factores deben de ir totalmente relacionados.

Con todos estos datos y otros que requiera la obra, se efectúa la elección más apropiada y se elabora un plano de montaje en CAD o en otro medio, con los detalles necesarios acompañado de una planificación.

### **Encofrados de Pilares**

Los encofrados de pilares emplean diferentes materiales con distintas medidas, para permitir una sencilla y rápida puesta en obra, entre ellos el cartón plastificado, el acero, el aluminio, la fibra de vidrio, la madera y el plástico.

De cartón. Con el cartón se forman encofrados especialmente para pilares redondos, cuadrados y rectangulares. El cartón es un material de buenas prestaciones, que mantiene la humedad y por ello es muy adecuado para un buen encofrado sobre todo para hormigones vistos.

Al ser un material muy ligero su colocación se puede realizar sin necesidad de la grúa torre y el desencofrado se puede realizar cuando se quiera, porque al no ser recuperable se puede mantener a modo de protección hasta el final de obra. Su eliminación es sencilla y se realiza mediante un tirón ya que va provisto de un sistema “abre fácil”.

Tiene en contra que es un material no recuperable y hay que tener cuidado con el almacenaje, ya que si se realiza en horizontal puede provocar deformaciones.

Al ser un material impermeable no le afecta la intemperie.



*Ilustración 3 Encofrado de cartón para pilar redondo.2016.Viudavilla*

De acero. Los encofrados de acero disponen de un bastidor metálico para darle rigidez y resistencia a la que se añade una plancha metálica o de madera que es la que está en contacto con el hormigón. Para su montaje al ser un material pesado necesita la ayuda de la grúa torre.

### panel alispilar

Panel fabricado en acero de alta resistencia  
 Peso del panel Alispilar: 30 kg/m<sup>2</sup>  
 Pintado con pintura poliéster en color rojo.  
 Superficie encofrante de contrachapado fenólico de 12 mm de espesor.  
 Presión máxima: 80 kN/m<sup>2</sup>

### cuña y bulón

Elementos de anclaje entre paneles, ambos están incorporados en el panel. La cuña está insertada en una costilla con corredera reforzada que permite su desplazamiento horizontal y la protege de los golpes y los restos de hormigón.

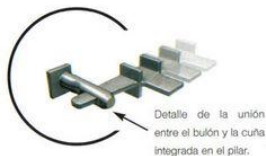
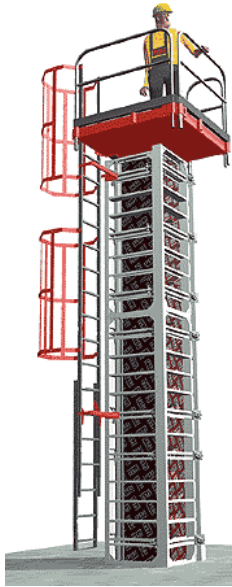


Ilustración 4 Encofrado de pilar cuadrado metálico.2008.Alsina

De aluminio. La composición de estos tipos de encofrados es similar a los de acero, con la única diferencia que utiliza el aluminio como base estructural y una plancha del mismo material o de madera en contacto con el hormigón, dándole al sistema mayor ligereza. El acabado es óptimo para dejar la estructura vista. El montaje se puede realizar sin la ayuda de la grúa torre dependiendo de las dimensiones y del peso.



*Ilustración 5 Encofrado de pilar de aluminio. 2016.Peri*

La fibra de vidrio. Este es un material ligero, flexible, indeformable, no le altera las inclemencias del tiempo y resistente por lo que se utiliza como encofrado de pilares sobre todo redondos, creando solo una junta vertical que se cierra una vez colocada las armaduras mediante cuñas y bulones creando una estructura estanca. Por este motivo este sistema es idóneo para hormigones vistos y su rentabilidad es elevada, ya que se puede utilizar más de 100 veces en obra.



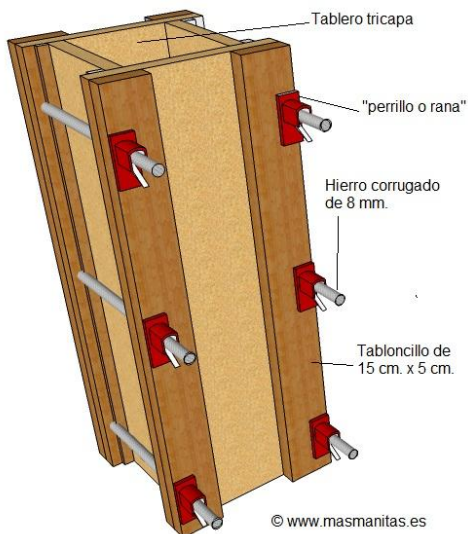
*Ilustración 6 Encofrado pilar redondo de fibra de vidrio.2008.Alsina*

La madera. La madera es uno de los materiales que más se usa en la fase de estructura, ya que con ella se realiza todo tipo de remates, se utiliza como parapastas, encofrado de diversos tipos y formas, etc.

Para el encofrado de pilares, se utiliza normalmente tableros de unos 20 mm de espesor y tablones a modo de estructura. Para la unión se utilizará barras de hierro que se apretarán con la ayuda de una máquina u otro sistema similar.



Este sistema al realizarse de forma artesanal requiere más tiempo por lo que se utiliza en casos puntuales, ya que no es un sistema prefabricado.



*Ilustración 7 Encofrado de madera. 2016. Masmanitas*

El plástico. También se puede utilizar como encofrado de pilares tanto redondos como cuadrados. Son menos habituales que los anteriores y su montaje es bastante sencillo a modo de mecano. No necesita ningún desencofrante ya que el hormigón no se adhiere a esta superficie. Solo requiere de ser lavados con agua hasta la siguiente puesta. El aspecto de acabado es bueno.



*Ilustración 8 Encofrado de pilares de plástico.2016.Clarin*

### **Encofrados de Muros o Pantallas.**

Las características y los materiales utilizados para los encofrados en los muros o pantallas son prácticamente los mismos que los mencionados anteriormente para los pilares.

Las superficies encofrantes más habituales son los tableros de madera, contrachapados, de acero o de otros materiales menos usuales como fibra de hierro o plástico. Estas van adheridas a un armazón para darle rigidez pudiendo ser éste realizado, con los mismos materiales mencionados anteriormente o mezclados entre ellos.

Las dimensiones de los tableros determinan las juntas de trabajo y su modulación.

Para un hormigón visto se emplean paneles lisos, impermeables, por lo general, metálicos, ya que ello permite mayor número de puestas que los tableros de madera, y según se requiera, pueden recubrirse de productos desencofrantes, lo cual mejora el aspecto de la superficie garantizando la calidad en el acabado final de obra. El secreto de dejar un buen acabado en el hormigón, es tener una buena superficie de contacto con el mismo con materiales nuevos y bien cuidados, ya que cualquier incidencia en ellos se manifestará una vez desencofrada.

También se pueden utilizar madera con relieve que le proporcionará al hormigón un acabado con distintas formas.

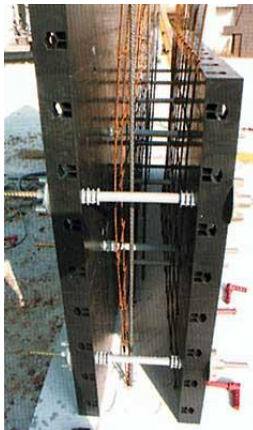
### ***STRUKTOPLAN special***



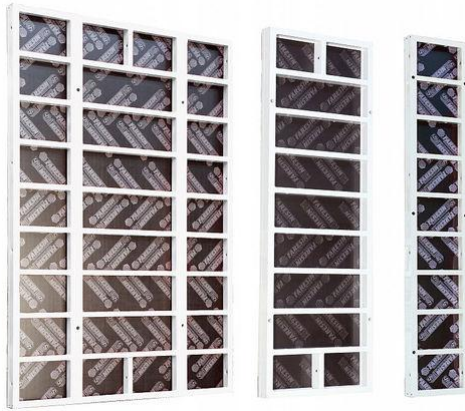
*Ilustración 9 Tablero con relieve.2006.Doka*



*Ilustración 10 Encofrado metálico de muro.2008.Alsina*



*Ilustración 11 Encofrado de muro de plástico.2016. Clarín*

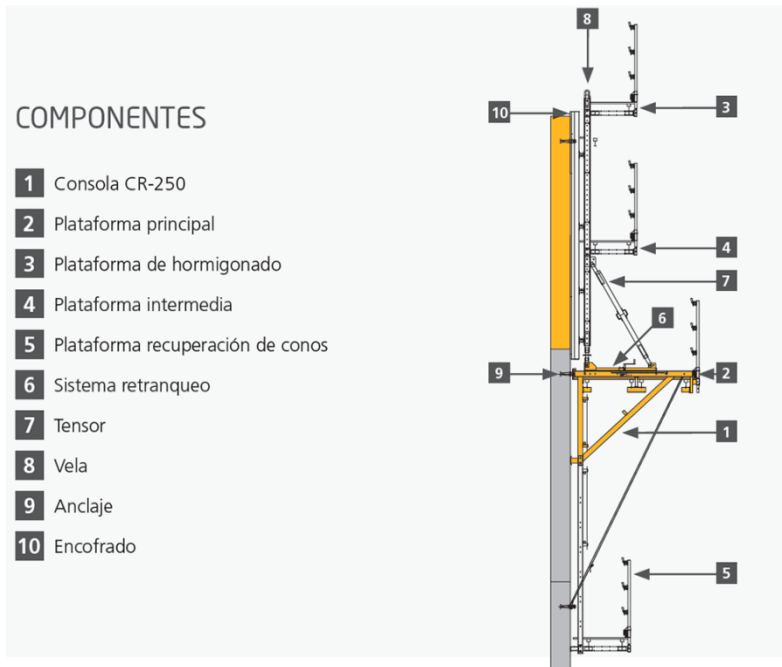


*Ilustración 12 Encofrado de muro con marco de aluminio.2016.Raresin.*

### **Andamios trepantes.**

Los andamios trepantes se han preparado para tener una superficie de apoyo para los encofrados de muros que están en el borde del forjado.

Este sistema cuenta con una plataforma principal de trabajo y otra inferior para recuperación de los anclajes. También se puede añadir otra consola intermedia y otra de hormigonado.



*Ilustración 13 Componentes del encofrado de trepas.2016.Ulma*

El montaje de la plataforma de trabajo y la consola de seguridad puede realizarse en el suelo, antes de su colocación en el muro, o colocando las consolas en los anclajes dejados en el hormigón y montando a continuación la plataforma con la ayuda de la grúa torre.



*Ilustración 14 Consola trepante.2008.Alsina*

### **Autotrepas.**

El sistema de Autotrepas es similar al de los andamios trepantes pero con la gran diferencia que éstos se elevan hidráulicamente sin la ayuda de la grúa torre.

Este encofrado lo trataremos con mayor profundidad en el siguiente capítulo.



*Ilustración 15 Estructura realizada con Autotrepa, Torre Lugano.2006.Raúl López*

#### 4.2 Encofrados horizontales:

Estos encofrados sirven para la construcción de estructuras horizontales como los forjados, losas, vigas, casetones u otras de tipo horizontal, tanto para planta parcial como completa, que deben tener en cuenta distintos aspectos como son: armado, preparación del encofrado,



vertido del hormigón , temperatura y humedad relativa ambiente, desencofrado, desencofrantes, etc. a fin de obtener el resultado deseado.

Estos sistemas industrializados poseen elementos estructurales recuperables, accesorios comunes para distintos sistemas de encofrado que pueden adaptarse a las necesidades y dimensiones requeridas en el proyecto. Dependiendo del tipo de forjado hay un encofrado más conveniente que otros:

### **Encofrados reticulares**

Estos se utilizan para los forjados bidireccionales; este tipo de forjados posee sus elementos resistentes o nervios en ambas direcciones formando una retícula, por eso se los llama Forjados Bidireccionales o Reticulares. Los elementos que constituyen el entrevigado se denominan casetones, pudiendo ser de tipo recuperable, o no recuperables.



*Ilustración 16 Encofrado para forjado reticular.2008.Alsina*



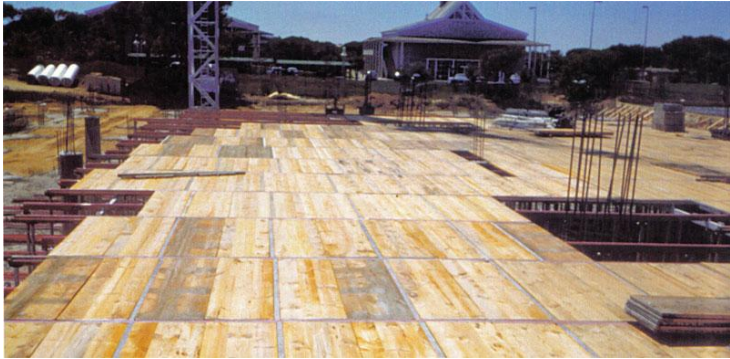
*Ilustración 17 Vista inferior una vez recuperado el encofrado reticular.2008.Alsina*

### **Encofrado continuo de entablado con soportes.**

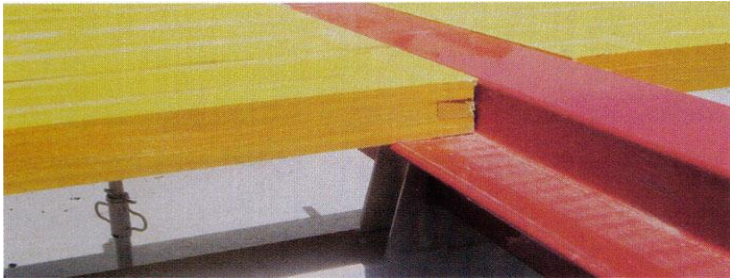
Es un sistema económico de encofrado recuperable a los seis días para losas y forjados planos; armado mediante la colocación de un entablado compuesto por tableros de madera en la parte encofrante y elementos de acero en la parte estructural.

Los tableros pueden ser de cualquier tipo de madera como el pino o coníferas seleccionadas y bien estacionadas, alta resistencia, gran rentabilidad.

Este sistema permite la adaptación a todo tipo de forjados planos.



*Ilustración 18 Encofrado de Enablado con Soportes.2008.Alsina*



*Ilustración 19 Apoyo tablero en sopandas.2008.Alsina*



*Ilustración 20 Apoyo tablero en portasopanda.2008.Alsina*



*Ilustración 21 Recuperación encofrado.2008.Alsina*

### **Encofrados ligeros**

Los encofrados ligeros están formados a base de paneles con marco de aluminio que apoyados sobre vigas, también de aluminio, permiten instalar la superficie encofrante del forjado superior, desde forjado que ya hemos ejecutado. Son sistemas sencillos que funcionan básicamente como los sistemas tradicionales, solo que permiten generar una superficie estable antes de acceder al encofrado superior.

Permite ser utilizado para todo tipo de forjados semi-prefabricados o in situ y es un sistema bastante seguro por la forma de montaje y desmontaje, ya que elimina el riesgo de golpes por objetos desprendidos que se producía en el tradicional desencofrado por caída libre.



*Ilustración 22 Encofrado ligero para forjado.2016.Peri*



*Ilustración 23 Panel de encofrado ligero.2016. Peri*

## Encofrados de mesas o sistemas pre-montados

Sistema de encofrados pre-montado para forjados, especialmente indicado para obras de grandes dimensiones y con superficie donde la distribución de pilares responda a una geometría regular.

El sistema de Mesas permite ejecutar cualquier tipo de forjado, aunque está especialmente diseñado para resolver losas macizas.

Gracias a un montaje sistemático, un desencofrado rápido, seguro y el empleo de pocas piezas sueltas, el sistema de mesa optimiza los ritmos de ejecución.

La superficie encofrante es de contrachapado fenólico, lo cual ofrece un acabado de hormigón visto.

Este sistema se desarrolla con más en profundidad en el último capítulo de este trabajo.



*Ilustración 24 Encofrado de Mesas.2008.Alsina*

# Capítulo 3. Utilización de Autotrepas en la ejecución de las pantallas del edificio Torre Lugano

El sistema de Autotrepas para edificios en altura supone una innovación a los sistemas tradicionales de encofrados de pantallas de hormigón.

Las empresas punteras en este campo son Peri, Doka y Ulma. Cada una ha desarrollado su producto llamándolo con su propio nombre, pero que en definitiva, el funcionamiento y la forma de comercialización son similares.

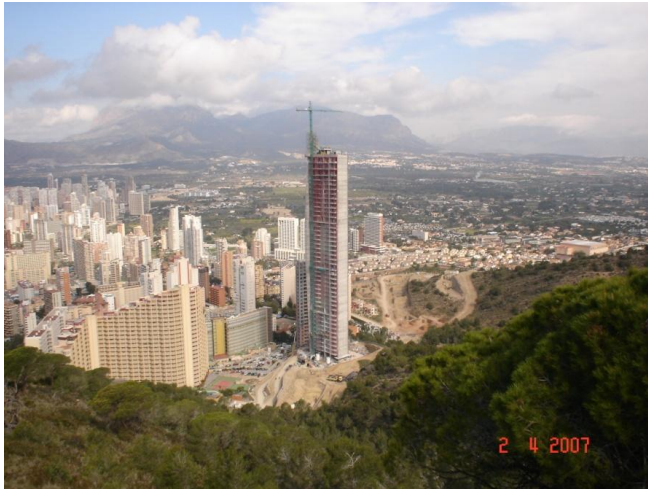
En los siguientes apartados voy a desarrollar todos los pasos seguidos referentes a la utilización de Autotrepas en la construcción de la estructura del edificio **Torre Lugano** de Benidorm.

## 1 Elección del tipo de encofrado

Para poder decantarnos por los encofrados Autotrepas previamente hemos tenido que analizar los puntos desarrollados anteriormente:

### 1.1 Condicionantes en la construcción de la estructura en los edificios en altura.

El edificio Torre Lugano consta de 5 sótanos y de 43 plantas de viviendas, llegando a una altura total de 173.63 m. desde la cota +0 de planta baja, por lo que se puede considerarse como edificio alto. Por ese motivo se verá afectado por todos los condicionantes indicados en uno de los apartados anteriores.



*Ilustración 25 Vista panorámica Torre Lugano.2006.Raúl López*

## 1.2 Análisis del proyecto.

Torre Lugano es un edificio formado por 5 sótanos destinados a garaje, planta baja, 42 plantas de viviendas y cubierta.

Vamos a diferenciar el edificio en dos zonas: una primera zona de sótanos y la segunda zona a partir de suelo de planta baja (cota +0) hasta la cubierta.

### **Sótanos:**

Cimentación: La cimentación del edificio está realizada a base losa de HA con un canto que oscilan entre 1.00 y 2.30 m de espesor.



Estructura: Los forjados son losas de HA de canto de 0.32 y 0.35 m soportados por pantallas y muros también de HA de dimensiones y espesores variables. Los muros están realizados a una cara adosado a la roca de la montaña, excepto la fachada principal que da al vial que está libre y se ha tenido que realizar a dos caras. Las alturas entre plantas oscilan entre 2.32 y 3.75 m de altura según en el nivel que nos encontremos. La superficie total de forjados construidos es de 10.972 m<sup>2</sup>.

### **A partir de cota + 0:**

Toda la estructura a partir de planta baja es también de HA. El edificio tiene 36 plantas tipo de 595.44 m<sup>2</sup> cada una y 6 plantas técnicas con distinta geometría de 643.3 m<sup>2</sup> situadas en los pisos 10, 20, 30, 40, 41 y 42. La superficie total de de forjados construidos a partir de cota + 0 es de 26.046 m<sup>2</sup>.

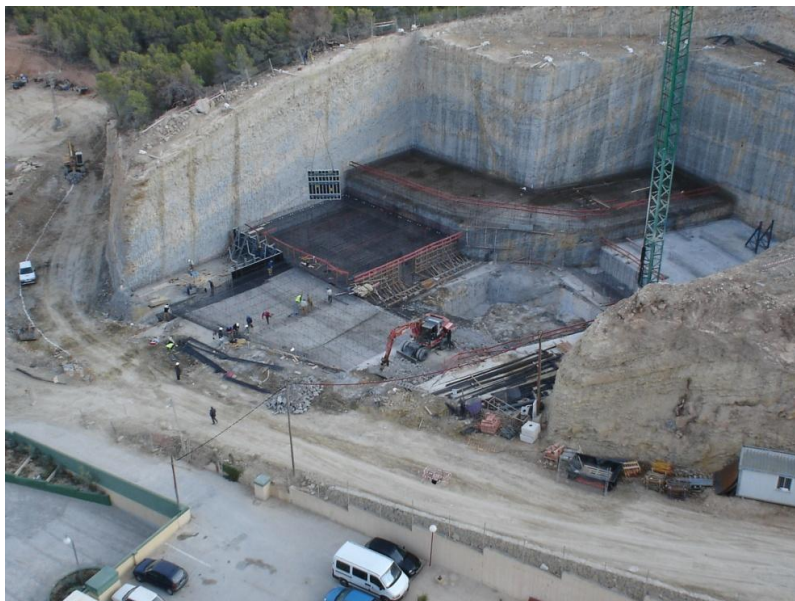
Todos los forjados son losas de HA de canto 28 cms.

Los elementos verticales son pantallas rectas tanto en el interior como las exteriores de espesores variables, existiendo en la fachada norte, una de ellas curva de la que salen costillas que es el núcleo de las cajas de cuatro ascensores. En la sur hay dos muros ovalados que van cambiando su geometría imitando la vela de un barco, con el remate final en punta en la planta de cubierta. La altura libre entre hormigones de las plantas tipo es de 2.72 m y de las técnicas es de 3.78 m.

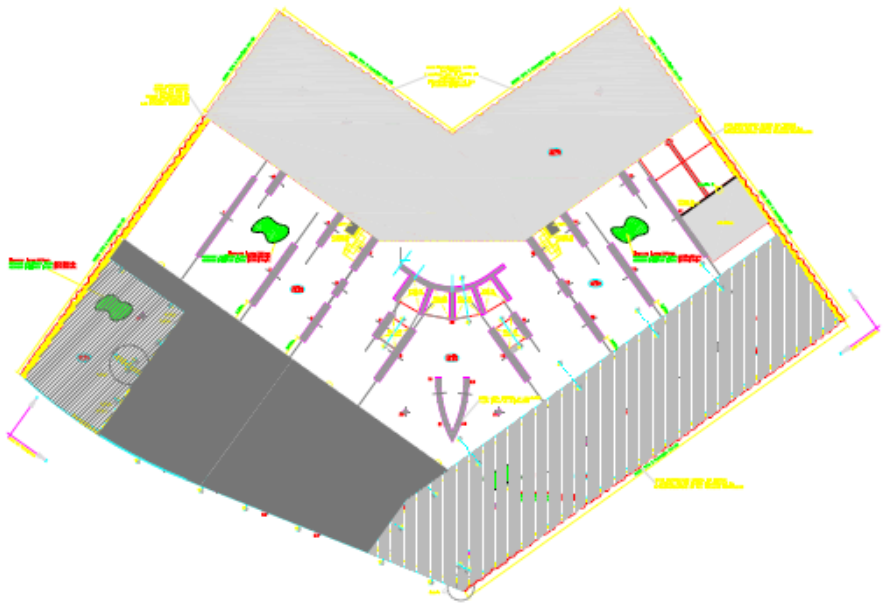
Todas las pantallas van a plomo de una planta a otra, pero algunas de ellas reducen su anchura conforme van tomando altura. La cara fija que se mantiene es la exterior en las pantallas de borde de forjado y a eje

las interiores. Las que se reducen en huecos de escalera y caja de ascensor la cara fija que se mantiene es la que da al hueco.

Con estos datos y viendo los planos de la estructura del edificio, el sistema de Autotrepas es el apropiado para ejecutar este proyecto.



*Ilustración 26 Cimentación Torre Lugano. 2005. Raúl López*



*Ilustración 27 Plano cimentación Torre Lugano.2004. Edifesa*



*Ilustración 28 Plano Sótano 4º. Torre Lugano.2004. Edifesa*

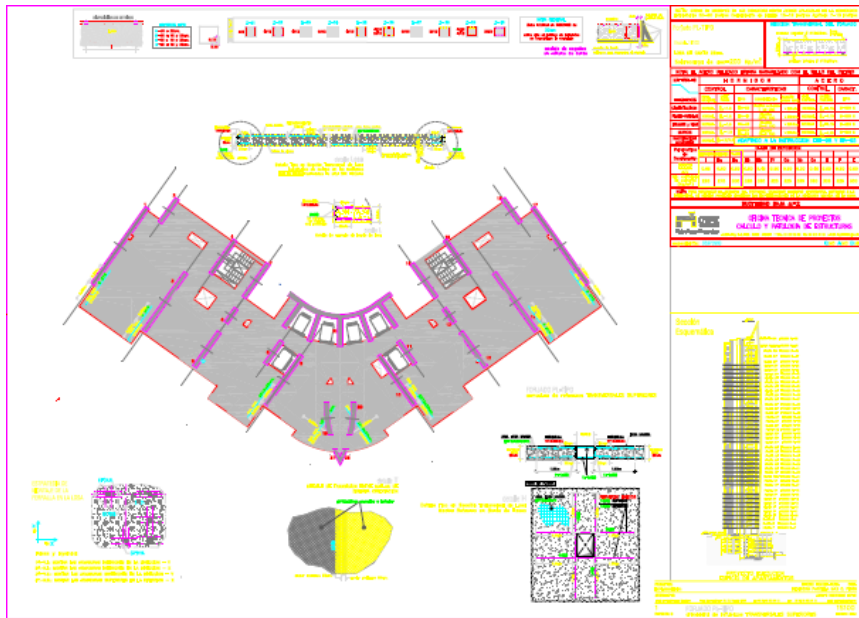


Ilustración 29 Plano estructura planta tipo.2005.Edifesa

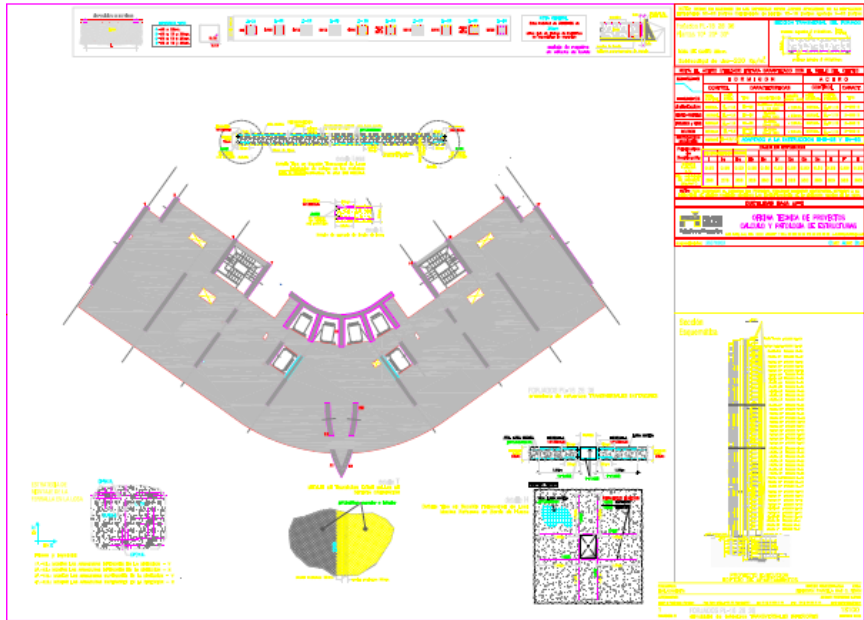


Ilustración 30 Plano estructura planta técnica.2005.Edifesa





*Ilustración 32 Vista panorámica Torre Lugano.2005.Raúl López*

### 1.3 Sistemas de encofrados.

Vistos los distintos sistemas de encofrados que existen en el mercado y después de analizar el proyecto estructural del edificio, se ha elegido para la fase de estructura los siguientes encofrados:

#### **En sótanos:**

En todos los muros realizados en sótanos a una cara, se ha utilizado encofrados metálicos revestidos de madera con vela soportes para



aguantar los empujes del hormigón. Para las pantallas interiores y los muros a dos caras se ha utilizado los mismos encofrados pero sin vela.

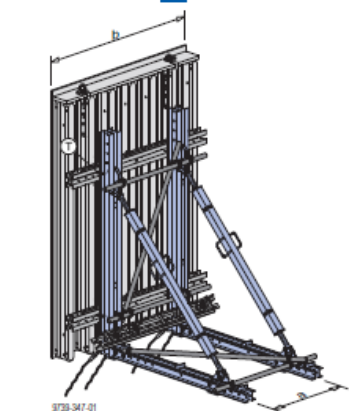
En forjados se ha utilizado el encofrado continuo compuesto de sopandas, porta-sopandas, regletas intermedias y madera.

### Ejemplo: Altura de encofrado 3,00 m

Distancia entre ejes  $a = 1,00$  m

Ancho de influencia = 1,00 m

Tipo de vela soporte **A**



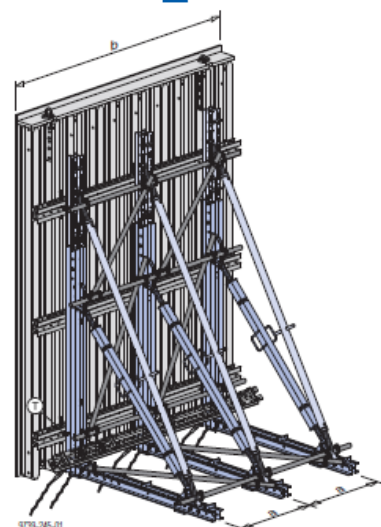
a ... 1,00 m  
b ... 2,00 m

### Ejemplo: Altura de encofrado 4,00 m

Distancia entre ejes  $a = 1,00$  m

Ancho de influencia = 1,00 m

Tipo de vela soporte **B**



a ... 1,00 m  
b ... 3,00 m

Ilustración 33 Muro metálico. 2016. Doka



*Ilustración 34 Encofrado pantallas interiores.2005.Raúl López*

### **A partir de cota +0**

Para la ejecución de las pantallas interiores se han utilizado encofrados de muro metálicos revestidos de madera. Para las pantallas exteriores se han utilizados los Autotepas.

En el primer forjado se ha utilizado un encofrado continuo compuesto de sopandas, porta-sopandas, regletas intermedias y madera. Para el resto de forjado el sistema de mesas.

## 1.4-Plazos de ejecución

Con el sistema elegido, los tiempos de ejecución de los elementos verticales disminuyen, ya que la grúa torre no interviene en la colocación del encofrado de las pantallas con Autotrepas. Este tiempo es difícil de cuantificar con datos reales, ya que solo tenemos los tiempos de la ejecución con este sistema para toda la estructura sin tener la referencia de la realización de alguna planta con el sistema de trepas normales. Se estima que el tiempo adelantado en la ejecución de las pantallas exteriores con Autotrepas, sería de unos dos días por planta.

## 2 Petición de ofertas y adjudicación

Una vez elegido los sistemas de encofrados se procede a la petición de ofertas a las empresas que disponen de ellos. Cada una de ellas prepara su oferta con los detalles constructivos adaptados a nuestro proyecto.

Para la adjudicación de la obra no solo se tendrá en cuenta el factor económico sino además el servicio a la obra, asistencia técnica y adaptación de su producto a nuestro proyecto.

La empresa adjudicataria preparará con antelación todos los planos de montaje de los encofrados, y con tiempo suficiente se mandará el material, equipo de montaje y monitores, para tenerlo todo preparado para empezar a utilizarlos. Este es un tema muy importante ya que cualquier fallo te puede originar retraso de obra.

En esta obra en concreto la elección de este sistema fue una decisión difícil, ya que no se había construido en España ningún edificio con Autotrepas y por lo tanto no se tenía experiencia en este tipo de

encofrado. Para convencernos tuvimos que ir a visitar una obra que lo estaban utilizando en Rotterdam (Holanda) y allí pudimos comprobar in situ el funcionamiento y los pros y los contras de este encofrado. Al final la empresa adjudicataria fue Doka.

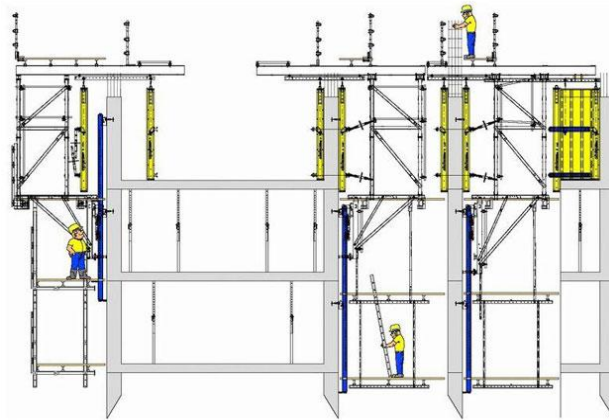
### 3 Descripción de sistema y su funcionamiento

Los Autotrepas es un sistema similar a los trepas convencionales con la gran diferencia que no hace falta la grúa torre para su manipulación, ya que el movimiento vertical de los materiales se realiza hidráulicamente.

Gracias a su estructura modular, ofrece una solución eficiente para cualquier tipo de construcción. Todas las plataformas del Autotrepa tienen un cerramiento completo lo que proporciona un trabajo seguro y protegido de la intemperie incluso a grandes alturas, evitando vértigos y mareos a los operarios. Con un equipamiento completamente hidráulico permite desplazar al mismo tiempo muchas unidades de trepado.

Al final estas plataformas están creadas para que se pueda apoyar el encofrado para darle la forma al hormigón y los operarios puedan realizar su trabajo de forma segura y sin estrecheces. Todo el proceso constructivo de ejecución de una pantalla de hormigón se realiza sin la ayuda de la grúa torre, gracias a su sistema estructural de perchas que hacen que los encofrados cuelguen de ellas y al motor hidráulico que eleva todo el conjunto a la altura requerida.

Todo este conjunto está enganchado con unos cabezales a la estructura que vamos ejecutando.



*Ilustración 35 Sección trepa con perchas.2005.Doka*

He creído conveniente añadir en el apartado de Anexos de este trabajo un fragmento “*Características Técnicas y Manipulación del Sistema Autotrepante*” sacado de la “*Guía Práctica de Encofrados*” de Osalan en el que da una explicación detallada del funcionamiento de los Autotrepas. (Anexo nº 2)

## 4 Elementos del Autotrepa

El sistema cuenta de tres plataformas de trabajo y una de llenado de hormigón protegidas en su totalidad con barandillas y chapas de seguridad. Esto confiere al operario una seguridad y libertad de movimientos dándole una mayor agilidad en su trabajo.

En la plataforma superior es donde se apoya el encofrado de la parte exterior de las pantallas, colgado de una estructura de perfiles a modo de percha. El encofrado de la pantalla interior también cuelga de este dispositivo.

Las plataformas inferiores se utilizan de trabajo para los trepados, reparaciones de hormigón o para realización de otros trabajos. La comunicación entre ellas se realiza mediante escaleras interiores.

Estas plataformas van enganchadas a una guía metálica y esta a su vez mediante unos cabezales a las pantallas de hormigón. Estos cabezales se irán retirando desde la plataforma inferior, conforme nos vamos elevando con la estructura.

La elevación de las plataformas se realiza mediante un sistema hidráulico en la que los émbolos desplazan la guía hacia arriba. El dispositivo principal va dispuesto en una de las plataformas de una de las trepas.

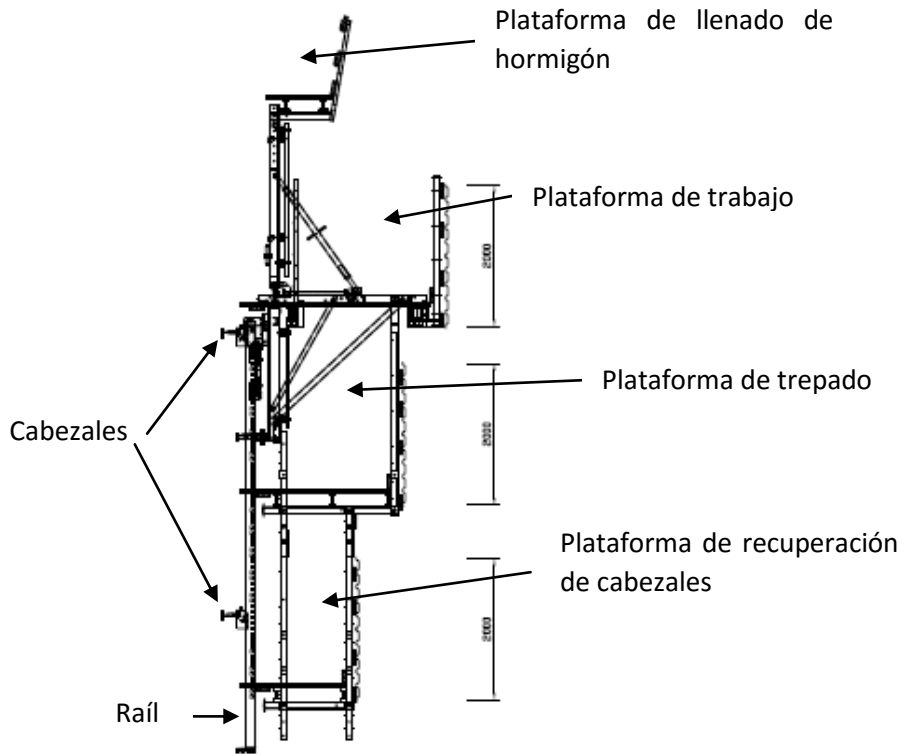


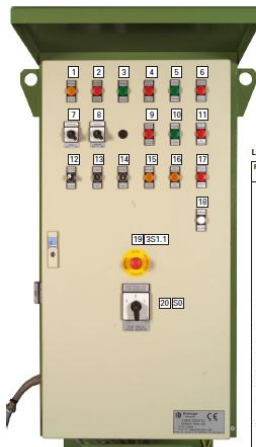
Ilustración 36 Esquema tipo Autotrepa.200

Vista lateral del refrigerador



- 1.31 Tapa de limpieza
- 1.32 Válvula de compuerta de dos plazas

Vista lateral del armario de mando



Lista de funciones

Pos.	Designación
	Identificación
	Identificación
1	Testigos de control
2	Control / Control
3	Controlador inversor de fases / Phase Controller INVERTER
4	Indicador FALSA
5	Cilindro hidráulico / Hydraulic
6	Acción de arranque de motor / Drive motor Malfunction
7	Malfunción / Cooling
8	Malfunción parada del motor / Cooling Malfunction
9	Start/stop
10	Control / Control (OFF/ON)
11	Control de temperatura (OFF/ON)
12	Testigos de control
13	Filtro de la calefacción / Heating Malfunction
14	Calefacción / Heating
15	Sobretensión peratura del aceite / Oil Overheating
16	Manejo local / a distancia / Local/Remote
17	Precaución
18	Elevación / Lift
19	Alarma / Alarm
20	Testigos de control
	Iluminación antipolvo / LITING enabled
	Filtro aceite / Filter clogged
	Nivel de aceite mínimo / Insufficient oil
	Comprobación de los testigos de control / Lamp check
	Parada
19	PAJADA DE EMERGENCIA / EMERGENCY STOP
20	INTERRUPTOR PRINCIPAL INVERSOR DE FASES / MAIN SWITCH PHASE INVERTER

Vista frontal



Vista del lado trasero



Ilustración 37 Grupo hidráulico Autotrepas.2006.Doka





*Ilustración 38 Plataforma de llenado hormigón Autotrepa.2006.Raúl López*



*Ilustración 39 Plataforma de trabajo Autotrepa.2006. Raúl López*



*Ilustración 40 Plataforma de trepado.2006. Torre Lugano*

## 5 Proceso del montaje

Todo el sistema de Autotrepas llega a la obra por piezas totalmente desmontado por lo que hay que buscar un sitio cerca y al alcance de la grúa torre para montaje y transporte. Si esto no fuera posible nos tendríamos que ayudar de grúas móviles.

Una vez preparado el taller de trabajo y siguiendo en todo momento las indicaciones de los monitores de la empresa de alquileres junto con los operarios de la obra designados para tal fin, se empezará el proceso de montaje de cada uno de los andamios Autotrepas.

Cada una de los tres niveles de las plataformas será una unidad independiente de montaje, que se unirán en obra conforme se vaya ejecutando las pantallas ya que físicamente no cabrían en vertical y la guía necesita un desarrollo para poder funcionar. También estaríamos limitados por la capacidad de la grúa torre. (Este último condicionante se podría solucionar utilizando grúas móviles si el acceso lo permite).

En colaboración con la DF se diseñó la disposición en el tablero de madera, la posición de los conos para poder meter los tornillos de unión del encofrado interior y exterior, para que una vez realizado el desencofrado se vea la misma distribución de agujeros en todas las pantallas. Igualmente se definirán las marcas en el hormigón y las juntas de hormigonado colocando para ello un berenjano de plástico o de madera en el borde del encofrado, para que no se note la unión entre una puesta y otra. Este a su vez nos marcará el límite de llenado del hormigón.

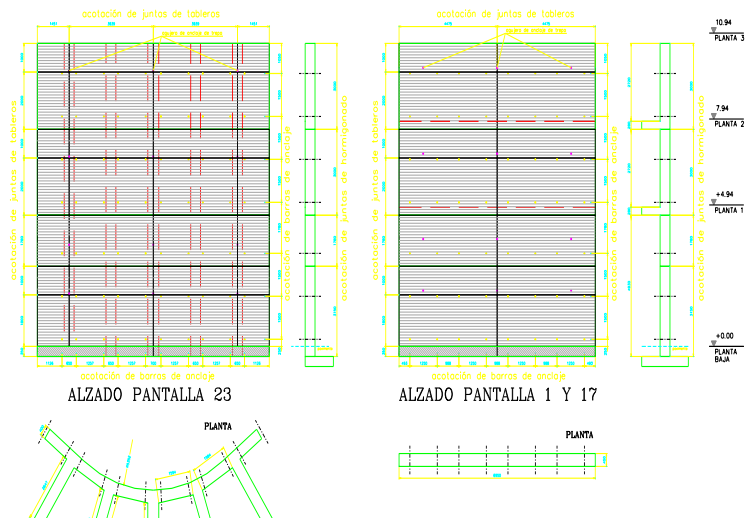


Ilustración 41 Plano de distribución de agujeros, Autotrepas. 2005. Raúl López



Ilustración 42 Berenjeno de plástico para juntas. 2016. La casa de la construcción.



*Ilustración 43 Berenjeno de plástico colocado en el encofrado.2016.Raúl López*

A continuación se numeran las distintas fases de puesta en obra de los Autotrepas.

### 5.1 Primera puesta de hormigón

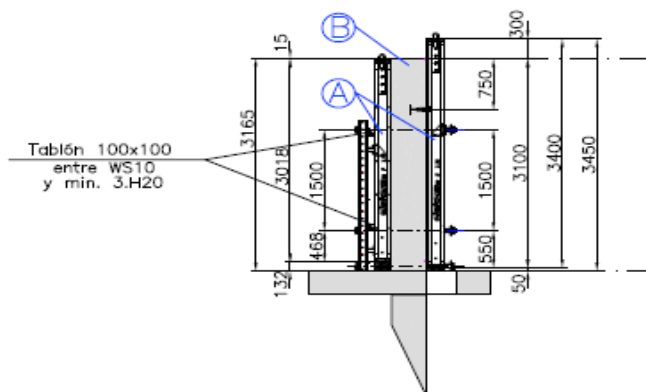
Debido a la altura de la planta baja (4.94 m), las pantallas se llenaran en dos fases para aprovechar las dimensiones de los encofrados de los Autotrepas.

En la primera tongada de llenado se llegará hasta los 3.15 m y se dejará dispuesto la posición de los conos para la posterior colocación de los anclajes y la colocación de los raíles.

Se seguirá en todo momento el plano de la posición de los anclajes y de los conos.

Como medios auxiliares para ayudar al montaje y hormigonado se utilizarán andamios, torretas o escaleras de mano.

- (A) Encofrar. Utilizar rieles WS10 en el interior para que coincidan las barras de anclaje.
- (B) Hormigonar tongada EGa(3,15m)



*Ilustración 44 Esquema primer llenado pantalla planta baja.2005.Doka*

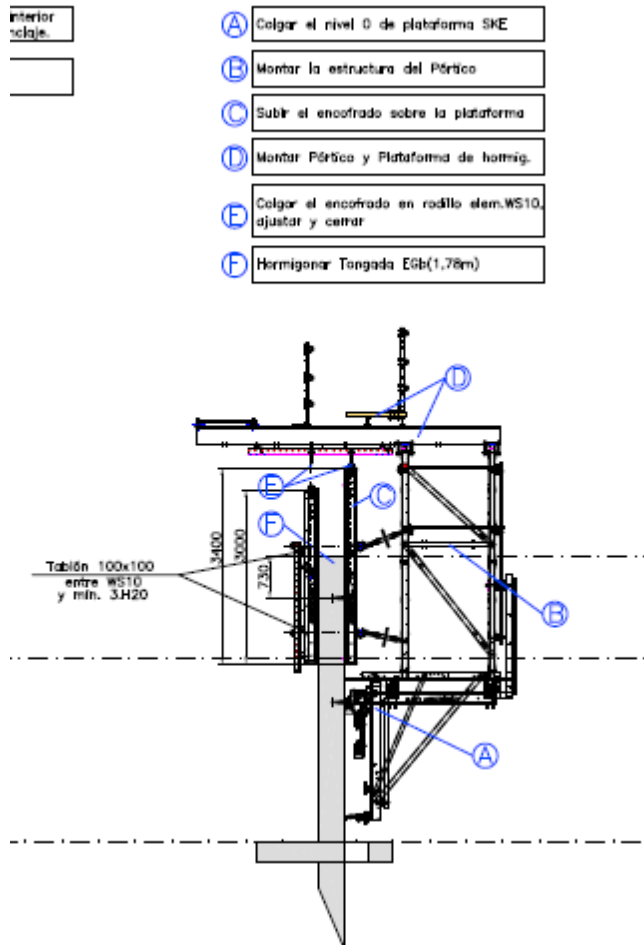
## 5.2 Segunda puesta del hormigón de las pantallas.

Se procederá al desencofrado de la pantalla. A continuación se colgará la primera plataforma a nivel 0 mediante unos cabezales de unión al hormigón.

Posteriormente colocaremos la estructura del pórtico, subiremos los encofrados a la plataforma, montaremos el pórtico y la plataforma de llenado de hormigón y para finalizar se colgará el panel interior como el exterior con el sistema de rodillo a una guía ya colocada anteriormente. Con este sistema el desplazamiento de los encofrados se realiza manualmente sin ayuda de ningún otro medio.

Con todo esto montado se coloca el encofrado en su posición final, teniendo en cuenta la disposición de las barras de unión y el lugar de donde irá el cabezal de conexión del riel a la estructura. El hormigonado de la pantalla se realizará hasta dejarla a nivel inferior del forjado primero.

Para todo el proceso de montaje en la segunda fase se utilizará como medio auxiliar la grúa torre o móvil si no fuera posible la primera.



*Ilustración 45 Esquema montaje 2ª fase Autotrepas.2006 Doka*





*Ilustración 46 Pantallas de p. baja. Torre Lugano.2006. Raúl López*

### 5.3 Primer trepado

Se desencofra la pantalla desplazando los paneles colgados de los pórticos hacia fuera para dejar libre la zona de trabajo, se coloca el segundo cabezal y con la ayuda de la grúa se posiciona el perfil de trepado. Hay que tener precaución de haber dejado unos agujeros en el forjado inferior para permitir que la guía se pueda desplazar.

A continuación realizamos el primer trepado dejando la plataforma en el nivel del forjado.



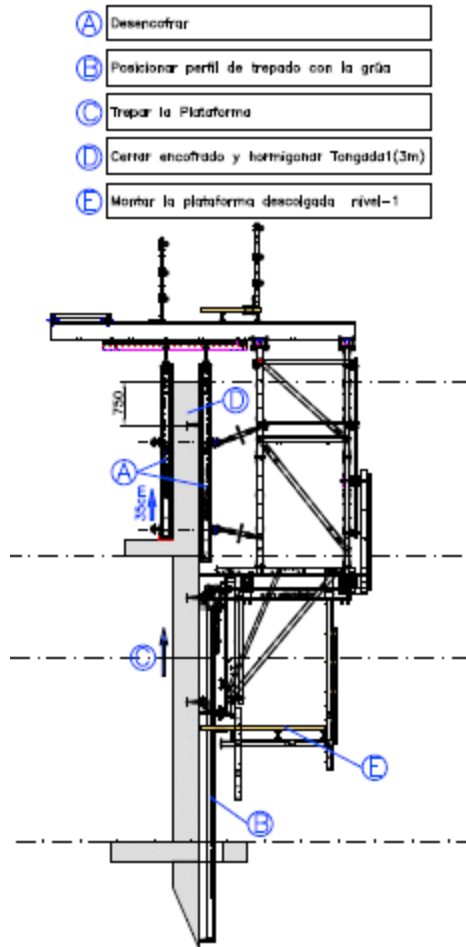


Ilustración 48 Esquema 3,4 y 5ª fase montaje Autotrepas.2005.Doka

## 5.6 Hormigonado forjado-pantalla.

Se inicia el proceso de hormigonado del conjunto forjado y pantalla. En este proyecto en concreto el hormigón de las losas de los forjados es un HA-30 y el de las pantallas y cabezas de las mismas un HA-40. Para solucionar la puesta en obra de los distintos hormigones en el forjado se coloca un nervometal, que es una malla metálica que se utiliza a modo de encofrado para separar distintos tipos de hormigones o realizar juntas de hormigonado.

El primer tipo de hormigón a utilizar es el HA-40 y se empezará el vertido por la parte inferior de las pantallas y cabezas de las mismas, hasta llegar al nervometal para que el hormigón vaya fraguando. A continuación se llenará las pantallas por tongadas alternándose el llenado entre ellas. Para finalizar se terminará de hormigonar el forjado con HA-30.



*Ilustración 49 Nervometal.2016.Útiles*



*Ilustración 50 Hormigonado primer forjado.2006.Raúl López*

### 5.7 Montaje plataforma nivel -2.

Se realiza el desencofrado de la pantalla, se hace el segundo trepado hasta el nivel del segundo forjado y se termina de montar la tercera plataforma del nivel -2. A continuación se repite el proceso anterior.

Ⓐ Desencofrar, trepar, montar plataforma nivel-2, cerrar y hormigonar Targada 2C

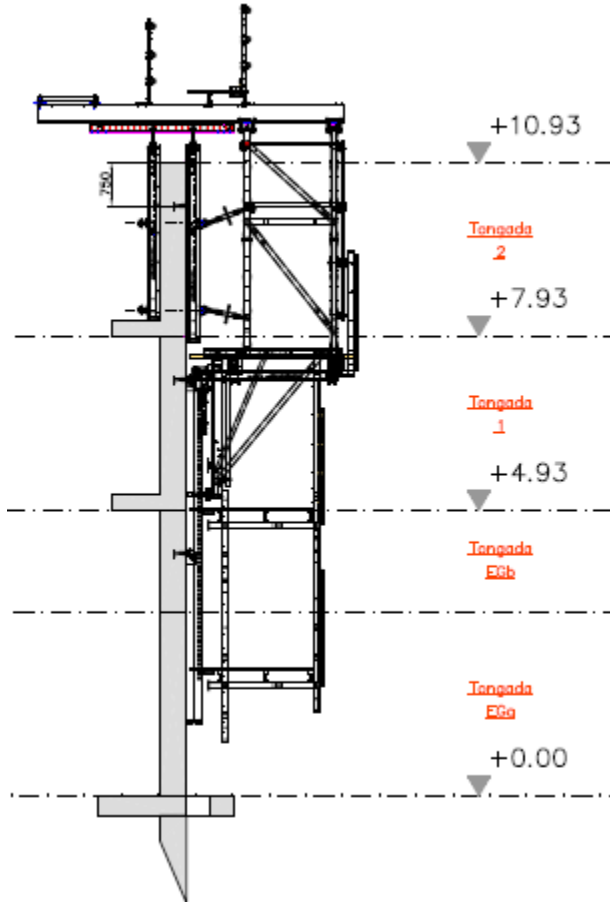


Ilustración 51 Esquema 7ª fase montaje Autotrepas.2016.Doka



*Ilustración 52 Vista panorámica 2º forjado. 2006. Raúl López*

### 5.8 Repetición del proceso hasta planta de cambio de altura

Una vez terminado el montaje total del Autotrepa se repite el proceso constructivo en todas las plantas que tenga la misma altura:

1º -desencofrado

2º -trepado hasta llegar al nivel inferior del forjado

3º -montaje de forjado

4º -montaje de la ferralla de las pantallas

5º -cierre del encofrado de las pantallas

6º -hormigonado de forjados y pantallas a la vez.



*Ilustración 53 Vista panorámica edificio en planta tipo.2005.Raúl López*





*Ilustración 54 Pantallas forjado tipo.2005.Raúl López*

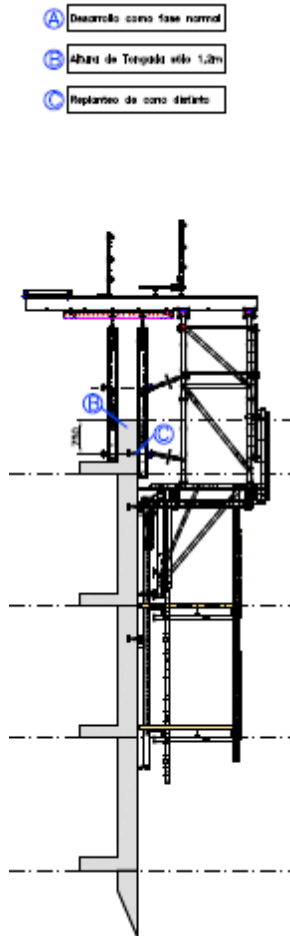
## 5.9 Cambio de altura en la planta

Cuando lleguemos a una planta que la altura se incremente con respecto a la anteriores (en este proyecto ocurre en las plantas 10, 20,30, 40,41 y 42 en el que la altura pasa de 3.00 a 4.06 m) el proceso

seguido difiere con respecto al enunciado anteriormente, ya que los paneles de encofrados estaban preparados para una altura inferior a la nueva solicitud.

El proceso será el siguiente:

**1º** -se seguirá el mismo programa que el anterior pero cuando se proceda al hormigonado de la pantalla, esta se llenará hasta una altura de 1.20 o de 2.86 m. indistintamente. Lo único que habrá que tener en cuenta la disposición del cono según el estudio inicial previsto.



*Ilustración 55 Esquema 1ª fase trepado en planta técnica.2015.Doka*

**2º** -trepado hasta llegar a la altura suficiente en el que el encofrado sirva de molde para llenar la pantalla hasta el nivel inferior del siguiente forjado.

**3º** -hormigonado del resto de la pantalla hasta el nivel inferior del forjado (tongada de 2.86 o 1.20 m). Habrá que tener en cuenta nuevamente la disposición del cono según el estudio inicial previsto.

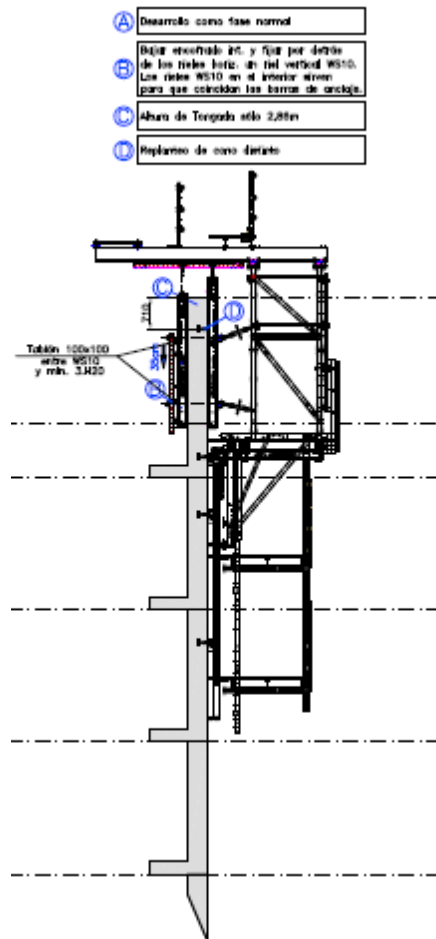


Ilustración 56 Esquema 2 y 3ª fase trepado en planta técnica.2005.Raúl López



*Ilustración 57 Vista panorámica p. técnica.2006. Raúl López*

**4º** -desencofrado

**5º** -trepado hasta llegar al nivel inferior del siguiente forjado

**6º** -Se repite ya el proceso normal hasta llegar a otra planta de distinto nivel.

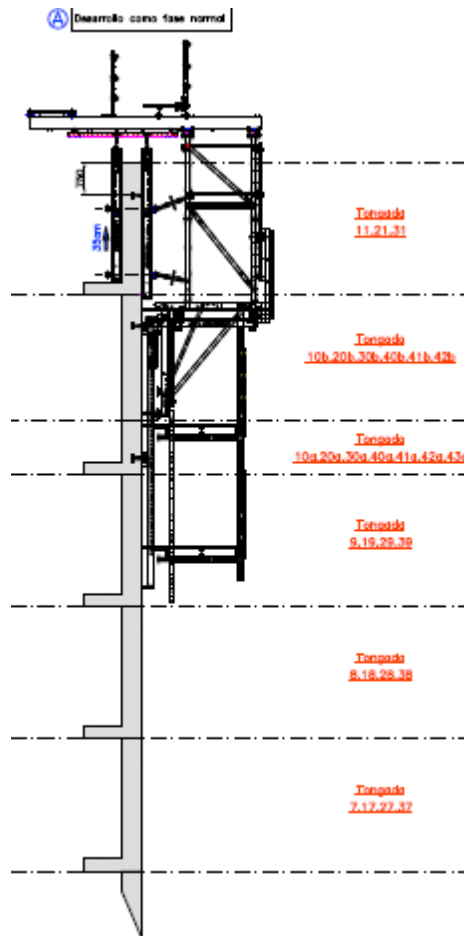


Ilustración 58 Esquema fase 4,5 y 6ª trepado planta técnica.2005.Doka

Al llegar a una planta distinta de altura superior a la prevista, requiere repetir algún paso en el proceso constructivo por lo que el incremento de tiempo es superior al de la planta normal. Este problema lo estuvimos analizando y como alternativa se propuso dos opciones:

A) montar los paneles iniciales a 4.06. Esta primera opción consistía montar los paneles de encofrado a la altura de la pantalla más desfavorable, que es la planta técnica (4.06 m) y llenar las plantas tipo a 3.00 m con el mismo panel. Esta propuesta se desechó porque el acabado de hormigonado se quedaría a 0.94 m por debajo de la cara superior del encofrado, con lo que se dificultaría notablemente la puesta en obra del hormigón y el acabado en la junta también se vería perjudicado. Esta solución sería buena para las seis plantas técnicas en contra de las treinta y seis que tendría esa dificultad.

B) modificación de la altura del panel en esas plantas. La segunda opción era que una vez llegado a la planta técnica, desmontar los paneles actuales y realizar un suplemento a los mismos de 1.00 m de altura y volverlos a montar. Esta opción se desestimó porque esta operación requería la utilización de la grúa torre, necesidad de alquilar más material y el tiempo estimado en ese proceso era superior al que al finalmente se realizó.





*Ilustración 59 Fase de trepado planta técnica nº 41.2006.Raúl López*



*Ilustración 60 Vista planta técnica.2006.Raúl López.*

## 6 Desmontaje de los Autotrepas y devolución del material

Este proceso es de los más delicados de la ejecución de la estructura ya que nos encontramos en la parte más alta del edificio, con los problemas ya analizados en los apartados anteriores.

Es por este motivo que hay que extremar las medidas, y para ello la empresa de alquiler envía nuevamente a los monitores y con personal de los encofradores se desmonta el sistema. Por supuesto en todo momento los operarios para este trabajo utilizarán los cinturones de seguridad anclados a puntos fijos de la estructura.

Todo el material que se va desmontando se va bajando con la grúa torre en piezas grandes limitadas por la capacidad portante a la misma. De ahí se llevaran al taller de desmontaje de los encofrados dispuesto cerca de la obra.

Una vez totalmente desmontado se devolverá a la empresa de alquiler.



*Ilustración 61 Proceso desmontaje Autotrepas.2007.Raúl López*



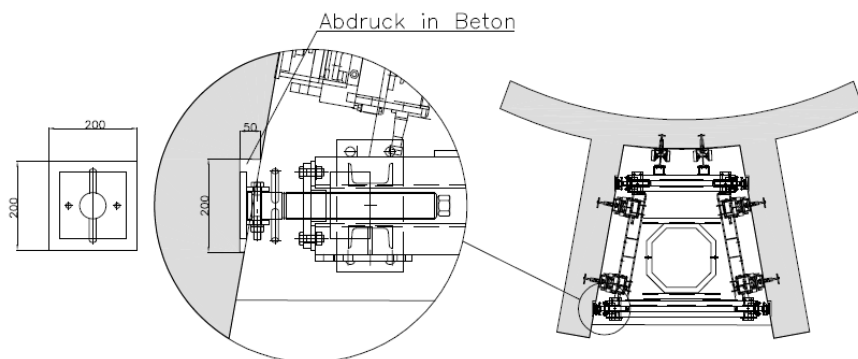
*Ilustración 62 Bajada de parte del Autotrepa con la ayuda de la grúa torre.2007.Raúl López*

## 7 Utilización de otros elementos en los Autotrepas.

Uno de los elementos más comunes de utilización en unión con los Autotrepas es el Distribuidor de hormigón. Este va acoplado al sistema del encofrado y conforme va trepando en cada planta se van añadiendo los tramos de tubería necesaria.

Normalmente el Distribuidor de hormigón va dispuesto en una de los huecos de ascensor, de forma que al haber pantallas laterales tengan un buen elemento resistente para absorber los empujes y el peso del mismo cuando está en funcionamiento.

Con este sistema nos olvidamos de la utilización de la grúa torre para el hormigonado.



*Ilustración 63 Ajuste de la plataforma Autotrepa del distribuidor del hormigón.2005.Doka*



*Ilustración 64 Distribuidor de hormigón.2006.Raúl López*



*Ilustración 65 Conexión del distribuidor de hormigón al Autotrepa.2006.Raúl López*



*Ilustración 66 Tubería de bombeo dirigida al brazo distribuidor del hormigón.2006.Raúl López*



## 8 Recomendaciones sobre los Autotrepas

Como en todos los sistemas hay que tener en cuenta ciertas recomendaciones para evitar cualquier problema.

### ***1.-Revisión de los encofrados y limpieza***

En cada una de las puestas y trepados de los encofrados hay que revisar el estado de los mismos, prestando especial atención en aquellos elementos que sean estructurales y en los puntos de anclaje a los elementos resistentes del hormigón. Para ello hay que tener una persona designada para tal fin, de modo que sea ella la responsable de darle el visto bueno cada vez que se realice un trabajo de trepado.

Hay que mantener en todo momento el orden y la limpieza, puesto que cualquier elemento que se pueda cruzar en el camino de elevación de las plataformas podría provocar un accidente.



*Ilustración 67 Falta de limpieza en los encofrados.2006.Raúl López*

## **2.-Cambio de la madera de encofrado**

Es importante la buena utilización de los desencofrantes para facilitar el despegue del molde al hormigón. Aún así después de tantas puestas, la madera que revisten los encofrados se deterioran, por lo que se aconseja cambiar la misma a mitad de la estructura o cuando este se vea ya muy perjudicado.



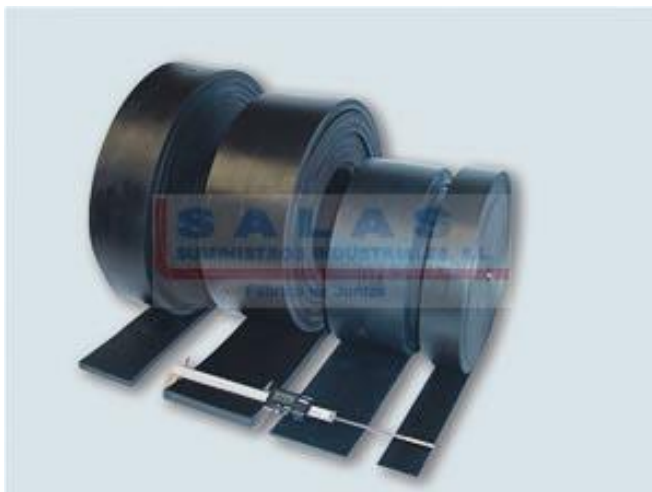
*Ilustración 68 Madera encofrado deteriorado Autotrepa.2007.Raúl López*

### ***3.- Utilización de elementos estancos para evitar las lechadas***

En las juntas de hormigonados, al unir un encofrado con la pantalla ya realizada anteriormente, al ser una unión rígida y nada estanca, la lechada de hormigón se va perdiendo provocando manchas y desperfectos en el acabado final, por lo que se recomienda colocar en esas uniones alguna tira de gomaespuma para que se quede todo más ajustado.



*Ilustración 69 Pérdida de lechada de hormigón en junta de hormigonado.2006.Raúl López*



*Ilustración 70 Goma espuma para evitar pérdida de lechada de hormigón.2016.Salas*

#### **4.- Asistencia Técnica**

A la hora de firmar el contrato con la casa de alquiler de los encofrados hay que tener incluido una Asistencia Técnica. Ante cualquier adversidad, duda o avería del sistema empleado, debe de ser solucionado antes de las 24 horas de su comunicación, ya que si no es así se producirían retrasos de obra y sobrecostos que deberían ser asumidos por la empresa suministradora.

#### **5.- Comprobación de la resistencia del hormigón**

Cada uno de los encofrados Autotrepantes tiene un peso determinado y ejerce unos esfuerzos a los anclajes que conectan a las pantallas de

hormigón. Por eso es importante conocer la resistencia mínima que tiene que cumplir el hormigón, para poder realizar maniobras de trepado. Es por ese motivo que las casas de los encofrados indican en cada uno de los planos este requisito.

**Resistencia de hormigón necesaria para SKE 50**

- Cargas en el anclaje:

La resistencia del hormigón  $f_{cm}$  debe ser por lo menos 10 N/mm<sup>2</sup> según la DIN 1045-1 ! (probeta cúbica de 150mm)

La desviación de las cargas en el hormigón se comprobará por separado por un calculista.

---

**TORRE LUGANO**

Plano de desarrollo  
para SKE 50 con Pórtico

Firma:	Plano de ejecución
<b>EDIFESA</b>	para ejecución no vinculada
Baustellenfreigabe zur Ausführung: Datum, Name, Unterschrift	
Gezeichnet: Mayrhofer Christoph	18.04.2005
Geprüft: Alexander Hirsch	21.04.2005
Geändert:	
	Plan-Nr.: <b>320-406790-1305(esp)</b>
	Maßstab: 1:50

Doko Industrie GmbH  
 Arnstetten, Abteilung Technik & Sonderprojekte  
 A-3300 Arnstetten, Reichsstraße 23  
 Tel.: +43/(0)7472/605-2655 Fax: -3

Die vorliegende Bewehrungs-, Verankerungs- oder Ankerzeichnung ist verbindlich, struktiv und verpflichtend zum Sicht. Diese Zeichnung darf weder Dritten Personen noch Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Technische Änderungen sind vor. Diese Planung basiert auf den technischen Werten der Original DOKA-Produkte. Wir helfen dankend für die Planung.

Ilustración 71 Cajetín plano de montaje.2005.Doka

## **6.- Comprobación de la verticalidad de las pantallas**

Antes de cada hormigonado se comprobará la verticalidad y alineación de la misma, corrigiendo cualquier incidencia.



*Ilustración 72 Replanteo pantalla interior.2006.Raúl López*

## 9 Comparativa de Autotrepas con el sistema de trepas convencional

Los dos sistemas son similares, ya que ambos utilizan plataformas de trabajo para realizar las operaciones con seguridad y plataformas inferiores para mantenimiento, realización de otros trabajos y recuperación de materiales de propio sistema.

### Ventajas de los Autotrepas frente a los Trepas convencionales:

- Mayor seguridad ya que todas las plataformas de trabajo están totalmente cerradas evitando la caída de objetos, vértigos de los operarios y ser más estables a la acción del viento. Para su movimiento vertical y el cierre de los encofrados no es necesario la utilización de la grúa torre, ya que este sistema utiliza sistemas hidráulicos para su elevación. Por lo tanto evitamos cualquier problema por la utilización de la misma. Las trepas sí que utilizan este medio auxiliar para cambiar de nivel y para la utilización de los paneles de encofrados.
- Mayor rendimiento en el trabajo. En los Autotrepas al no utilizar la grúa torre y ser cada pantalla independiente se incrementa el ritmo de ejecución del conjunto de la obra.
- La sensación de seguridad y comodidad en el trabajo hace que los trabajadores incrementen su producción.
- Posibilidad de acoplar el distribuidor de hormigón al sistema de Autotrepa, por lo que también se evita el uso de la grúa torre para el hormigonado de las pantallas.



Desventajas de los Autotrepas frente a los Trepas:

- Sistema mucho más rígido y pesado.
- Se requiere personal más especializado y se necesita mayor control del sistema.
- Sistema de alquiler más caro.
- Al disponer los Autotrepas de un sistema hidráulico, estos son más susceptibles de estropearse.

## Capítulo 4. Mesas de encofrados y su utilización en Torre Lugano

Los sistemas tradicionales de encofrados compuestos de puntales, sopandas, porta sopandas, tableros de madera utilizados en la construcción de forjados exigen gran cantidad de mano de obra, al tener que mover muchos elementos y ser necesario el montaje y desmontaje de los mismos para cada una de las plantas o para cada una de las partes de forjado que se hormigone.

Por este motivo surge la idea de unir en un conjunto todas las partes integrantes del encofrado, de forma que pase de una posición a otra de manera sencilla y con el mínimo número de elementos que exijan su desmontaje. El elemento resultante es la mesa de encofrado, en su concepción se une la parte vertical (cimbra) con la parte horizontal (plancha de madera, generalmente) de forma que se desplace sin separar en ningún momento ambos elementos.

Con la tecnología de las Mesas se persigue industrializar la ejecución de los forjados, ya que permite colocar los mismos encofrados y en la misma posición para conseguir el producto final con la máxima seguridad y un buen acabado, reduciendo la necesidad de mano de obra, obteniendo así unos grandes rendimientos.

Se puede adaptar a la mayoría de la geometría y dimensiones necesarias en obra, puesto que las principales marcas comerciales disponen de una amplia gama de productos, siendo sus principales características el peso y las dimensiones de la mesa.

Para que la utilización de las Mesas de encofrados sea apropiada en una obra de edificación, ésta debe reunir los siguientes requisitos:

- La obra debe permitir un número suficiente de usos de las mesas y que sean lo más repetitivos posible.
- La obra debe tener una organización suficiente para programar y diseñar estos elementos desde antes de su primer uso.
- Se deben prever los medios necesarios para mover los elementos que constituyen las mesas.
- Las dimensiones de las mesas se deben establecer en función de los elementos repetitivos a hormigonar, utilizando otras soluciones para aquellos elementos singulares de la obra, con el fin de dar a las mesas el mayor aprovechamiento posible.

Este encofrado es adaptable a cualquier tipo de losa, dejando un gran acabado superficial con gran rendimiento de ejecución y seguridad.

En los siguientes apartados voy a desarrollar todos los pasos a seguir desde que se ha decidido la utilización de este sistema de encofrado, hasta la culminación de la estructura haciendo un estudio exhaustivo del mismo, poniendo como ejemplo la construcción de edificio Torre Lugano de Benidorm.

## 1 Elección del tipo de encofrado

Para poder decantarnos por las Mesas de encofrados, previamente hemos tenido que analizar los puntos desarrollados en los apartados anteriores.

### 1.1 Condicionantes en la construcción de los edificios en altura.

Como se ha explicado antes, Torre Lugano se puede considerarse como edificio alto.

### 1.2 Análisis del proyecto

Como ya se ha indicado en el apartado de Autotrepas, toda la estructura es de hormigón armado siendo los forjados losas de canto 28 cms. Hay treinta y seis plantas tipo y seis plantas técnicas de geometría distinta a las primeras.

Un punto singular de la estructura es una pantalla doble curva de hormigón que va creciendo y disminuyendo hacia fuera del borde del forjado conforme va creciendo el edificio, por lo que se necesitaría de un sistema para poder trabajar y apoyar los encofrados.

La altura de las plantas tipo es de 2.72 m y las técnicas de 3.78 m.

Con estos datos y viendo los planos, el sistemas de Mesas de encofrado es apropiado para este proyecto.



Ilustración 73 Plano Mesas de encofrado planta tipo.2005.Doka

### 1.3 Plazos de ejecución

Con el sistema de Mesas elegido los plazos de ejecución de la estructura se acortan, ya que una vez enganchada la mesa por la grúa torre, esta la transporta hasta su posición, reduciendo tiempos de movimiento de material.

Dependiendo de cada proyecto se podrá desencofrar en periodos cortos de tiempo (2-3 días) desde su hormigonado, dejando totalmente libre y limpia la planta inferior a falta de algún puntal de re-

apuntalamiento. Se tendría que realizar por parte del calculista del proyecto un estudio más minucioso para concretar estos datos.

*(Ver Anexo nº 3 Esquema de cimbrado y descimbrado de forjados en Torre Lugano)*

#### 1.4 Sistemas de encofrados.

Vistos los distintos sistemas de encofrados que existen en el mercado, se eligió las Mesas de encofrado para la ejecución del edificio a partir de la segunda planta, que es a partir de ese nivel cuando empiezan las plantas tipo. Para el primer forjado se eligió el encofrado continuo compuesto de sopandas, porta sopandas, tableros y puntales de 5.00 m



*Ilustración 74 Mesa de encofrado.2016.Peri*



*Ilustración 75 Encofrado continuo.2016.Hijansa*

### 1.5 Petición de ofertas y adjudicación

Al igual que se ha desarrollado anteriormente, una vez elegido los sistemas de encofrados se procede a la petición de ofertas a las empresas que disponen de ellos. Cada una de ellas prepara su oferta con los detalles constructivos adaptados a nuestro proyecto.

Para la adjudicación de la obra no solo se tendrá en cuenta el factor económico sino además el servicio a la obra, asistencia técnica y acople a nuestro proyecto de su producto.

La empresa adjudicataria preparará con antelación todos los planos de montaje de las Mesas de encofrados, y con tiempo suficiente se mandará el material, equipo de montaje y monitores para tenerlo todo preparado para empezar a utilizarlos. Otra opción es llevar todo el sistema ya montado a falta de colocar los soportes y barandillas de seguridad, que se montarán en obra. Esta segunda opción conlleva un mayor número de transportes.

## 2 Descripción de sistema

Las Mesas de encofrado es un sistema compuesto por una parte horizontal generalmente de madera y una parte vertical compuesta de puntales o cimbra, que se utilizan para la ejecución de forjados normalmente de losas.

Para desencofrado y traslado de la mesa hasta el borde de forjado, se utilizará un carro preparado para tal fin. Una vez en el borde se enganchará a una percha cogida a la grúa torre para trasladarla hasta su posición final.

El sistema de Mesas de encofrado es adaptable a cualquier tipo de losa y distribución geométrica, pudiéndose incluso prepararse para el encofrado de forjados con vigas de cuelgue. Es Idóneo para obras de edificación en las que la disposición en planta es repetitiva, en edificios en altura y donde se tenga altas exigencias de acabado, seguridad y rendimiento.



Las principales características son:

-Trasladable de una zona a otra sin desmontar, minimizando posibles riesgos durante montaje y desmontaje.

-Rapidez de encofrado, desencofrado y movimiento de material y requiere menos mano de obra: grandes rendimientos.

-No se desmontan puntales durante el desencofrado o traslado de mesas, gracias a su cabezal basculante.

-Fácil puesta a cota y nivelación de las Mesas con pocos puntales.

-Poder preparar Mesas con dimensiones predefinidas o soluciones específicas, según necesidades.

-Apeo posible con puntales o mediante cimbras.

-Remates sencillos (apoyo de tableros sobre vigas salientes de las mesas).

-Ejecución de vigas de cuelgue, capiteles u otras geometrías en losas.

-Solución de voladizos sencilla y segura, gracias a la disposición de puntales.

-Compatibilidad con otros encofrados

-Montaje del encofrado (con tablero) y barandillas a nivel de suelo, salvo labores de remate en altura.

-Barandillas incorporadas en las mesas perimetrales durante todo el proceso.

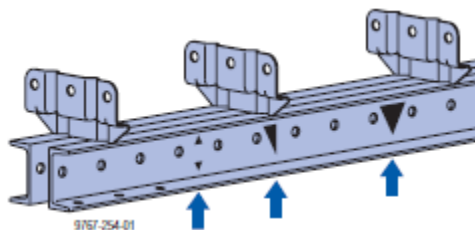
-Elementos fijados de principio a fin de obra. Imposibilidad de caída.

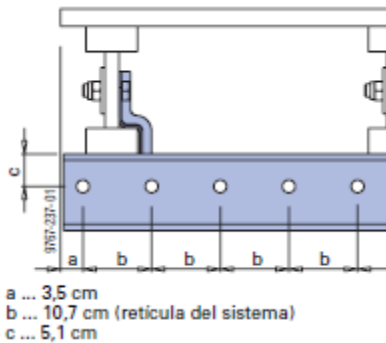
### 3 Elementos de las Mesas de encofrado

El sistema está formado por un entramado de vigas primarias y vigas secundarias de reparto unidas entre sí para darle mayor rigidez. Sobre las primeras se colocará el revestimiento de madera que será la parte de contacto con el hormigón.



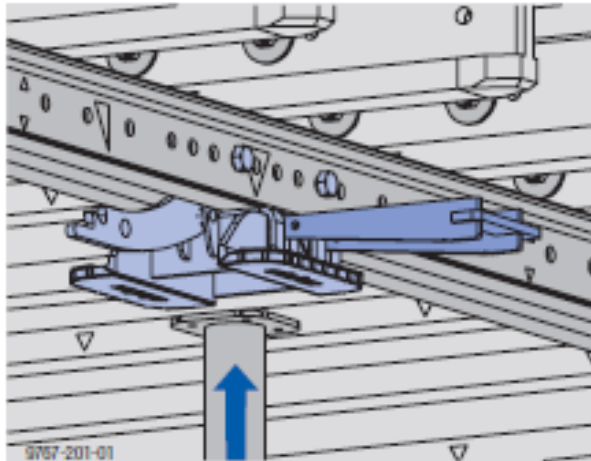
*Ilustración 76 Entramado de vigas primarias y secundarias.2016.Doka*





*Ilustración 77 Unión entre vigas principales y secundarias.2016.Doka*

Todo este conjunto se sustentará mediante puntales telescópicos que estarán unidos al mismo mediante cabezales fijos o abatibles en una o dos direcciones. Con estos últimos podremos evitar con facilidad cualquier obstáculo existente en el forjado como pueden ser materiales, barandillas de seguridad o cualquier otro elemento en el momento de sacar la mesa del forjado.



*Ilustración 78 Cabezal unión de la plataforma horizontal con los puntales.2016.doka*



*Ilustración 79 Cabezal y puntal telescópico de la Mesa de encofrado.2006.Raúl López*

Para asegurar la estabilidad de las mesas de borde, se colocará un tirante enganchado al forjado. También se podrá colocar barandillas de seguridad fijas si se considera oportuno.

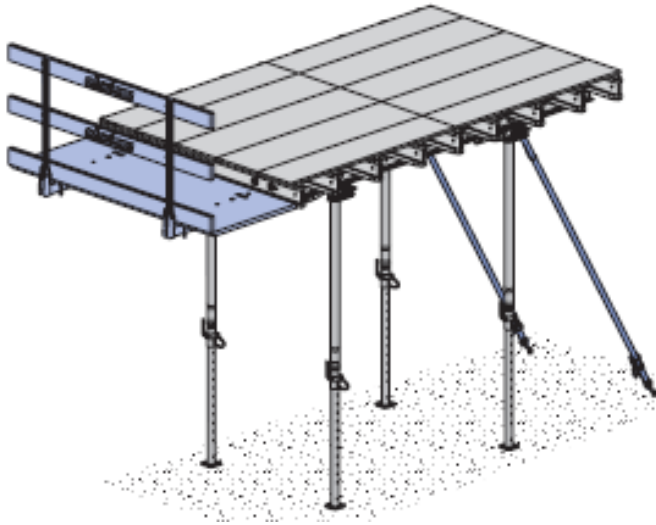


Ilustración 80 Mesa de borde con barandilla de seguridad.2016.Doka

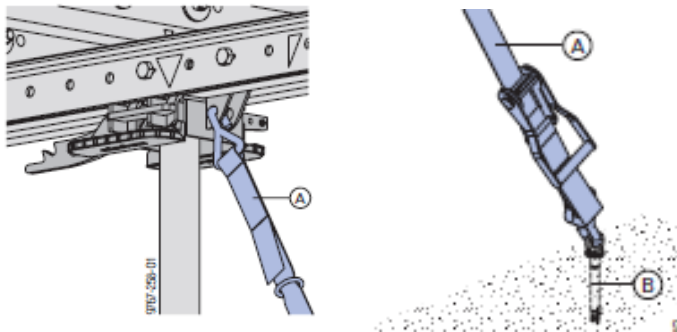
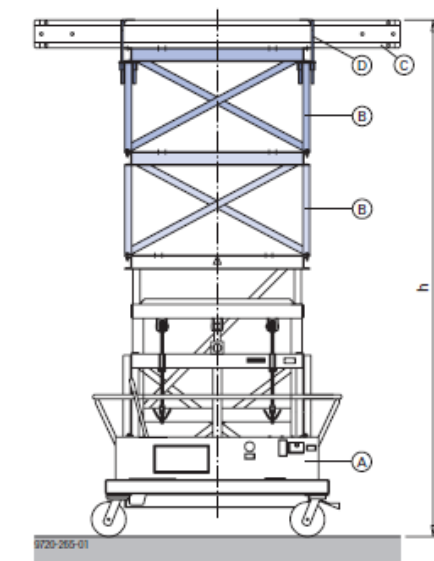


Ilustración 81Detalle de tirante en la mesa de borde.2016.Doka

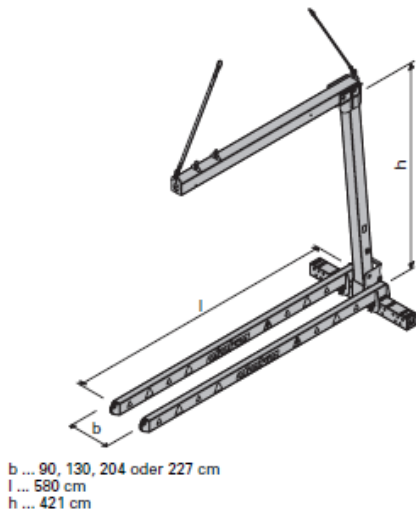
Para el traslado de la mesa hasta la posición de poder ser enganchada con la grúa torre mediante la percha, se utilizará un carro específico para realizar ese trabajo.



- A** Carro de desplazamiento DF
- B** Marco de extensión DF
- C** Viga de distribución (viga Doka H20 2,65m)
- D** Brida de fijación 8

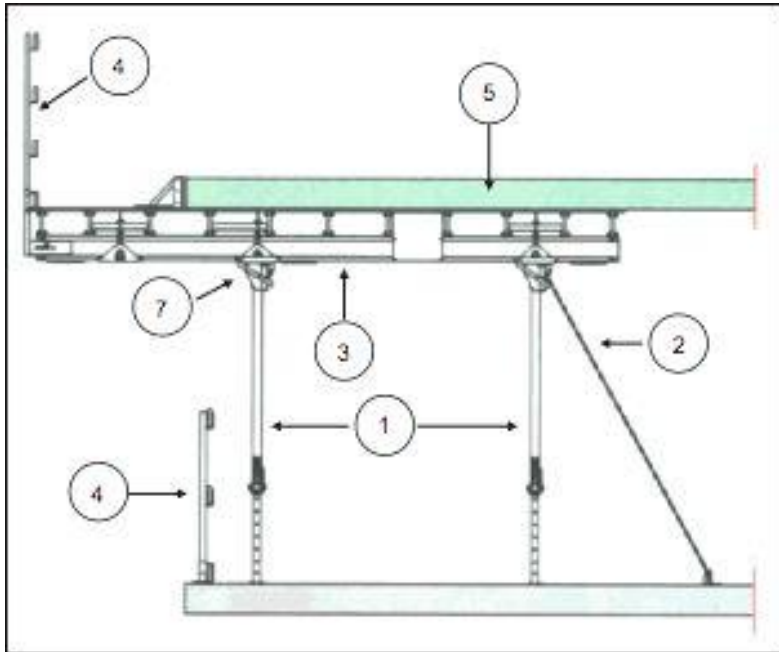


*Ilustración 82 Carro desplazamiento de mesas.2016.Doka*



*Ilustración 83 Horquilla de desplazamiento con grúa.2016.Doka*





*Ilustración 84 Partes de una Mesa.2016.Alsina*

1. Puntales
2. Tirante antivuelco colocado en mesas de borde
3. Mesa
4. Barandilla
5. Hormigón vertido
6. Viga
7. Cabezal abatible

## 4 Proceso del montaje

Las mesas es un sistema de encofrado pre-montado con todos sus elementos, que para su utilización de una planta a otra es solo un traslado del mismo, sin tener que desmontar el sistema.

Este pre-montado puede llegar a la obra ya realizado lo que origina mayor número de transporte o hacer este trabajo en un lugar dentro de la misma.

Si se opta por esta opción con el estudio de la obra ya hecho, la empresa de alquiler suministra todo el material desmontado a la obra, envía a los monitores que junto con el personal de obra, realizan el montaje de las mesas.

### 4.1 Subida de mesas

Después de haber realizado las pantallas de hormigón con la planta totalmente limpia y con las barandillas de borde de forjado montadas, se procederá al izado de las mesas de encofrado mediante la horquilla enganchada a la grúa torre.

Se empezará a disponer el encofrado desde las posiciones del centro de la planta hacia el exterior y dando prioridad a las que estén pegadas a las pantallas.



*Ilustración 85 Sacado de Mesas hasta el borde del forjado.2006.Raúl López*



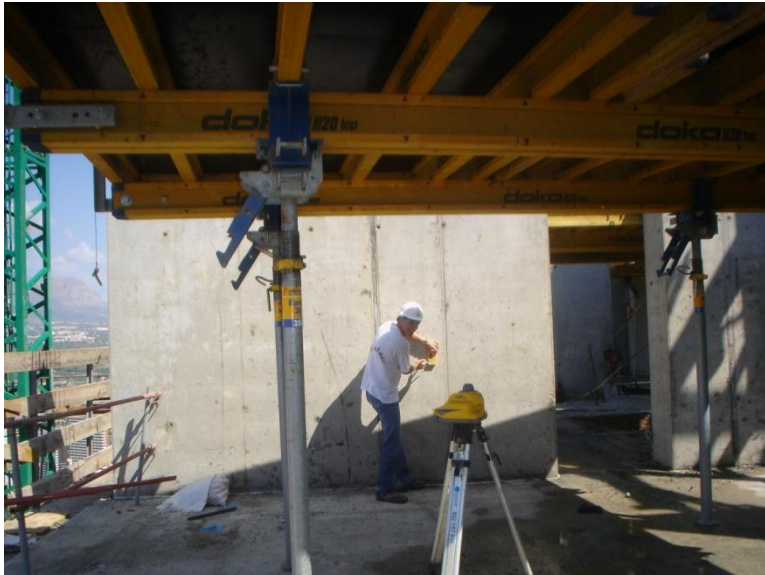
*Ilustración 86 Enganche de la Mesa con la Horquilla.2006.Raúl López*



*Ilustración 87 Traslado de la Mesa hasta el forjado superior.2006.Raúl López*

#### 4.2 Nivelación de mesas

Una vez subidas todas las mesas se procederá al nivelado de las mismas. Para ello con ayuda del nivel laser se marcará la referencia en todas las pantallas ya ejecutadas y subiremos o bajaremos la altura con la rosca que tiene los puntales. A continuación anclaremos bien las mesas para que no se muevan.



*Ilustración 88 Nivelación de Mesas con el nivel láser.2006.Raúl López*

### 4.3 Remates.

Para facilitar el montaje y desmontaje de las mesas hay que dejar una holgura entre ellas y junto a los soportes verticales. Estos huecos dejados se rematarán con tableros de madera.

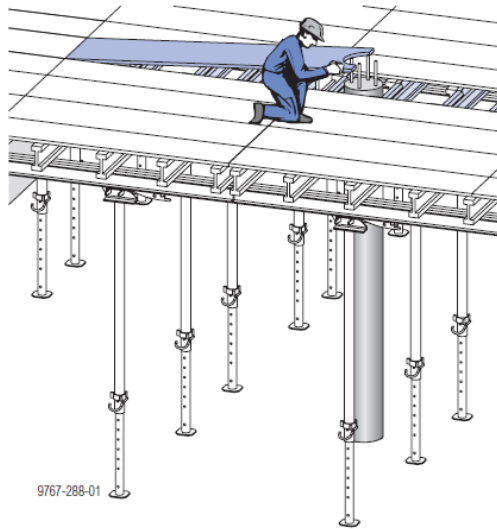


Ilustración 89 Remates entre Mesas.2016.Doka

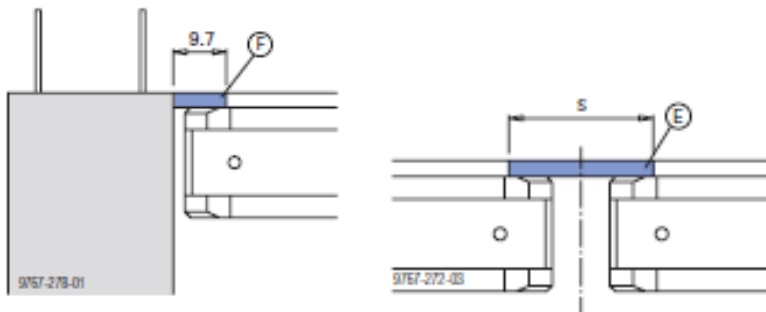
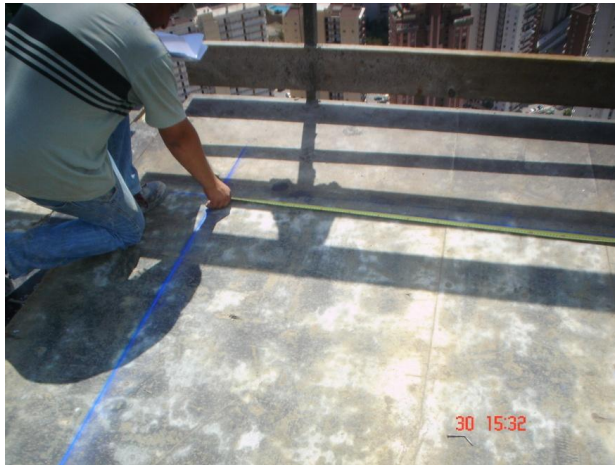


Ilustración 90 Remates con otros elementos.2016.Doka

#### 4.4 Replanteo

Una vez realizado todo el entablado y finalizado los remates se procederá el replanteo del forjado con todos los elementos singulares, parapastas, huecos de paso, ferralla, etc.



*Ilustración 91 Replanteo de forjado encima de las Mesas.2006.Raúl López*

#### 4.5 Montaje de ferralla, parapastas y hormigonado

Ahora ya está preparado todo para montar la ferralla, parapastas y hormigonado del forjado.





*Ilustración 92 Forjado planta técnica previo al hormigonado.2007.Raúl López*

#### 4.6 Desencofrado

Para poder desencofrar las mesas hay que tener la certeza de que el hormigón de la losa ha alcanzado la resistencia requerida, dato que debe de dar el calculista de la estructura en cada proyecto. Para ello no ayudaremos de la rotura de probetas a 2,3 o a los días que sean necesarios.

La primera tarea que hay que hacer es quitar los parapastas y todos los elementos que han contribuido para estabilizar las mesas y los remates de madera.

Para el desencofrado aflojaremos la rosca que hay en los puntales y utilizaremos el carro de desplazamiento de mesas. Para ello previamente debemos introducirlo dentro de la planta a trabajar.

Para reducir tiempos de desencofrado y montaje de las mesas debemos de intentar realizar este trabajo a la vez, por lo que deberemos sacar las primeras mesas que vayamos a colocar en el nivel superior. Para ello tenemos que realizar un pasillo sin encofrado, para que con la ayuda del carro desplazar las mesas que necesitemos, llevarla hasta el borde, engancharla con la horquilla y subirla con la grúa torre hasta su posición definitiva en el nivel superior.

Este proceso se repetirá hasta completar la planta.



*Ilustración 93 Planta con Mesas previo a su desencofrado.2006.Raúl López*

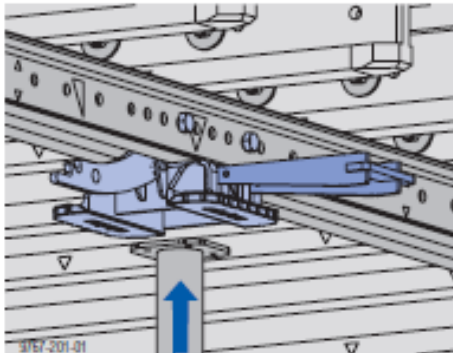
#### 4.7 Cambio de altura en la planta.

El proceso descrito anteriormente se repetirá hasta que lleguemos a una planta que la altura se incremente con respecto a la anteriores (en este proyecto ocurre en las plantas 10,20,30,40,41 y 42 en el que la altura libre entre forjados pasa de 2.62 a 3.78 m). También en estas plantas cambia la geometría de la planta.

Para el cambio de altura de la planta se seguirá el siguiente proceso:

Una vez que tengamos cada una de las mesas sujeta con la grúa torre, se procederá a cambiar los puntales por otros de hasta 4,00 m. Esta operación es sencilla y solo requiere unos minutos.

Una vez terminada de ejecutar esta planta técnica se volverla a realizar el mismo proceso volviendo a colocar los puntales de 3.00 m.



*Ilustración 94 Esquema cambio de puntales.2016.Doka*

Para el cambio de geometría de la planta se seguirá el siguiente proceso:

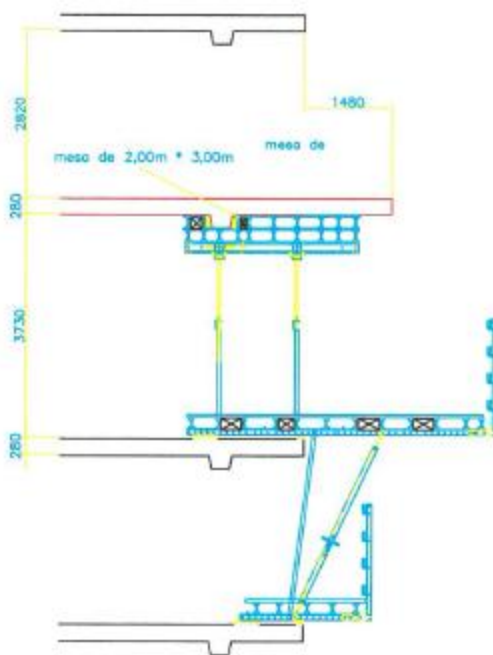
Como la geometría de la planta cambia, ampliando su geometría hacia el exterior, tenemos que disponer en dos plantas inferiores plataformas auxiliares de apoyo, poder colocar la nueva mesa sobre una superficie estable.



*Ilustración 95 Plano de Mesas en planta técnica*

La primera plataforma que se colocará será en la misma planta que hemos estado sacando las mesas. Esta se atornilla en el mismo forjado en el que estaban hasta ahora apoyadas las mesas.

La segunda plataforma se colocará sobre el forjado último que hemos hormigonado en su parte superior atornillada al mismo. Esta última apoyará en su parte volada en la plataforma inferior.

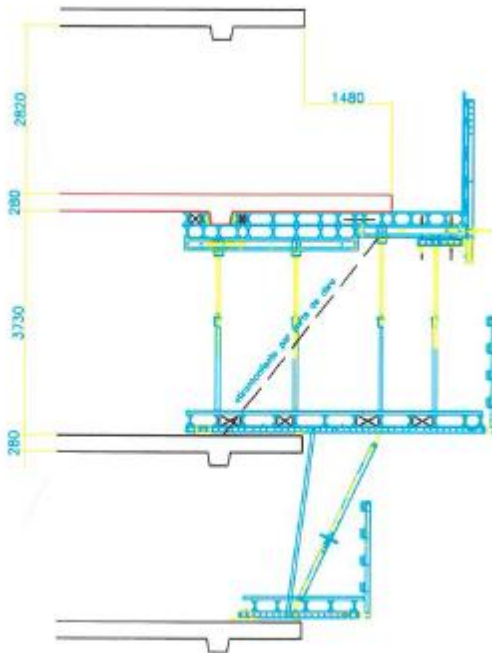


*Ilustración 96 Esquema montaje de plataformas 1 y 2ª fase. 2005. Doka*



*Ilustración 97 Plataforma de apoyo Mesas dos niveles inferiores.2006.Raúl López*

Ahora ya con la bases de apoyo para las mesas realizado, se puede completar el montaje del encofrado con mesas nuevas para esta planta.



*Ilustración 98 Esquema montaje mesa encima de las plataformas.2005.Doka*

Este proceso se repetirá cada vez que lleguemos a una planta técnica.

## 5 Utilización de las mesas para otros fines.

En este caso en concreto, se ha utilizado este sistema para tener una plataforma de apoyo para poder apoyar el encofrado de la pantalla tipo vela y para poder tener una superficie de trabajo para el montaje de la misma.



*Ilustración 99 Encofrado de Mesas para ejecución de la Vela.2006.Raúl López*

Para la ejecución de la parte final del pico de la vela en la planta de cubierta se sustituido el sistema de puntales por cimbra, pero la superficie horizontal es igual.





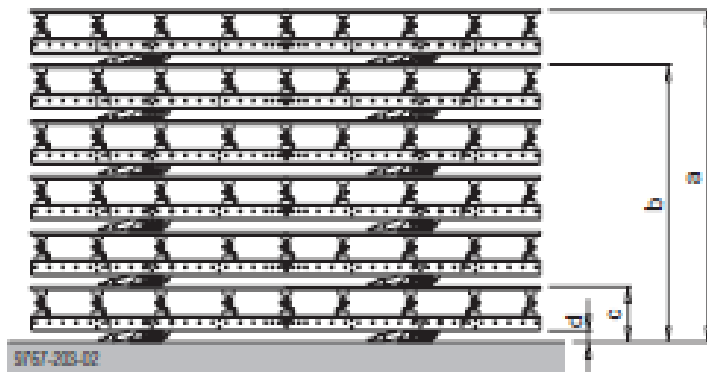
*Ilustración 100 Encofrado de Mesas con soportes cimbra para ejecución del pico de la vela.2007.Raúl López*



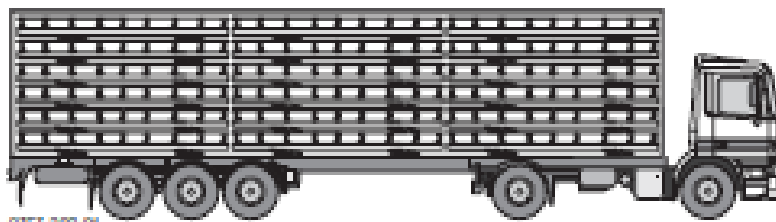
*Ilustración 101 Culminación del pico de la vela.2007.Raúl López*

## 6 Desmontaje de las mesas y devolución del material

Ya terminada la estructura, se bajan las mesas con la ayuda de la grúa torre hasta la zona destinada de taller para el desmontaje de las mismas y proceder a su devolución.



*Ilustración 102 Apilado de Mesas para su transporte.2016.Doka*



*Ilustración 103 Transporte del material*

## Capítulo 5. Conclusiones

Hoy en día las tecnologías han avanzado de forma que es posible la realización de construcciones que hace años eran impensables. Es por ello y apoyándonos en nuestros conocimientos adquiridos por lo que debemos de aprovecharnos de todos los medios disponibles a nuestro alcance para realizar cualquier tipo de obra.

No hay un encofrado mejor o peor que otro sino, que cada uno se adapta mejor a la construcción a realizar. Pongamos un ejemplo:

*Para la realización de una estructura de una vivienda independiente de dos alturas ¿podríamos decir que el encofrado de Mesas es peor que uno de entablado continuo de sopandas, porta sopandas, regleta y tablero?*

*La respuesta NO ES QUE SEA PEOR, sino que es un sistema más complejo que necesita un estudio previo, hay que preparar las Mesas para adaptarse a la obra y su precio es más elevado que el de entablado continuo. Para este tipo de obra de dos forjados de dimensiones pequeñas, el coste no se va a amortizar por lo tanto no es el idóneo en este caso.*

Por todo lo desarrollado en este trabajo se puede decir que para la construcción de edificios en altura con una geometría y altimetría

bastante repetitiva, los Autotrepas y las Mesas de encofrado pueden ser los apropiados. Como he repetido en varias ocasiones en este TFG, hay que analizar el proyecto que vayamos a ejecutar, antes de tomar cualquier decisión en cuanto al encofrado a utilizar.

Nosotros como Responsables de la ejecución de las obras, tenemos la obligación de tener por lo menos una idea general de los sistemas de encofrados que existen en el mercado, para poder decidirnos y profundizar más en el que creamos más conveniente de utilizar.

Con este trabajo he intentado crear un documento-guía, que pueda servir de consulta a cualquier profesional que tenga la necesidad de conocer cómo se gestiona la elección de los encofrados en los edificios de gran altura. Todo ello visto desde el punto de mira personal y bajo los conocimientos adquiridos en la utilización de los mismos en la construcción del edificio Torre Lugano, uno de los más altos de España.

## Capítulo 6. Referencias Bibliográficas

DOKA. Doka climbing System. <https://www.doka.com/en/system-groups/doka-climbing-systems/automatic-climbing-formwork/xclimb60/index>

Doka. Catálogo de encofrados Doka

OSALAN. Guía práctica de encofrados

DOKA. Mesa Dokamatic. <https://www.doka.com/es/system-groups/doka-floor-systems/tableforms/dokamatic-table/index>

DOKA. Industrialización de la obra con modernos Sistemas de encofrados.

[http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/jornadaes/35/industrializaci%C3%B3n de la obra con modernos sistemas de encofrados i.pdf](http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/jornadaes/35/industrializaci%C3%B3n%20de%20la%20obra%20con%20modernos%20sistemas%20de%20encofrados%20i.pdf)

ULMA. Mesa VR

PERI. <http://www.peri.es/>

ALSINA. <http://www.alsina.com/encofrado/>

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relativos a la utilización de los Equipos de Trabajo

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=5f644344952d5110VgnVCM10000dc0ca>

[8c0RCRD&vgnnextchannel=1d19bf04b6a03110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&tab=tabConsultaCompleta#](#)

CTE: Código Técnico de la Edificación

CGC: Convenio General de la Construcción

# Capítulo 7. Índice de Figuras

Ilustración 1	Ejemplo de las primeras construcciones.2005.Ateespana .	10
Ilustración 2	Burj Khalifa,Dubái,828 m de altura.2016.Taringa .....	10
Ilustración 3	Encofrado de cartón para pilar redondo.2016.Viudavilla .	20
Ilustración 4	Encofrado de pilar cuadrado metálico.2008.Alsina.....	21
Ilustración 5	Encofrado de pilar de aluminio. 2016.Peri .....	22
Ilustración 6	Encofrado pilar redondo de fibra de vidrio.2008.Alsina ...	23
Ilustración 7	Encofrado de madera.2016.Masmanitas .....	24
Ilustración 8	Encofrado de pilares de plástico.2016.Clarin .....	25
Ilustración 9	Tablero con relieve.2006.Doka.....	26
Ilustración 10	Encofrado metálico de muro.2008.Alsina .....	27
Ilustración 11	Encofrado de muro de plástico.2016. Clarín .....	27
Ilustración 12	Encofrado de muro con marco de aluminio.2016.Raresin. .....	28
Ilustración 13	Componentes del encofrado de trepas.2016.Ulma .....	29
Ilustración 14	Consola trepante.2008.Alsina.....	30
Ilustración 15	Estructura realizada con Autotropa, Torre Lugano.2006.Raúl López.....	31
Ilustración 16	Encofrado para forjado reticular.2008.Alsina .....	32
Ilustración 17	Vista inferior una vez recuperado el encofrado reticular.2008.Alsina.....	33
Ilustración 18	Encofrado de Entablado con Soportes.2008.Alsina.....	34
Ilustración 19	Apoyo tablero en sopandas.2008.Alsina .....	34
Ilustración 20	Apoyo tablero en portasopanda.2008.Alsina .....	34
Ilustración 21	Recuperación encofrado.2008.Alsina.....	35
Ilustración 22	Encofrado ligero para forjado.2016.Peri .....	36



Ilustración 23 Panel de encofradoligero.2016. Peri .....	36
Ilustración 24 Encofrado de Mesas.2008.Alsina.....	37
Ilustración 25 Vista panorámica Torre Lugano.2006.Raúl López .....	39
Ilustración 26 Cimentación Torre Lugano. 2005.Raúl López .....	41
Ilustración 27 Plano cimentación Torre Lugano.2004. Edifesa .....	42
Ilustración 28 Plano Sótano 4º. Torre Lugano.2004. Edifesa .....	43
Ilustración 29 Plano estructura planta tipo.2005.Edifesa .....	44
Ilustración 30 Plano estructura planta técnica.2005.Edifesa .....	45
Ilustración 31 Esquema sección Torre Lugano.2005.Raúl López.....	46
Ilustración 32 Vista panorámica Torre Lugano.2005.Raúl López .....	47
Ilustración 33 Muro metálico. 2016. Doka .....	48
Ilustración 34 Encofrado pantallas interiores.2005.Raúl López .....	49
Ilustración 35 Sección trepa con perchas.2005.Doka.....	52
Ilustración 36 Esquema tipo Autotrepa.2005.Doka .....	54
Ilustración 37 Grupo hidráulico Autotrepas.2006.Doka.....	55
Ilustración 38 Plataforma de llenado hormigón Autotrepa.2006.Raúl López.....	56
Ilustración 39 Plataforma de trabajo Autotrepa.2006. Raúl López.....	56
Ilustración 40 Plataforma de trepado.2006. Torre Lugano .....	57
Ilustración 41 Plano se distribución de agujeros, Autotrepas. 2005. Raúl López.....	59
Ilustración 42 Berenjeno de plástico para juntas.2016. La casa de la construcción. ....	59
Ilustración 43 Berenjeno de plástico colocado en el encofrado.2016.Raúl López.....	60
Ilustración 44 Esquema primer llenado pantalla planta baja.2005.Doka .....	61
Ilustración 45 Esquema montaje 2ª fase Autotrepas.2006 Doka.....	63
Ilustración 46 Pantallas de p. baja. Torre Lugano.2006. Raúl López .....	64

Ilustración 47	Plano ubicación de agujeros en planta baja.2005.Doka...	65
Ilustración 48	Esquema 3,4 y 5ª fase montaje Autotrepas.2005.Doka..	66
Ilustración 49	Nervometal.2016.Útiles.....	67
Ilustración 50	Hormigonado primer forjado.2006.Raúl López .....	68
Ilustración 51	Esquema 7ª fase montaje Autotrepas.2016.Doka .....	69
Ilustración 52	Vista panorámica 2º forjado.2006.Raúl López .....	70
Ilustración 53	Vista panorámica edificio en planta tipo.2005.Raúl López .....	71
Ilustración 54	Pantallas forjado tipo.2005.Raúl López .....	72
Ilustración 55	Esquema 1ª fase trepado en planta técnica.2015.Doka..	74
Ilustración 56	Esquema 2 y 3ª fase trepado en planta técnica.2005.Raúl López.....	76
Ilustración 57	Vista panorámica p. técnica.2006. Raúl López .....	77
Ilustración 58	Esquema fase 4,5 y 6ª trepado planta técnica.2005.Doka .....	78
Ilustración 59	Fase de trepado planta técnica nº 41.2006.Raúl López ..	80
Ilustración 60	Vista planta técnica.2006.Raúl López. ....	81
Ilustración 61	Proceso desmontaje Autotrepas.2007.Raúl López.....	83
Ilustración 62	Bajada de parte del Autotrepa con la ayuda de la grúa torre.2007.Raúl López .....	84
Ilustración 63	Ajuste de la plataforma Autotrepa del distribuidor del hormigón.2005.Doka .....	85
Ilustración 64	Distribuidor de hormigón.2006.Raúl López.....	86
Ilustración 65	Conexión del distribuidor de hormigón al Autotrepa.2006.Raúl López.....	86
Ilustración 66	Tubería de bombeo dirigida al brazo distribuidor del hormigón.2006.Raúl López.....	87
Ilustración 67	Falta de limpieza en los encofrados.2006.Raúl López .....	89

Ilustración 68 Madera encofrado deteriorado Autotrepa.2007.Raúl López.....	90
Ilustración 69 Pérdida de lechada de hormigón en junta de hormigonado.2006.Raúl López.....	91
Ilustración 70 Goma espuma para evitar pérdida de lechada de hormigón.2016.Salas .....	92
Ilustración 71 Cajetín plano de montaje.2005.Doka .....	93
Ilustración 72 Replanteo pantalla interior.2006.Raúl López .....	94
Ilustración 73 Plano Mesas de encofrado planta tipo.2005.Doka .....	100
Ilustración 74 Mesa de encofrado.2016.Peri .....	101
Ilustración 75 Encofrado continuo.2016.Hijansa .....	102
Ilustración 76 Entramado de vigas primarias y secundarias.2016.Doka .....	105
Ilustración 77 Unión entre vigas principales y secundarias.2016.Doka .....	106
Ilustración 78 Cabezal unión de la plataforma horizontal con los puntales.2016.doka .....	107
Ilustración 79 Cabezal y puntal telescópico de la Mesa de encofrado.2006.Raúl López.....	108
Ilustración 80 Mesa de borde con barandilla de seguridad.2016.Doka .....	109
Ilustración 81Detalle de tirante en la mesa de borde.2016.Doka.....	109
Ilustración 82 Carro desplazamiento de mesas.2016.Doka .....	110
Ilustración 83 Horquilla de desplazamiento con grúa.2016.Doka.....	111
Ilustración 84 Partes de una Mesa.2016.Alsina .....	112
Ilustración 85 Sacado de Mesas hasta el borde del forjado.2006.Raúl López.....	114
Ilustración 86 Enganche de la Mesa con la Horquilla.2006.Raúl López	115

Ilustración 87 Traslado de la Mesa hasta el forjado superior.2006.Raúl López.....	116
Ilustración 88 Nivelación de Mesas con el nivel láser.2006.Raúl López .....	117
Ilustración 89 Remates entre Mesas.2016.Doka.....	118
Ilustración 90 Remates con otros elementos.2016.Doka.....	118
Ilustración 91 Replanteo de forjado encima de las Mesas.2006.Raúl López.....	119
Ilustración 92 Forjado planta técnica previo al hormigonado.2007.Raúl López.....	120
Ilustración 93 Planta con Mesas previo a su desencofrado.2006.Raúl López.....	121
Ilustración 94 Esquema cambio de puntales.2016.Doka .....	122
Ilustración 95 Plano de Mesas en planta técnica .....	123
Ilustración 96 Esquema montaje de plataformas 1 y 2ªfase.2005.Doka .....	124
Ilustración 97 Plataforma de apoyo Mesas dos niveles inferiores.2006.Raúl López.....	125
Ilustración 98 Esquema montaje mesa encima de las plataformas.2005.Doka .....	126
Ilustración 99 Encofrado de Mesas para ejecución de la Vela.2006.Raúl López.....	127
Ilustración 100 Encofrado de Mesas con soportes cimbra para ejecución del pico de la vela.2007.Raúl López.....	128
Ilustración 101 Culminación del pico de la vela.2007.Raúl López.....	129
Ilustración 102 Apilado de Mesas para su transporte.2016.Doka .....	130
Ilustración 103 Transporte del material .....	130

## Anexos

*Anexo nº 1: CTE, Artículo 10 Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)*

*Anexo nº 2: Guía Práctica de Encofrados, Osalan ,Características Técnicas y Manipulación del Sistema Autotrepante*

*Anexo nº 3: Esquema de cimbrado y descimbrado de forjados*

*Anexo nº 4: Planos Montaje de Autotrepas en Torre Lugano*

*Anexo nº 5: Planos de Mesas de encofrado en Torre Lugano*

## Anexo nº 1

### *CTE, Artículo 10 Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)*

## Capítulo 3. Exigencias básicas

### Artículo 9. Generalidades

1. Los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad que la LOE establece en el apartado 1 b) y c) del artículo 3 como objetivos de calidad de la edificación, se desarrollan en el presente CTE, de conformidad con lo dispuesto en dicha Ley, mediante las exigencias básicas correspondientes a cada uno de ellos.
2. En los artículos siguientes se relacionan dichas exigencias básicas como prestaciones de carácter cualitativo que los *edificios* deben cumplir para alcanzar la calidad que la sociedad demanda. Su especificación y, en su caso, cuantificación establecidas en los Documentos Básicos que se incluyen en la Parte II de este CTE, determinan la forma y condiciones en las que deben cumplirse las exigencias, mediante la fijación de niveles objetivos o valores límite de la prestación u otros parámetros. Dichos niveles o valores límite serán de obligado cumplimiento cuando así lo establezcan expresamente los Documentos Básicos correspondientes. Además, los DB incluyen procedimientos, no excluyentes, cuya aplicación implica el cumplimiento de las exigencias básicas con arreglo al estado actual de los conocimientos.
3. Los términos que figuran en letra cursiva deben utilizarse conforme al significado que se establece para cada uno de ellos en el Anejo III.

### Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el edificio tiene un *comportamiento estructural adecuado* frente a las *acciones e influencias previsibles* a las que pueda estar sometido durante su *construcción y uso previsto*.
2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. Los Documentos Básicos "DB SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la edificación", "DB-SE-C Cimientos", "DB-SE-A Acero", "DB-SE-F Fábrica" y "DB-SE-M Madera", especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.
4. Las estructuras de hormigón están reguladas por la Instrucción de Hormigón Estructural vigente.

#### 10.1. Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen *riesgos* indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las *acciones e influencias previsibles* durante las fases de *construcción y usos previstos* de los *edificios*, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el *mantenimiento* previsto.

#### 10.2. Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el *uso previsto* del *edificio*, de forma que no se produzcan *deformaciones inadmisibles*, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un *comportamiento dinámico inadmisibles* y no se produzcan *degradaciones* o anomalías *inadmisibles*.

### Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios* de un *edificio* sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad





## Anexo nº 2

# Guía Práctica de Encofrados, Osalan, Características Técnicas y Manipulación del Sistema Autotrepante

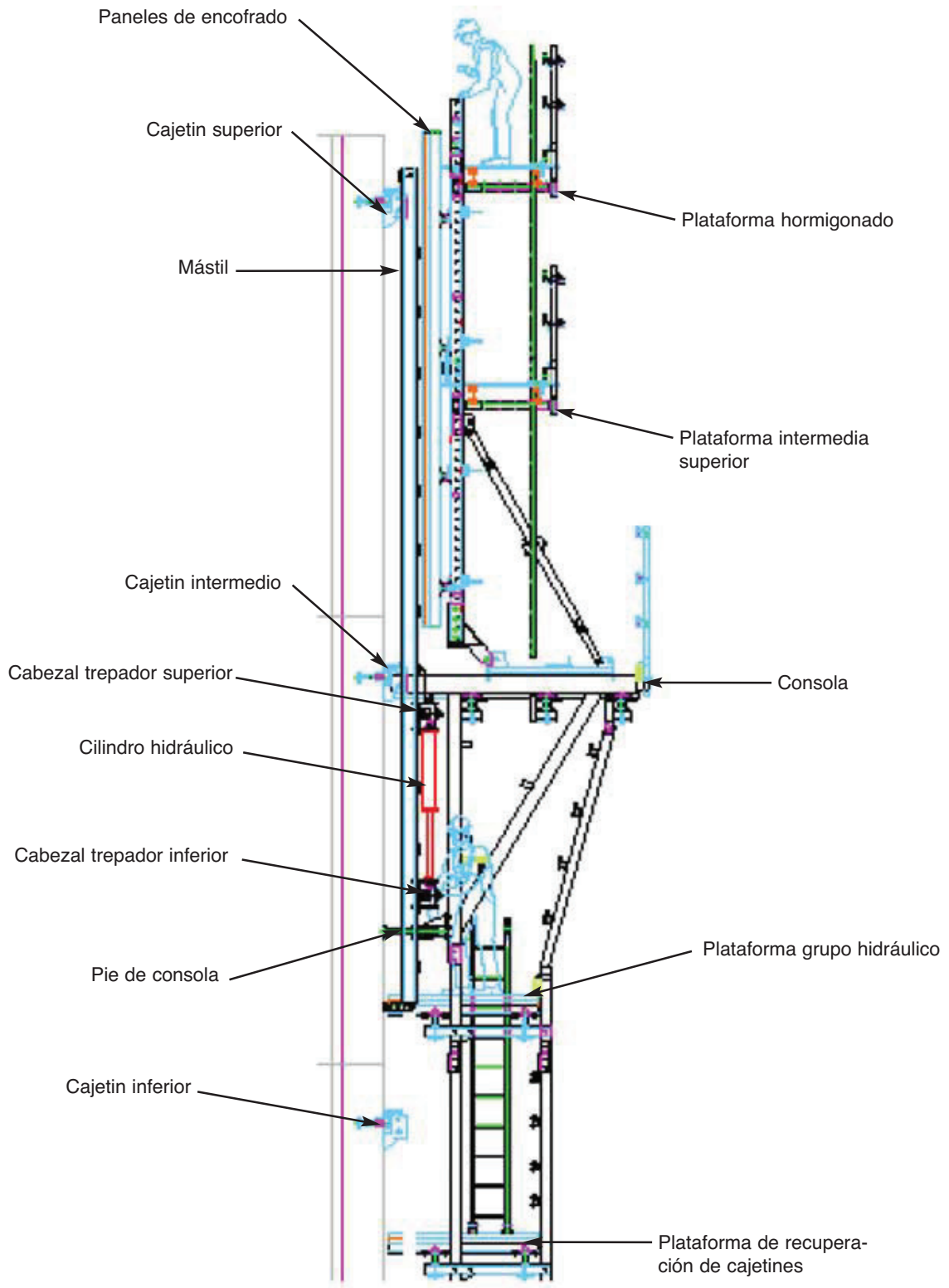
## 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y MANIPULACIÓN DEL SISTEMA AUTOTREPANTE

### 2.1. Secuencia de trabajo. Movimiento general del equipo autotrepante.

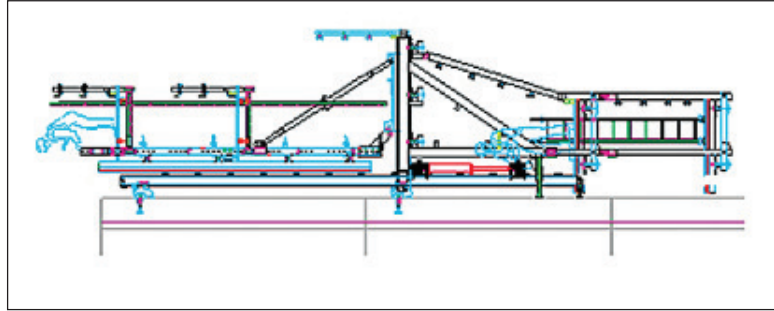
La secuencia general que hay que seguir en cada movimiento para subir el encofrado de una tongada ya hormigonada a la siguiente que está sin hormigonar es la siguiente:

- 1) Se desencofran los paneles de encofrado.
- 2) Se colocan los cajetines de anclaje en los conos que han quedado embebidos en el hormi-gón en la tongada anterior. Estos cajetines de anclaje son los que quedan en espera para soportar posteriormente tanto el mástil como las consolas o plataformas.
- 3) Se elevan los mástiles, hasta que quedan sujetos en los cajetines que se han dejado en espera en la parte superior.
- 4) Se recuperán los cajetines de anclaje y conos desde la plataforma de recuperación de conos.
- 5) Se elevan las consolas o plataformas hidráulicamente hasta apoyarlas en los cajetines de anclaje que han quedado en espera.
- 6) Aplicar desencofrante y ferrallar.
- 7) Se posiciona el encofrado y se hormigona.

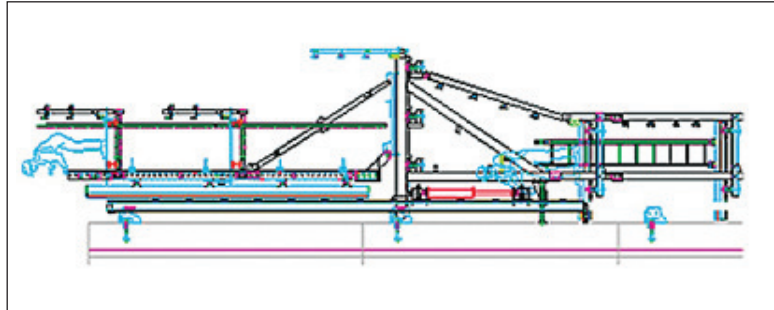




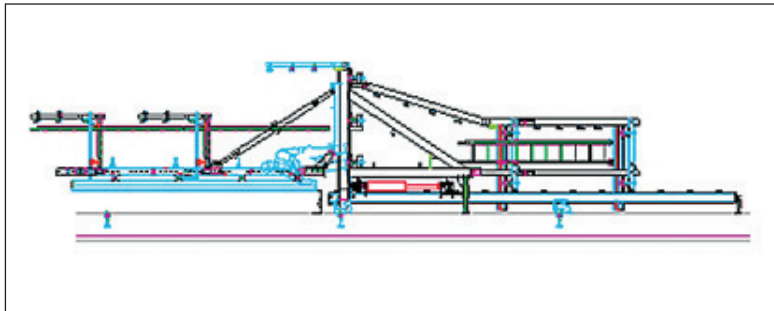
**SECUENCIA DE TRABAJO**



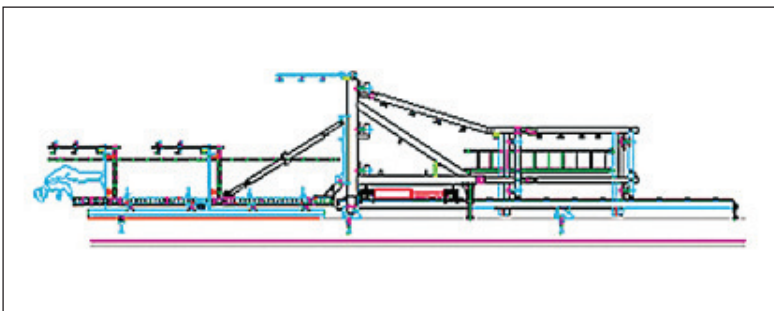
· Elevación Consola



· Colocación Cajetín Superior  
· Elevación Mástil  
· Recoger Cajetín Interior

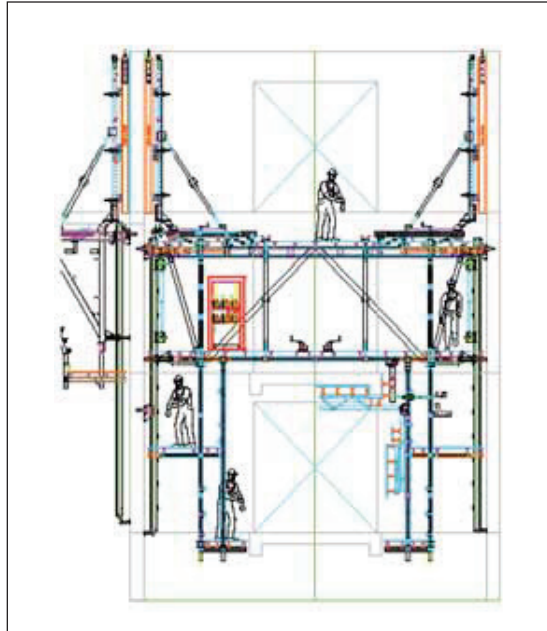


· Desencofrado



· Hormigonado

Existe una plataforma de recuperación interior desde la cual se van recuperando tanto los conos como los cajetines de anclaje.



## 2.2. Sistema de elevación

El sistema de elevación está compuesto básicamente por cabezales trepadores, cilindros hidráulicos, mástil y centrales hidráulicas. Mediante estos elementos se consigue elevar tanto los mástiles como las plataformas o consolas que componen el sistema autotrepante.





Existen dos tipos de cabezales trepadores, superiores e inferiores. El cabezal trepador superior se une solidariamente a la consola o estructura que se va elevar. Por otra parte, el cabezal trepador inferior va unido al superior a través del cilindro hidráulico. Ambos cabezales van guiados en el mástil, que a su vez está guiado tanto en la estructura como en los anclajes que se colocan en la pared.

El proceso de elevación se puede dividir básicamente en dos operaciones:

- Elevación del mástil. Se eleva el mástil de una posición de anclaje a la siguiente mientras la estructura se mantiene anclada al muro. Una vez elevado el mástil, se ancla al muro otra vez de forma que sirva de soporte para elevar la estructura.
- Elevación de estructura o consolas. Apoyándose en el mástil la estructura trepa en el muro hasta llegar a la siguiente posición de anclaje donde se une otra vez solidariamente al muro.



### Cabezales Trepadores

Son los elementos a través de los cuales el cilindro hidráulico transmite la carga para elevar la consola o el mástil según se requiera. También son los encargados de bloquear la consola o el mástil en el proceso de recuperación de los cilindros. La fuerza del cilindro hidráulico se transmite al mástil a través del contacto entre los bloques soldados, taco de apoyo, que lleva el mástil y el balancín que llevan los cabezales trepadores.



### Elevación de Mástil:

En la posición de elevación de mástil el balancín empuja a los bloques soldados del mástil para de esta forma transmitir la fuerza de elevación del cilindro.

Palanca o trinquete: Apunta hacia arriba.

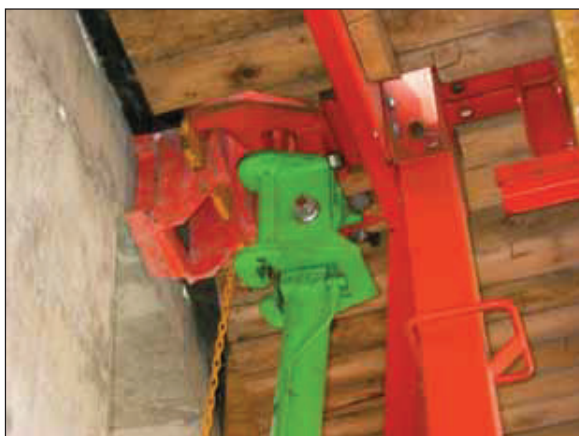
Posicionador de muelle: Orificio frontal inferior. Alineado con la palanca.

### Elevación Consola / Plataforma:

En la posición de elevación de consola o plataforma el balancín se apoya sobre los bloques soldados del mástil para de esta forma transmitir la fuerza de elevación del cilindro.

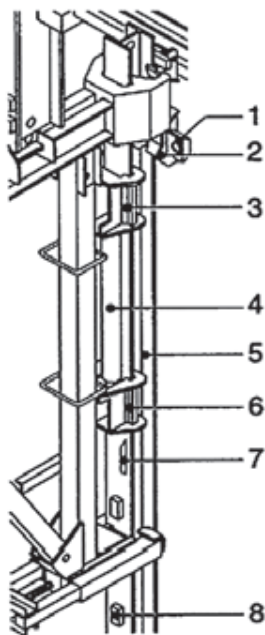
Palanca o trinquete: Apunta hacia abajo.

Posicionador de muelle: Orificio frontal superior. Alineado con la palanca.



Requisitos para realizar los movimientos de elevación.

- Antes de empezar el movimiento hay que asegurarse de que los mástiles y las superficies de los cabezales trepadores y consolas o plataformas que están en contacto con los mástiles están limpias y engrasadas para facilitar el movimiento relativo entre las piezas.
- Se supervisará que todas las conexiones hidráulicas están correctamente realizadas.
- Se asegurará que el movimiento de la estructura no va a poner en peligro a ninguna persona que este en las cercanías del conjunto a mover.
- Antes de empezar a elevar las consolas hay que asegurarse de que la estructura a elevar no va a colisionar con ningún objeto (redes, plataformas de trabajo,...) durante el recorrido de elevación. Se deberá asegurar que no se produce ningún enganche de la estructura móvil con la estructura que queda fija.
- Antes de empezar a elevar las consolas o plataformas se tomarán las medidas oportunas para cerrar los accesos laterales a las plataformas y evitar así caídas accidentales.
- Para realizar estos movimientos se requerirá de los operarios suficientes para tener controlados todos los cilindros hidráulicos y poder accionarlos desde el mando de control.
- Se controlará que todas las acciones descritas para los movimientos se ejecuten correctamente.
- La manipulación de los cabezales trepadores y la colocación de los bulones de seguridad requieren la colocación de una plataforma adecuada para facilitar el acceso cómodo a estos elementos.



- |   |  |
|---|--|
| 1 | Dispositivo de bloqueo y anclaje                         |
| 2 | Soporte (Zapato) de trepado                              |
| 3 | Cabeza de trepado superior con mecanismo de trepado      |
| 4 | Cilindro hidráulico                                      |
| 5 | Viga de trepado  |
| 6 | Cabeza de trepado inferior con mecanismo de trepado      |
| 7 | Taco de izado de viga de trepado y de unidad de trepado. |
| 8 | Taco de bloqueo de viga de trepado.                      |



### 2.3. Anclajes

Es muy importante colocar según lo especificado los anclajes en el hormigón, de forma que las cargas desde la estructura al hormigón se transmitan correctamente. La correcta transmisión de las reacciones en los anclajes al hormigón es responsabilidad del cliente.

Únicamente se utilizarán componentes originales suministrados por los fabricantes para soportar los equipos autotrepantes.



### 3. MEDIDAS PREVENTIVAS

#### 3.1. Medidas generales

- Se colocarán los equipos de protección colectiva adecuados (redes, barandillas, ...) para garantizar la seguridad en trabajos en altura.
- Se mantendrá el orden y limpieza adecuado en los sistemas de encofrado y autotrepado de cara a su segura manipulación. Se mantendrán las plataformas limpias, sin herramientas, tornillos y demás piezas que puedan caer de las plataformas.
- Se instalarán rodapiés en todas las plataformas por su parte exterior de cara a evitar caídas de objetos.
- El acceso de una plataforma a otra se realizará exclusivamente por las escaleras reglamentarias habilitadas para ello. Siempre hay que dejar cerradas las trampillas de las escaleras después de acceder a una plataforma.
- Se echará serrín o arena en toda superficie resbaladiza por causa de derrames (aceite hidráulico, desencofrante, ...).
- Se deberá prever un acceso cómodo y seguro al encofrado.

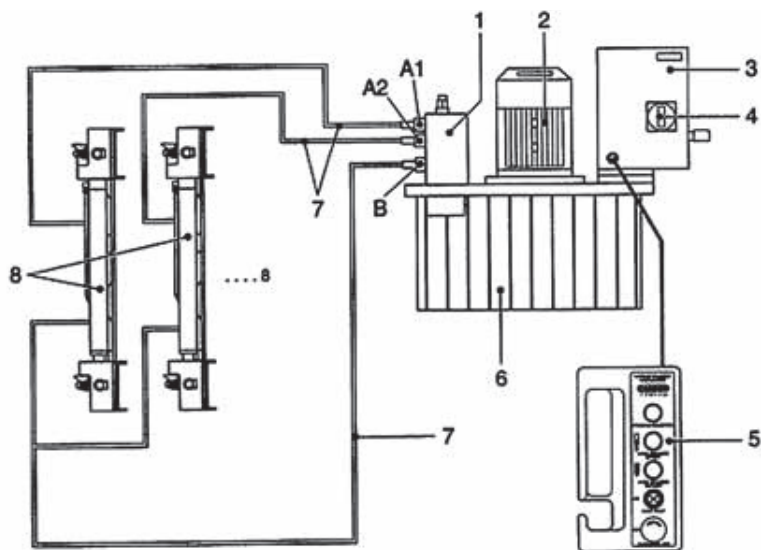


#### 3.2. Formación

- Toda persona que manipule el sistema autotrepante debe estar formada e informada y haberse leído el Manual de Uso antes de proceder a su manipulación. Además, deberá tener acceso en todo momento a dicho Manual.
- En caso de duda o falta de información se contactará con personal de la empresa fabricante.

#### 3.3. Movimientos del sistema

- Las secuencias de movimiento del sistema autotrepante se realizarán siguiendo las instrucciones facilitadas por el fabricante.



- |   |   |
|---|---|
| 1 | Bloque de válvulas con conexiones A1, A2 y B. (Controla el suministro individual de líquido hidráulico a los cilindros hidráulicos. |
| 2 | Motor   |
| 3 | Armario de conexiones   |
| 4 | Interruptor principal   |
| 5 | Control remoto  |
| 6 | Deposito de líquido hidráulico  |
| 7 | Líneas hidráulicas  |
| 8 | Cilindros hidráulicos   |



- Antes de empezar a elevar las consolas o plataformas se colocarán barandillas en los laterales de las mismas evitándose así caídas accidentales.
- Los operarios encargados de realizar los movimientos del sistema autotrepante se situarán en la plataforma del grupo hidráulico. Queda prohibido el acceso de los operarios en las fases de movimiento a cualquier otra zona de la estructura que no sea la especificada. Además y antes de empezar cualquier movimiento (encofrado, mástiles, plataformas) hay que asegurarse de que ninguna persona está expuesta a peligro y hay que avisar a todos de que se va a realizar el movimiento.

- Los sistemas autotrepantes nunca se deben utilizar como elevadores de material o personas. Hay que asegurar que el número de personas presentes en las plataformas de trabajo no exceda de los estrictamente necesarios para realizar cada operación.
- En la fase de elevación de estructura o mástiles, durante el movimiento de los cilindros y cabezales trepadores, los operarios encargados de la manipulación no tocarán en ningún momento los componentes en movimiento o centrales hidráulicas ya que puede ser objeto de posibles golpes o aplastamientos.
- Durante las maniobras de movimiento habrá operarios en cada conjunto que garanticen:
  - El correcto funcionamiento de cada cilindro y los cabezales trepadores en cada recorrido de cilindro.
  - La imposibilidad de colisiones de objetos del equipo en movimiento con objetos del resto de la estructura.
- Al terminar las operaciones de movimiento se comprobará que la central hidráulica está desconectada.

### **3.4. Montaje y funcionamiento**

- Toda la estructura con sus componentes debe ser ensamblada según las instrucciones y planos facilitados por el personal de la empresa fabricante. Todos los tornillos, conexiones, tirantes, bulones, ... deben ser ensamblados correctamente.
- Se mantendrán iluminadas tanto las zonas de trabajo como las zonas de control de los mecanismos de accionamiento.
- Todas las plataformas de trabajo de las plataformas autotrepantes se mantendrán siempre libres de hielo y nieve, incluso cuando no se esté trabajando. Para temperaturas inferiores a 0°C se inspeccionará con especial cuidado el funcionamiento de cabezales trepadores y centrales hidráulicas.
- La velocidad de viento máxima admisible para realizar las operaciones de movimiento y de trabajo en el equipo autotrepante será la especificada por el fabricante. Se deberá controlar esta velocidad en cada operación y evacuar las plataformas cuando se rebase dicha velocidad dejando los elementos de las plataformas sujetos de forma que se puedan caer.
- Antes de mover el carro de retranqueo de las consolas hay que asegurar que ninguna persona se encuentra entre el muro o ferralla y el panel encofrante.
- En ningún caso se utilizarán y permanecerán personas en los equipos autotrepantes cuando se prevea la existencia de una tormenta con descarga de rayos.
- Todas las mangueras hidráulicas deben ir sujetas a la estructura de la máquina (por medio de bridas u otro medio de amarre) y nunca irán sueltas. La colocación de objetos sobre las mangueras hidráulicas está totalmente prohibida.
- Se deberá tener accesible un extintor de fuego cerca de cada puesto de mando de las centrales hidráulicas.
- Todas las conexiones eléctricas realizadas con objeto de suministrar corriente a las centrales hidráulicas se realizarán en cajas de conexiones adecuadas y herméticas sin la posibilidad de dejar los contactos eléctricos al aire.

- Es posible bajar la estructura autotrapante con el mismo sistema hidráulico. No obstante, esta maniobra no es automática y requiere cambiar las palancas de los cabezales trepadores en cada recorrido de cilindro hidráulico. Por ello, se realizará esta operación bajo la supervisión de personal de la empresa fabricante.

### **3.5. Mantenimiento del sistema autotrepante**

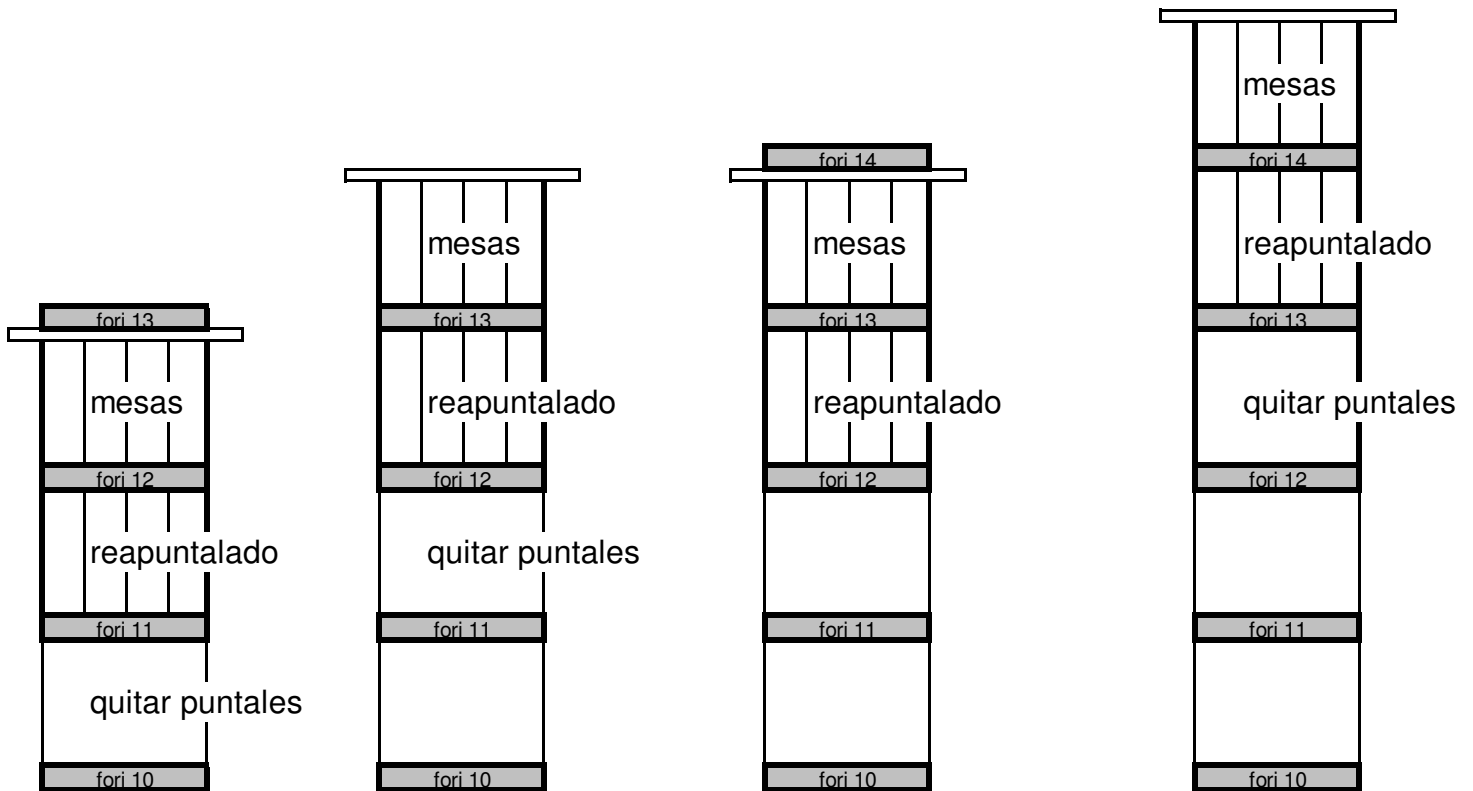
- Todas las revisiones de conservación y mantenimiento se realizarán según especificaciones de manual de fabricante.
- Todas las partes que entren en contacto en la fase de movimiento del sistema autotrepante, deberán ir adecuadamente engrasadas de forma que se minimice el rozamiento entre partes móviles del sistema y en consecuencia posibles sobrecargas en el sistema. Las partes móviles a engrasar en las superficies de contacto serán:
  - Mástil.
  - Cabezales trepadores superiores e inferiores.
  - Cabezas y pies de las consolas autotrepantes.
  - Cabezas telescópicas de las cerchas autotrepantes.
- No se realizará ninguna modificación o cambio en los elementos ni en el montaje del sistema autotrepante sin el visto bueno y supervisión de personal del fabricante.
- Todas las operaciones de soldadura que repercutan en el funcionamiento del sistema autotrepante se realizarán bajo la supervisión de personal del fabricante.



## Anexo nº 3

# Esquema de cimbrado y descimbrado de forjados

## ESQUEMA DE CIMBRADO Y DESCIMBRADO DE FORJADOS



hormigonado de forjado nº 13

subida de mesas encima forjado nº 13 cuando la resistencia del mismo sea 16 N/mm<sup>2</sup>

reapuntalado forjado nº 13 con los puntales que estaban entre los forjado 11 y 12, si la resistencia del forjado nº 12 es > 22.4 N/mm<sup>2</sup>. Si esta resistencia fuera menor se dejarían los puntales puestos hasta que alcanzara la resistencia de antes y reapuntalar el forjado nº 13 con un juego de puntales nuevos.

hormigonado forjado nº 14

carga máxima que recibe el forjado nº 13 a los 5-6 días 500kg

carga máxima que recibe el forjado nº 12 a los 10-12 días 500kg

subida de mesas encima forjado nº 14 cuando la resistencia del mismo sea 16 N/mm<sup>2</sup>

reapuntalado forjado nº 14 con los puntales que estaban entre los forjado 12 y 13, si la resistencia del forjado nº 13 es > 22.4 N/mm<sup>2</sup>. Si esta resistencia fuera menor se dejarían los puntales puestos hasta que alcanzara la resistencia de antes y reapuntalar el forjado nº 14 con un juego de puntales nuevos.

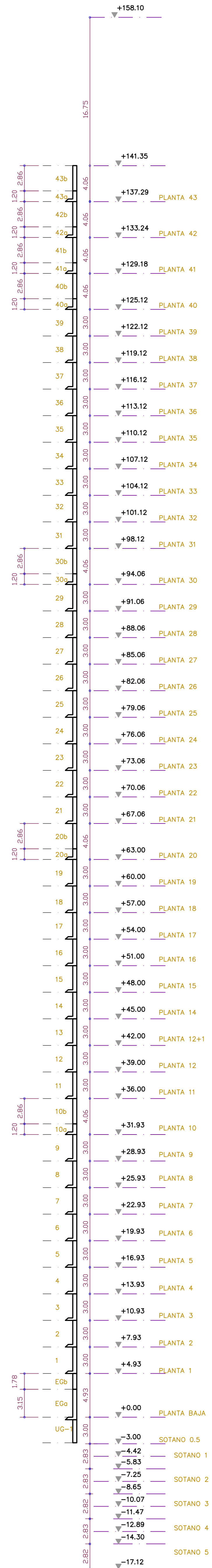




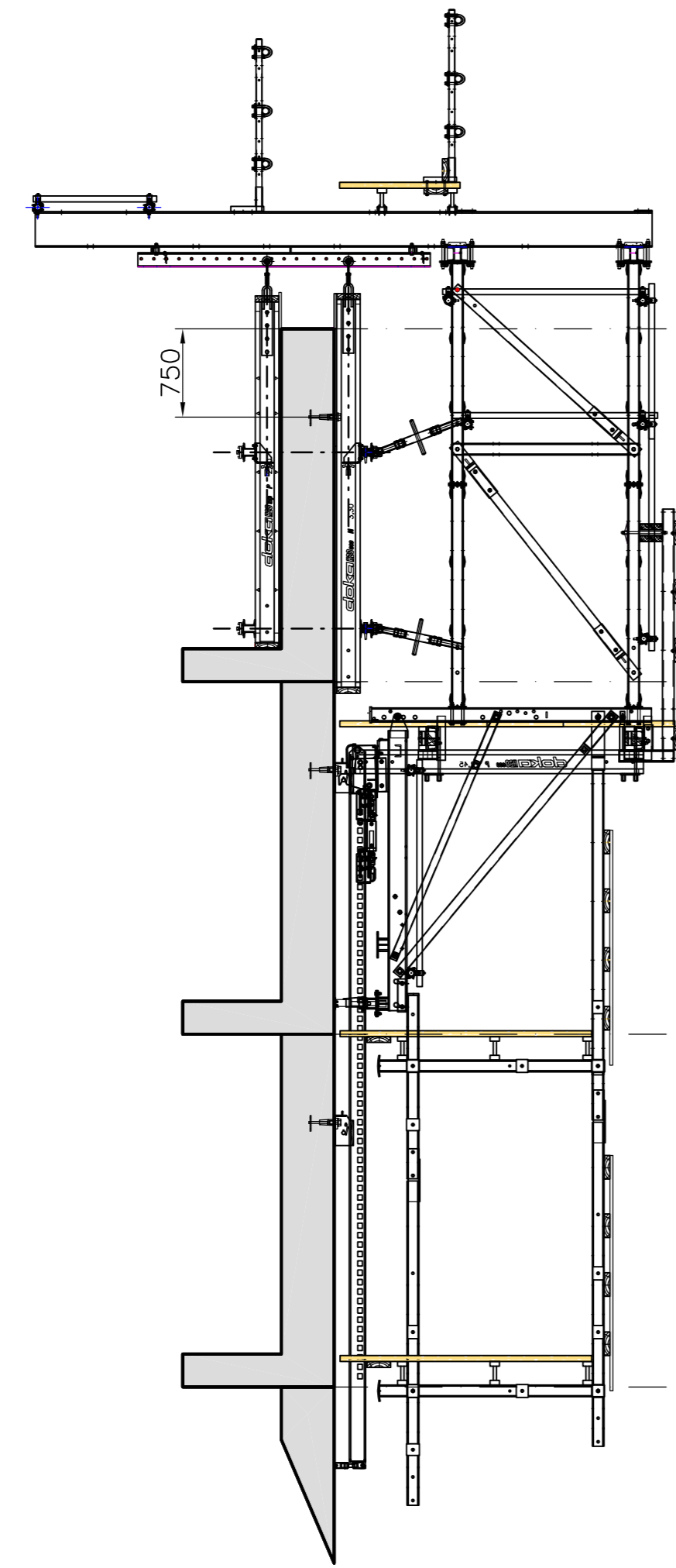
## Anexo nº 4

# Planos Montaje de Autotrepas en Torre Lugano

**Esquema de Alturas de Tongada**  
M 1:250

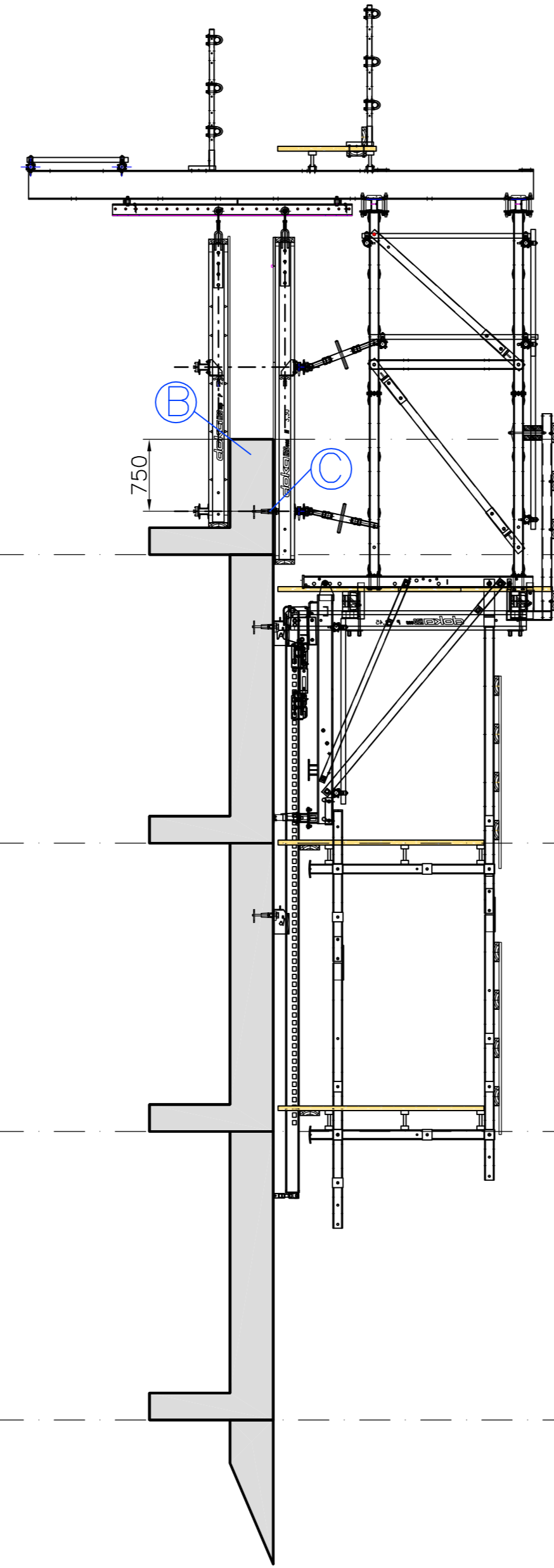


- (A) Desencofrado
- (B) Trepas perfil trepado y plataforma
- (C) Posicionar encofrado ext. y ferrallar
- (D) Cerrar encofrado
- (E) Hormigonar Tongada de 3 m

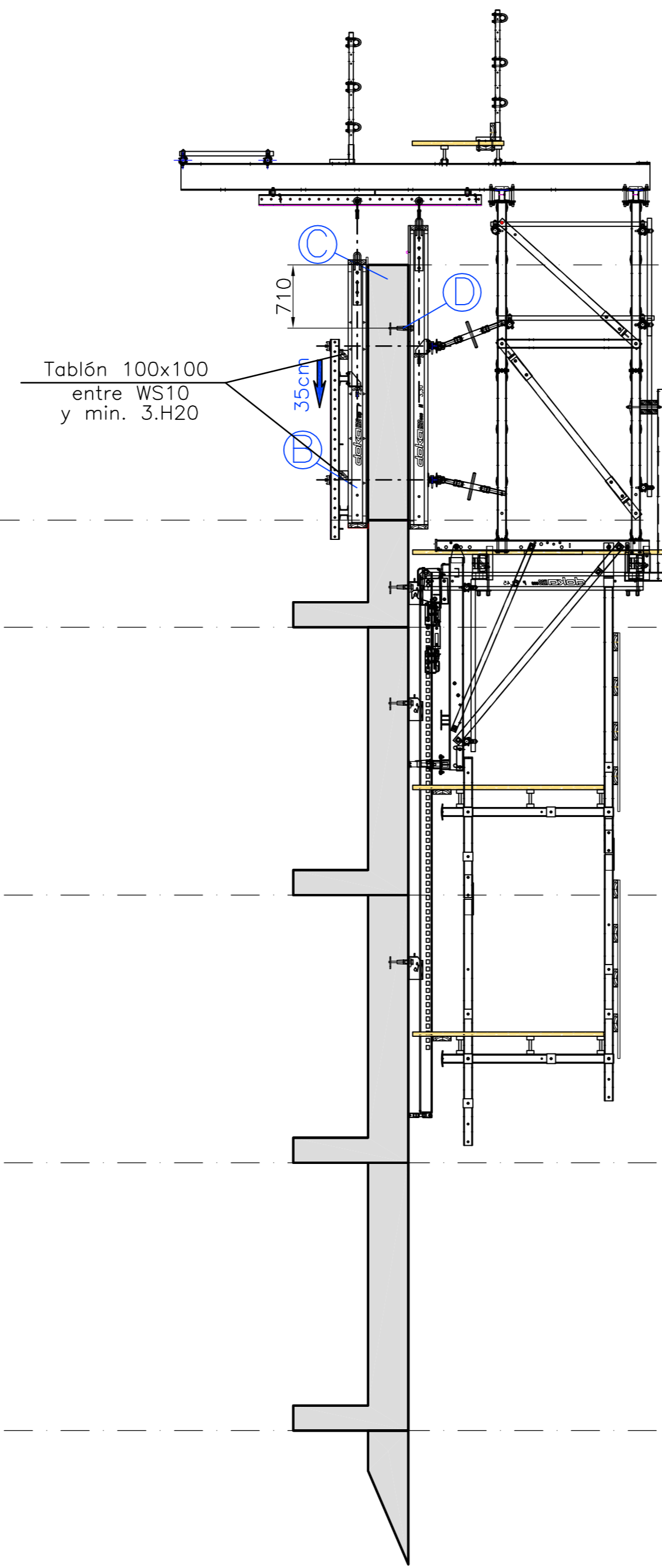


**Descripción del desarrollo en Planta Técnica**

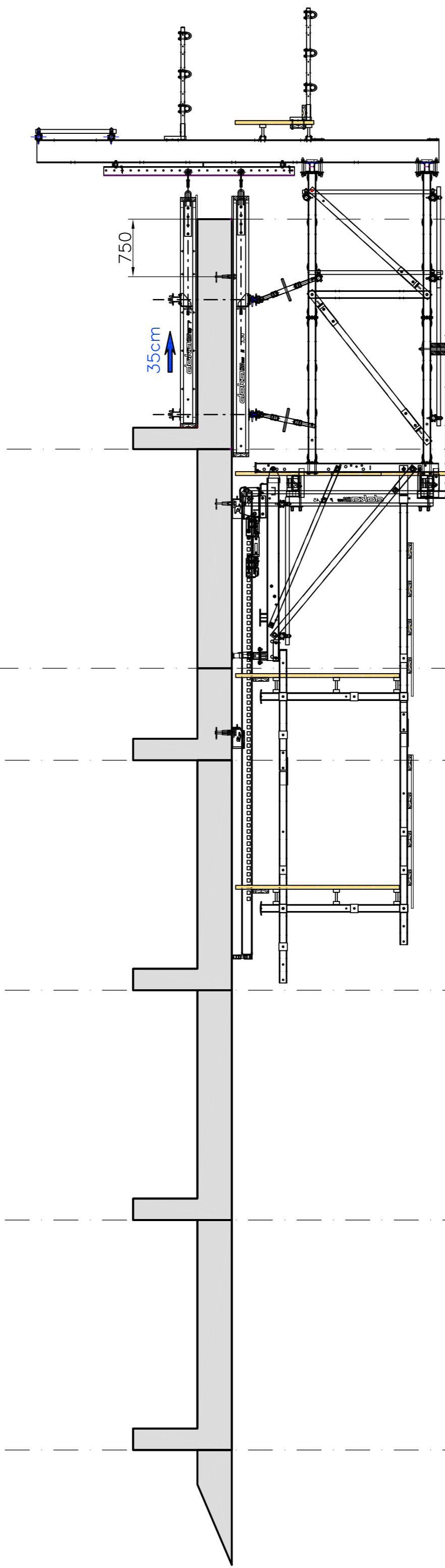
- (A) Desarrollo como fase normal
- (B) Altura de Tongada sólo 1,2m
- (C) Replanteo de cono distinto



- (A) Desarrollo como fase normal
- (B) Bajar encofrado int. y fijar por detrás de los rieles horiz. un riel vertical WS10. Los rieles WS10 en el interior sirven para que coincidan los barras de anclaje.
- (C) Altura de Tongada sólo 2,86m
- (D) Replanteo de cono distinto



- (A) Desarrollo como fase normal



Tongada  
11,21,31

Tongada  
10a,20b,30b,40b,41b,42b

Tongada  
10a,20a,30a,40a,41a,42a,43a

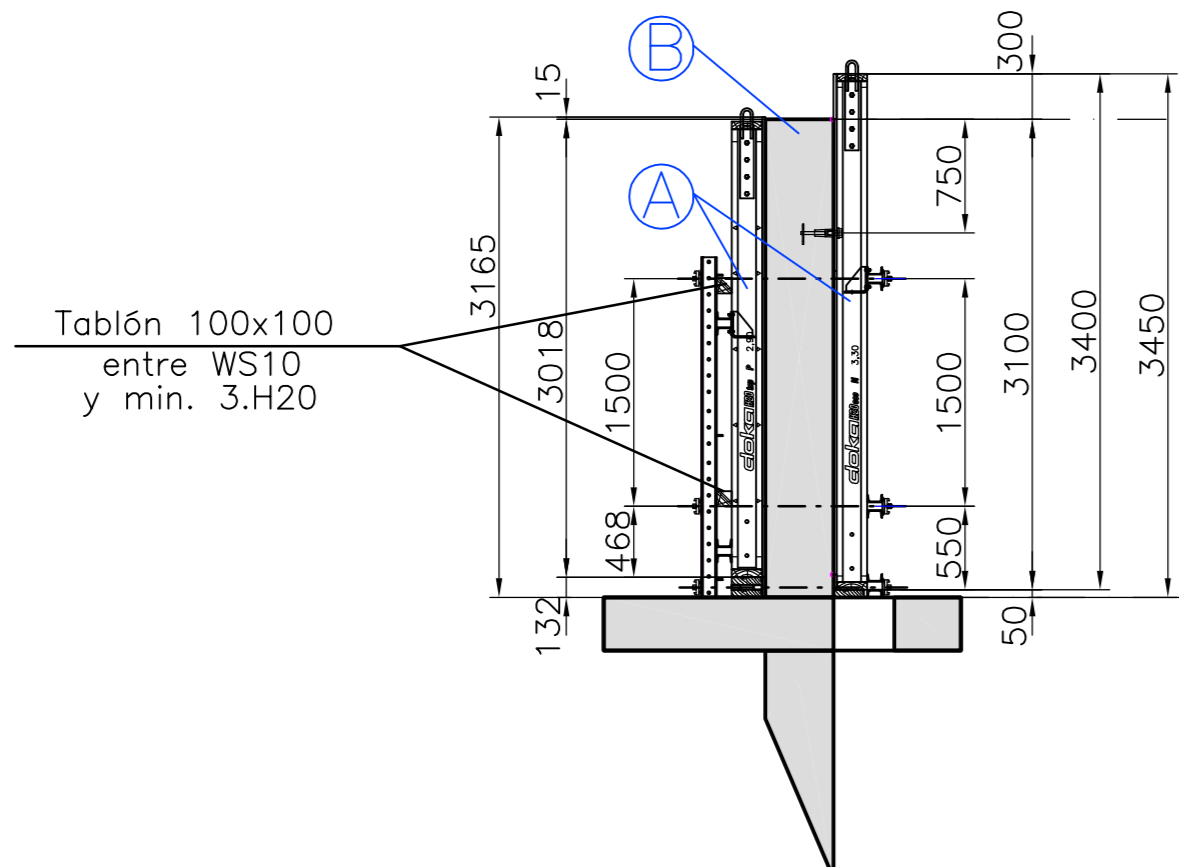
Tongada  
9,19,29,39

Tongada  
8,18,28,38

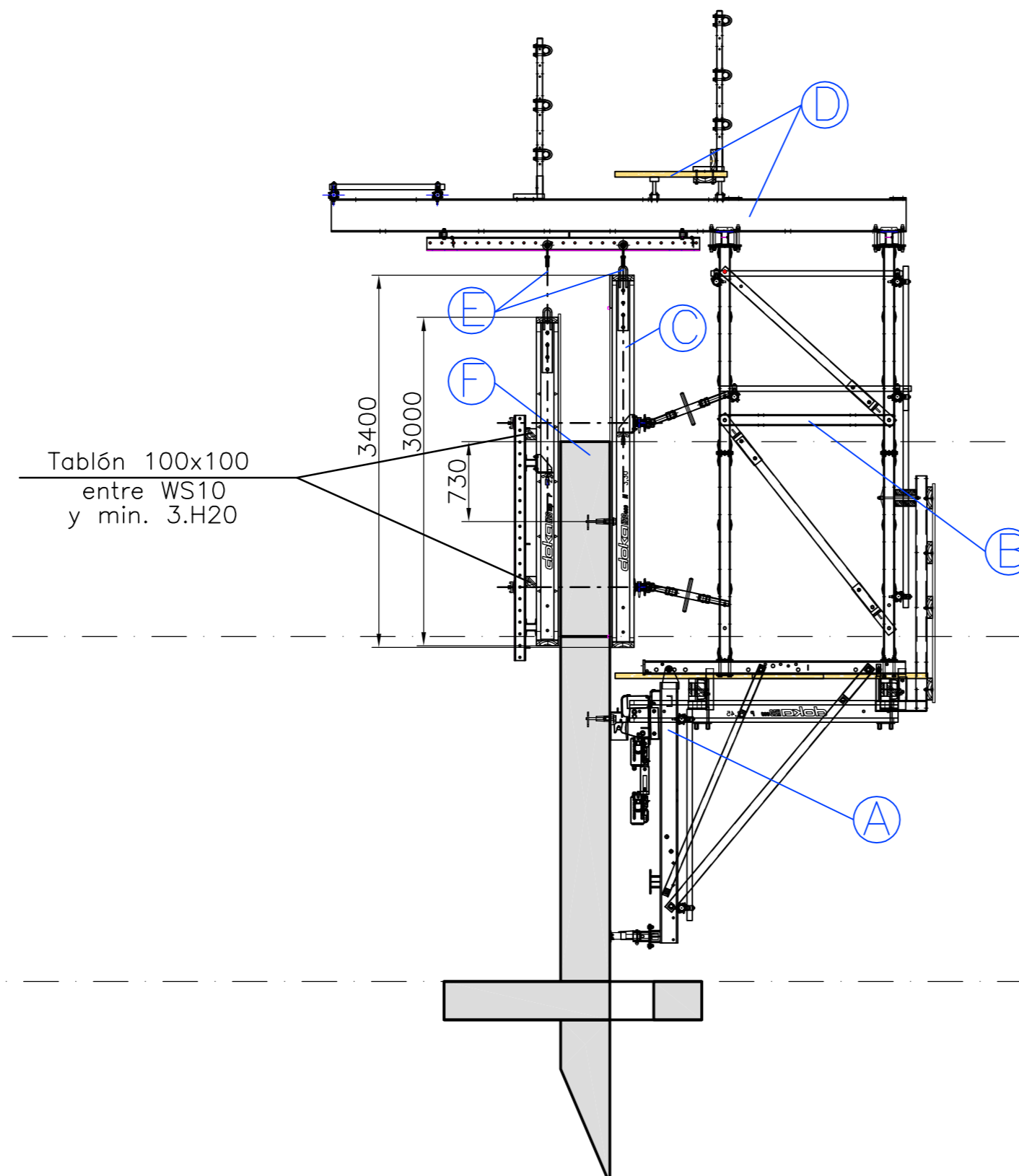
Tongada  
7,17,27,37

**Descripción del desarrollo desde PLANTA BAJA hasta PLANTA 2**

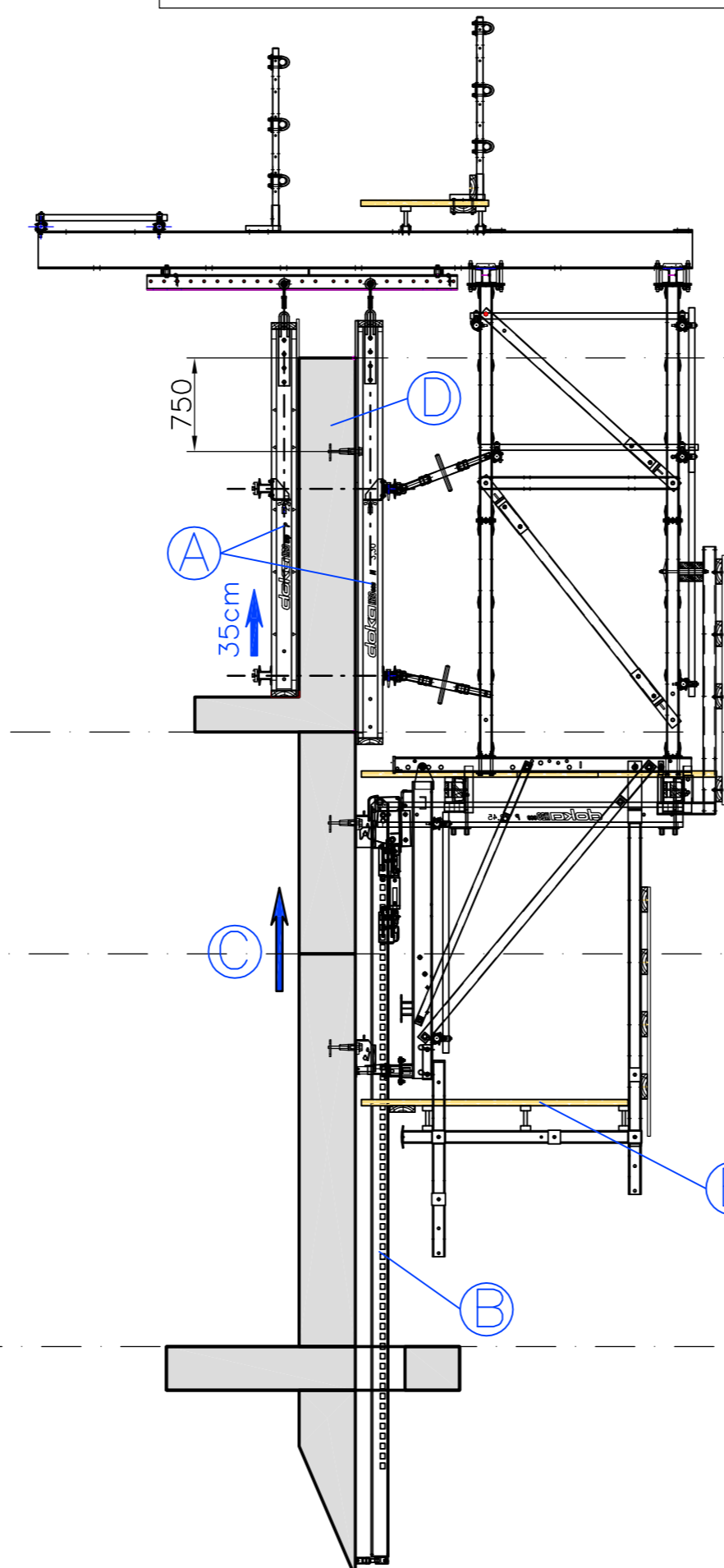
- (A) Encofrar. Utilizar rieles WS10 en el interior para que coincidan las barras de anclaje.
- (B) Hormigonar tongada EGo(3,15m)



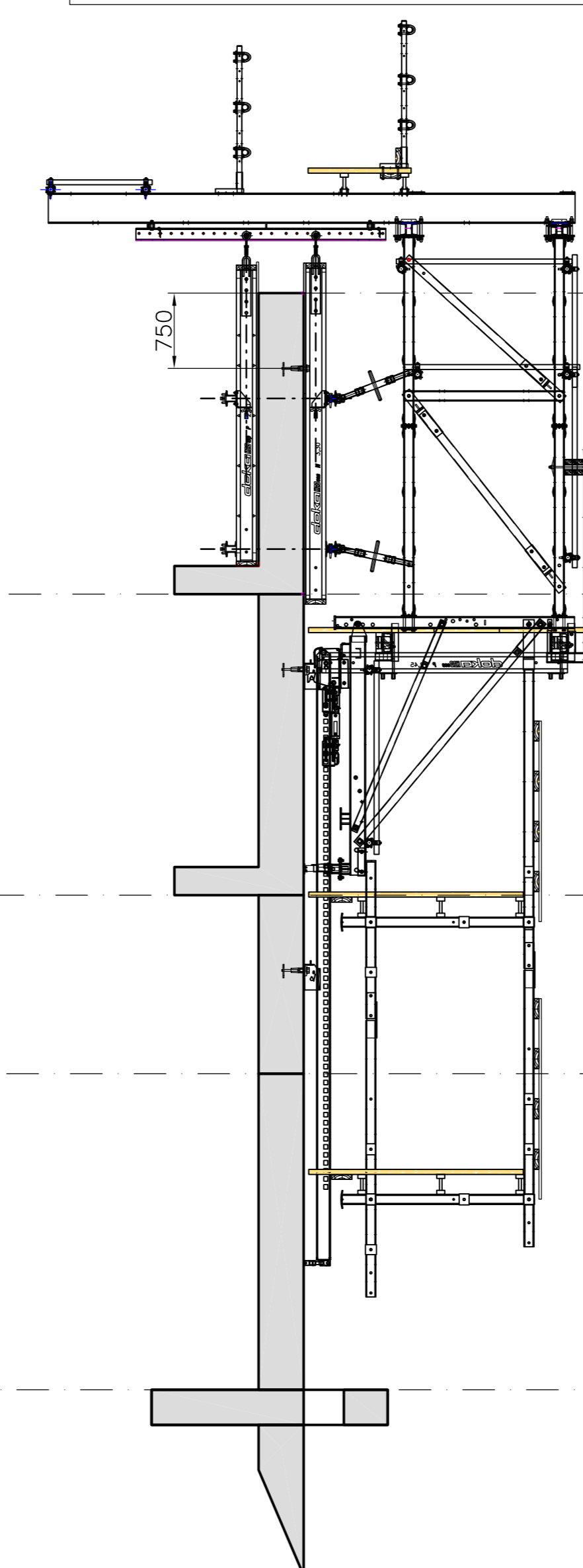
- (A) Colgar el nivel 0 de plataforma SKE
- (B) Montar la estructura del Pórtico
- (C) Subir el encofrado sobre la plataforma
- (D) Montar Pórtico y Plataforma de hormig.
- (E) Colgar el encofrado en rodillo elem.WS10, ajustar y cerrar
- (F) Hormigonar Tongada EGb(1,78m)



- (A) Desencofrar
- (B) Posicionar perfil de trepado con la grúa
- (C) Trepas la Plataforma
- (D) Cerrar encofrado y hormigonar Tongada1(3m)
- (E) Montar la plataforma descolgada nivel-1



- (A) Desencofrar, trepar, montar plataforma nivel-2, cerrar y hormigonar Tongada 2(3m)



+10.93

Tongada  
2

+7.93

Tongada  
1

+4.93

Tongada  
EGb

Tongada  
EGa

+0.00

**Atención**  
• Todas las medidas tienen que ser comprobadas por la obra!  
• Todas las medidas están en mm!

**Atención**  
• Tener en cuenta las indicaciones generales y las indicaciones de las instrucciones de manejo de la autotropa SKE 50.

**Resistencia de hormigón necesaria para SKE 50**

- Cargas en el anclaje:

- Anclaje muerto 15.0
- Cono de trepado universal 15.0
- Tornillo de cono B 7cm
- max. 65 kN
- Soporte de suspensión SKE50 rígido
- max. 60 kN

La resistencia del hormigón  $f_{ct}$  debe ser por lo menos 10 N/mm<sup>2</sup> según la DIN 1045-1! (probeta cúbica de 150mm)

La desviación de las cargas en el hormigón se comprobará por separado por un calculista.

**TORRE LUGANCO**  
Plano de desarrollo para SKE 50 con Pórtico

Firma: **EDIFESA** Plano de ejecuc para ejecución no vinculante

Baustellenfreigabe zur Ausführung: Datum, Name, Unterschrift  
Gezeichnet: Mayrhofer Christoph 18.04.2005 Plan-Nr.:  
Geprüft: Alexander Hirsch 21.04.2005 320-406790-1305(esp)  
Geändert: Maßstab: 1:50

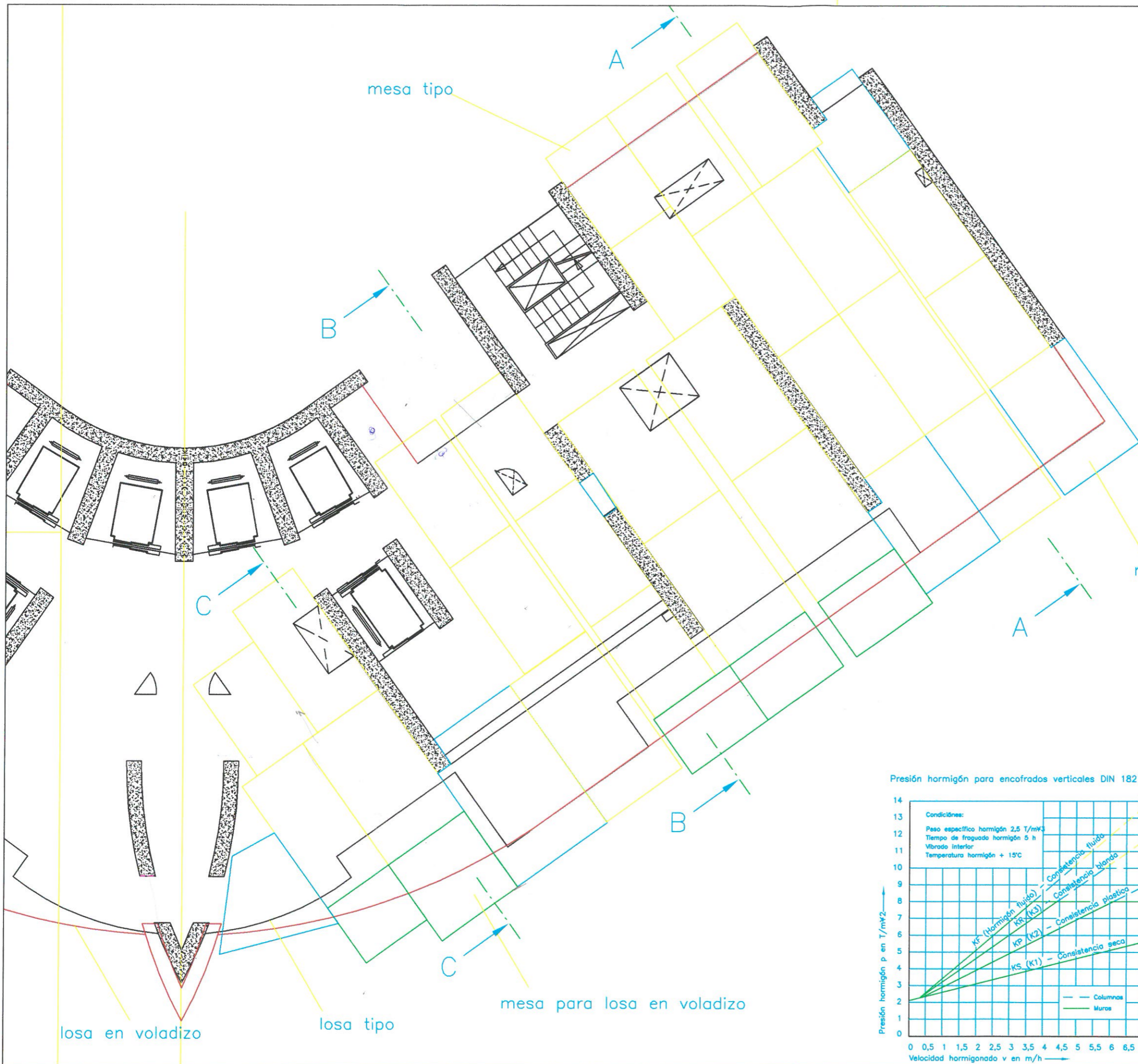
**doka** Die Schalungstechniker  
Doko Industrie GmbH  
Amstetten, Abteilung Technik & Sonderprojekte  
A-3300 Amstetten, Reichsstraße 23  
Tel.: +43/(0)7472/605-2655 Fax: -3

Die unbefugte Benützung, Vervielfältigung oder Bearbeitung dieser Zeichnung ist verboten, strafbar und verpflichtet zum Schadenersatz.  
Diese Zeichnung darf weder Dritten Personen noch Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Technische Änderungen sind zu vermerken.  
Diese Planung basiert auf den technischen Werten der Original DOKA-Produkte. Wir hoffen deshalb für die Planung.

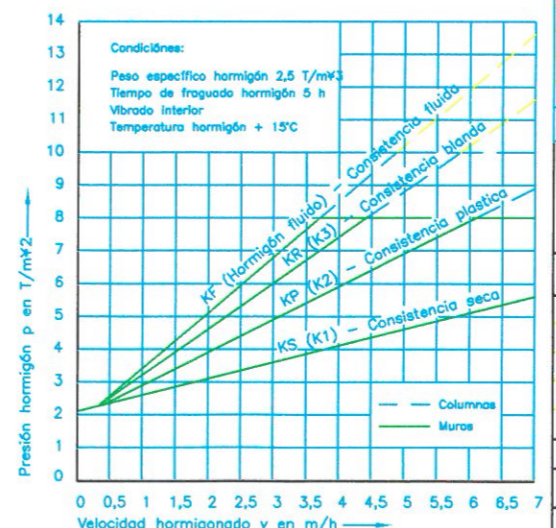


## Anexo nº 5

# Planos de Mesas de encofrado en Torre Lugano



Presión hormigón para encofrados verticales DIN 18218



...
-----

f			
e			
d			
c			
b			
a			

INDICE	Modificación	Nombre	Fecha

**doka** DOKA España Encofrados S.A.  
 Delegación Valencia  
 Edif. Europa Avda. Aragón, 30 P14 Of. F2  
 Los Expertos en Encofrados Tel.: 96 362 05 33 Fax.: 96 360 05 62

**PLANO DE OFERTA**

Dibujado: 10.05.04 dbeer	Torre Lúgano
Comprob.: 10.05.04 mjentsch	Distribución de mesas, en total
Sustituye:	
Modificado:	
Autorizado:	Empresa: EDIFESA
Escala: 1:100	Plano Nr.: 320-406790-0500

Este plano de montaje ha sido realizado a partir de datos técnicos de productos originales DOKA. Por lo cual solo asumimos la responsabilidad sobre productos DOKA que se utilicen según las especificaciones técnicas.  
 La utilización no autorizada, copia o modificaciones de este plano esta prohibida, sera penada e indemnizada.  
 Este plano no debe entregarse a terceros personas ni a empresas de la competencia. Reservado el derecho a modificaciones técnicas.



en total contiene una planta tipo:

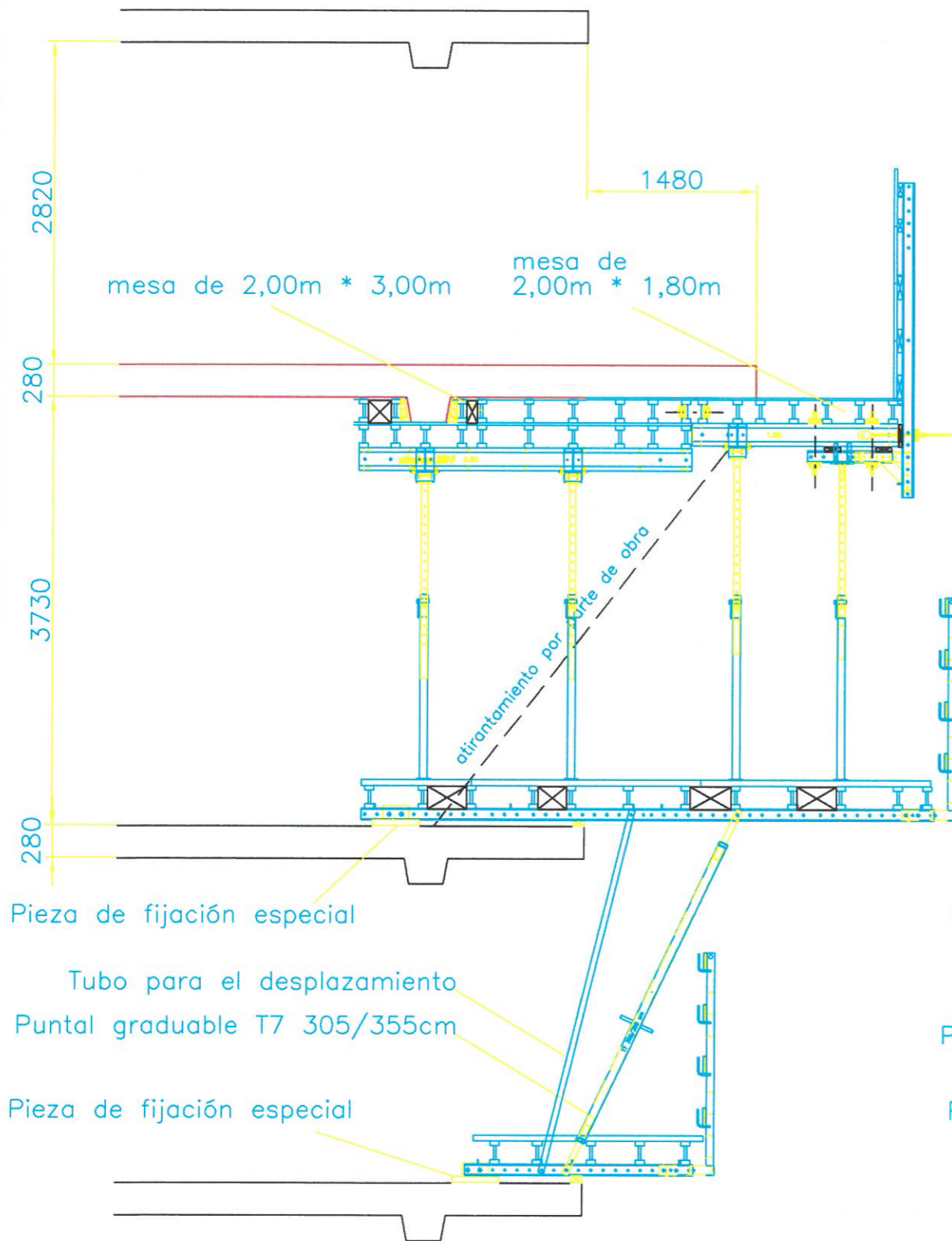
8 mesas de 4,00m \* 2,50m  
 2 mesas de 3,50m \* 2,50m  
 14 mesas de 4,00m \* 2,00m  
 10 mesas de 3,50m \* 2,00m  
 4 mesas de 3,30m \* 2,00m  
 10 mesas de 3,00m \* 2,00m  
 8 mesas especiales

mesas para la viga de cuelgo

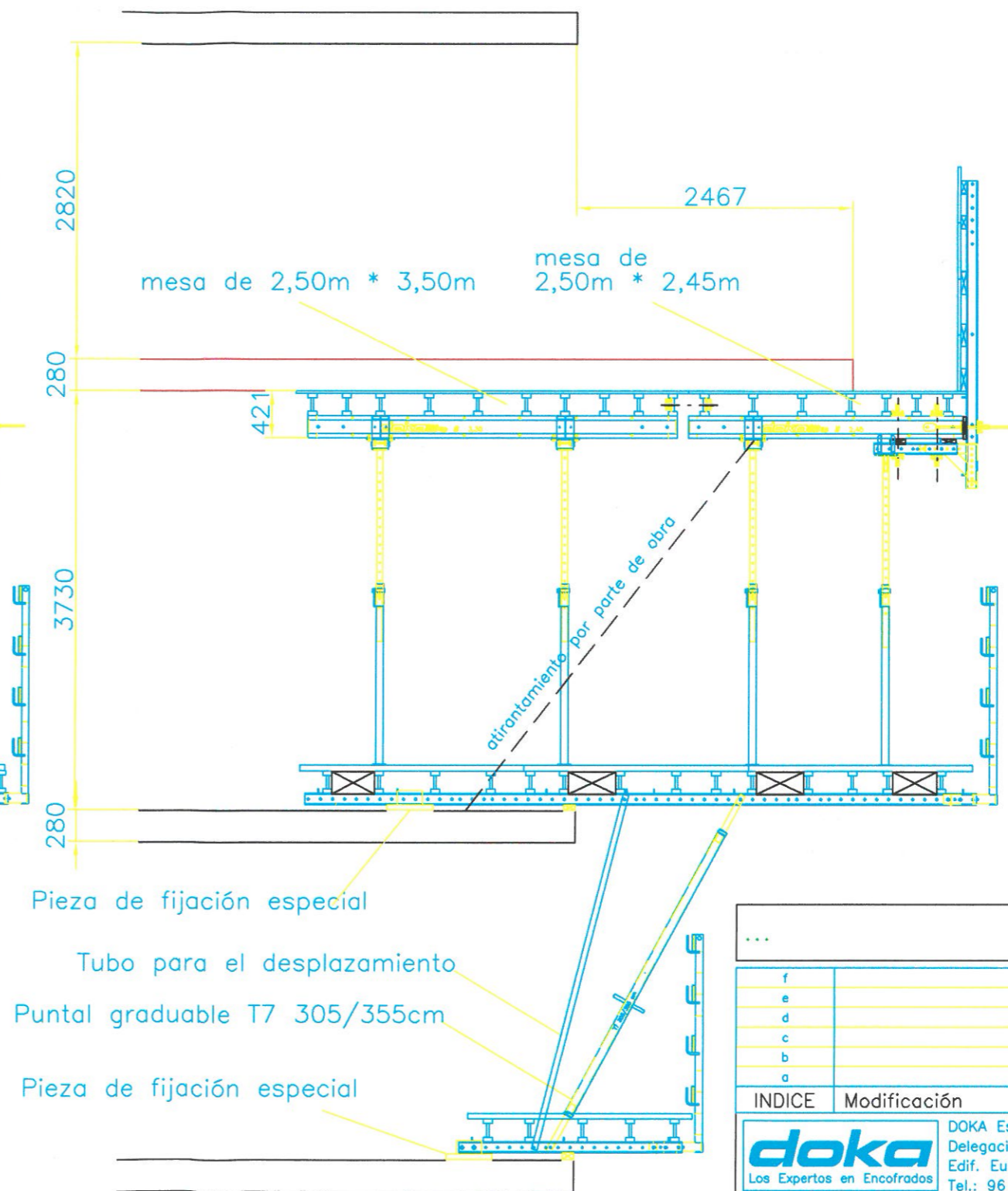
2 mesas de 4,50m \* 2,50m  
 2 mesas de 3,00m \* 2,00m  
 2 mesas especiales

...			
f			
e			
d			
c			
b			
a			
INDICE	Modificación	Nombre	Fecha
<b>doka</b> Los Expertos en Encofrados		DOKA España Encofrados S.A. Delegación Valencia Edif. Europa Avda. Aragón, 30 P14 Of. F2 Tel.: 96 362 05 33 Fax.: 96 360 05 62	
<b>PLANO DE OFERTA</b>			
Dibujado:	10.05.04 dbeer	Torre Lúgano	
Comprob.:	10.05.04 mjentsch	Distribución de mesas, losa tipo	
Sustituye:		Mesas Dokaflex	
Modificado:			
Autorizado:		Empresa: NECSO	
Escala:	1:100	Plano Nr.: 320-406790-0501	
Este plano de montaje ha sido realizado a partir de datos técnicos de productos originales DOKA. Por lo cual solo asumimos la responsabilidad sobre productos DOKA que se utilicen según las especificaciones técnicas.			
La utilización no autorizada, copia o modificaciones de este plano esta prohibido, sera penado e indemnizado. Este plano no debe entregarse a terceras personas ni a empresas de la competencia. Reservado el derecho a modificaciones técnicas.			


### Sección B-B:



### Sección C-C:

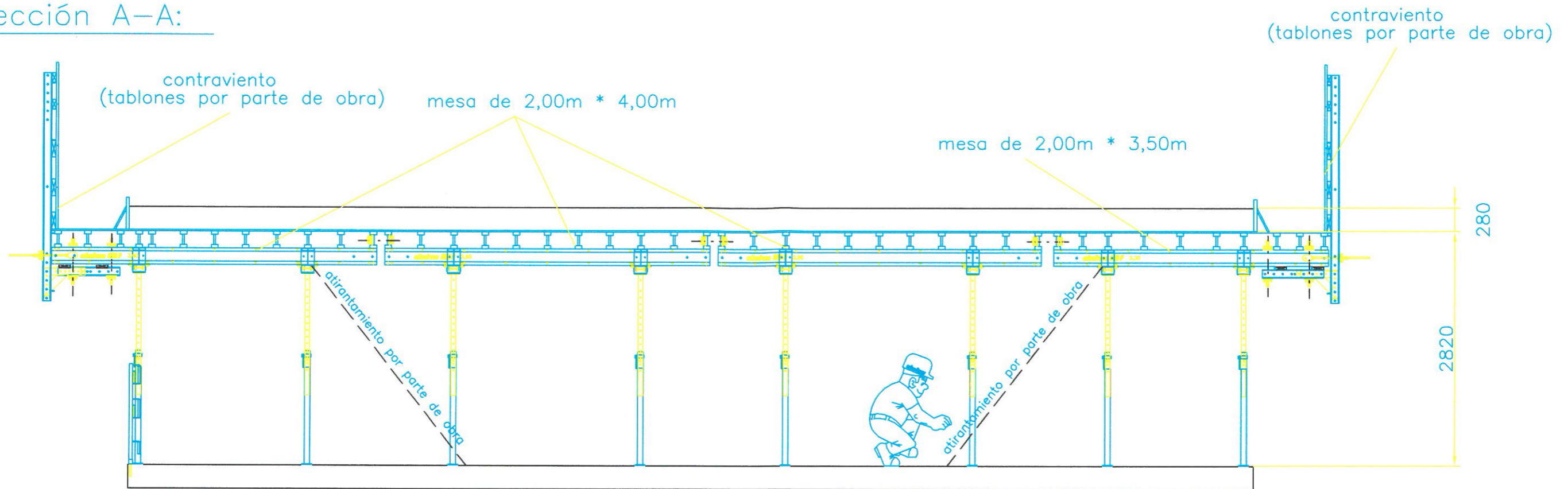


Toda la madera (tapes, plataformas, ménsulas, compensaciones, camones) será por cuenta del cliente

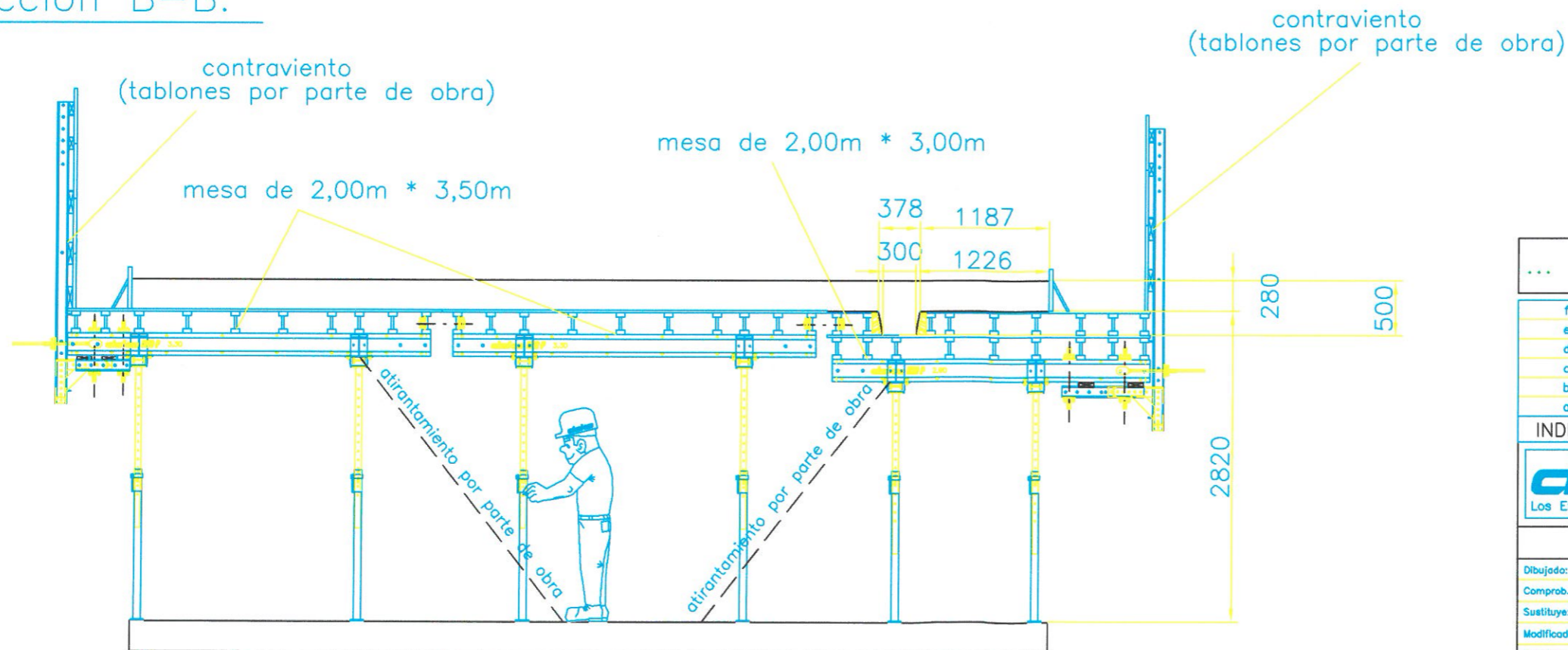
...			
f			
e			
d			
c			
b			
a			
INDICE	Modificación	Nombre	Fecha
 DOKA España Encofrados S.A. Delegación Valencia Edif. Europa Avda. Aragón, 30 P14 Of. F2 Tel.: 96 362 05 33 Fax.: 96 360 05 62			
PLANO DE OFERTA			
Dibujado:	10.05.04 dbeer	Torre Lúgano	
Comprob.:	10.05.04 mjentsch	losa en voladizo	
Sustituye:		Mesas Dokaflex	
Modificado:		Empresa: EDIFESA	
Autorizado:		Plano Nr.: 320-406790-0503	
Escala:	1:50	Este plano de montaje ha sido realizado a partir de datos técnicos de productos originales DOKA. Por lo cual solo asumimos la responsabilidad sobre productos DOKA que se utilicen según las especificaciones técnicas.	
La utilización no autorizada, copia o modificaciones de este plano esta prohibida, sera penada e indemnizada. Este plano no debe entregarse a terceras personas ni a empresas de la competencia. Reservado el derecho a modificaciones técnicas.			




### Sección A-A:



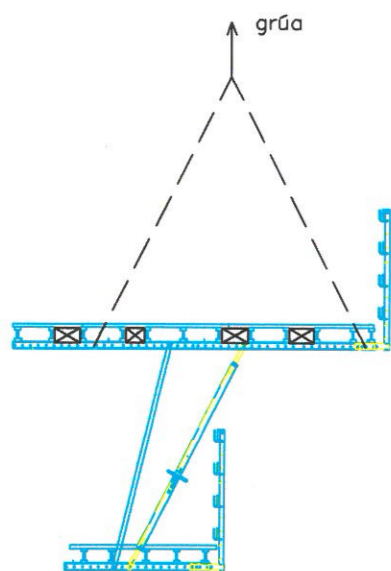
### Sección B-B:



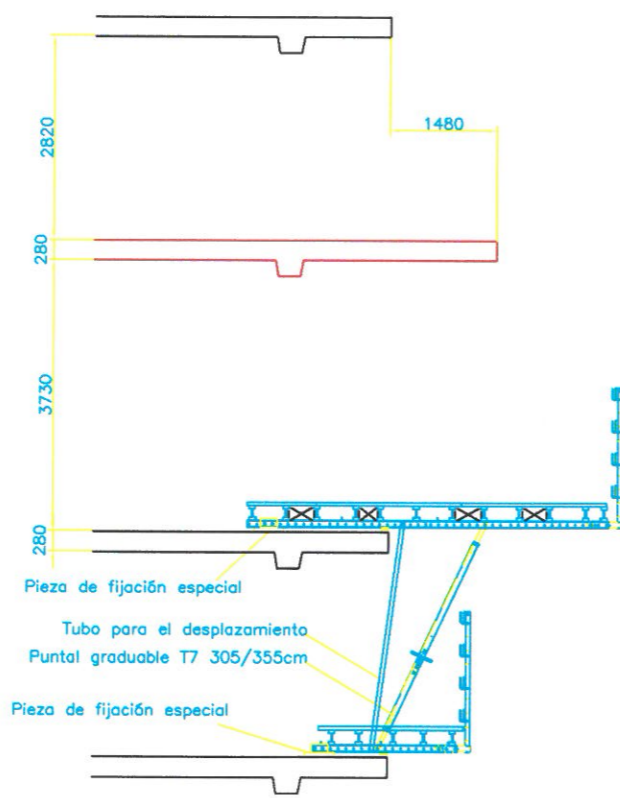
Toda la madera (tapes, plataformas, ménsulas, compensaciones, camones) será por cuenta del cliente

INDICE	Modificación	Nombre	Fecha
...			
f			
e			
d			
c			
b			
a			
 <b>DOKA España</b> Encofrados S.A. Delegación Valencia Edif. Europa Avda. Aragón, 30 P14 Of. F2 Tel.: 96 362 05 33 Fax.: 96 360 05 62			
<b>PLANO DE OFERTA</b>			
Dibujado:	10.05.04 dbeer	Torre Lúgano	
Comprob.:	10.05.04 mjentsch	Secciones A-A y B-B	
Sustituye:		Mesas Dokaflex	
Modificado:		Empresa: EDIFESA	
Autorizado:		Plano Nr.: 320-406790-0502	
Escala:	1:50		
<small>Este plano de montaje ha sido realizado a partir de datos técnicos de productos originales DOKA. Por lo cual asumimos la responsabilidad sobre productos DOKA que se utilicen según las especificaciones técnicas.                  La utilización no autorizada, copia o modificaciones de este plano está prohibida, será penada e indemnizada.                  Este plano no debe entregarse a terceras personas ni a empresas de la competencia. Reservado el derecho a modificaciones técnicas.</small>			

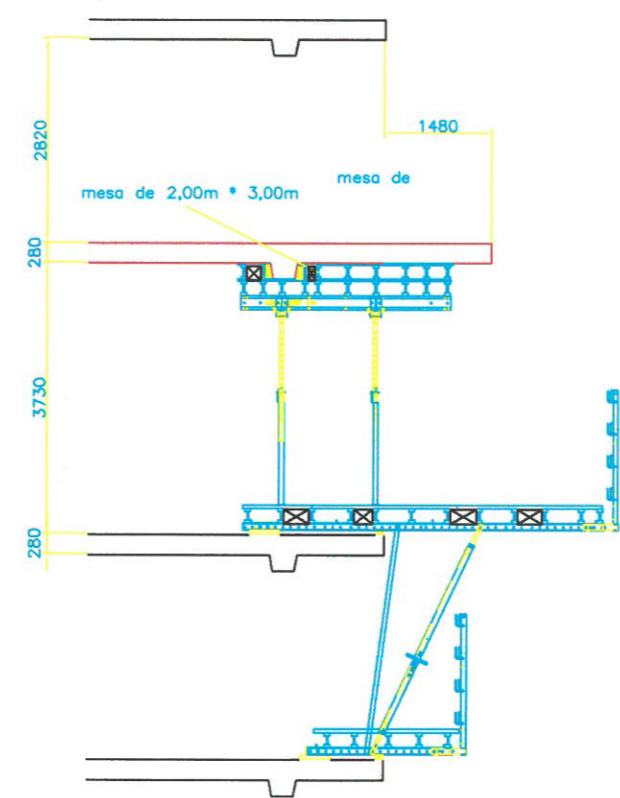
# Sección B-B:



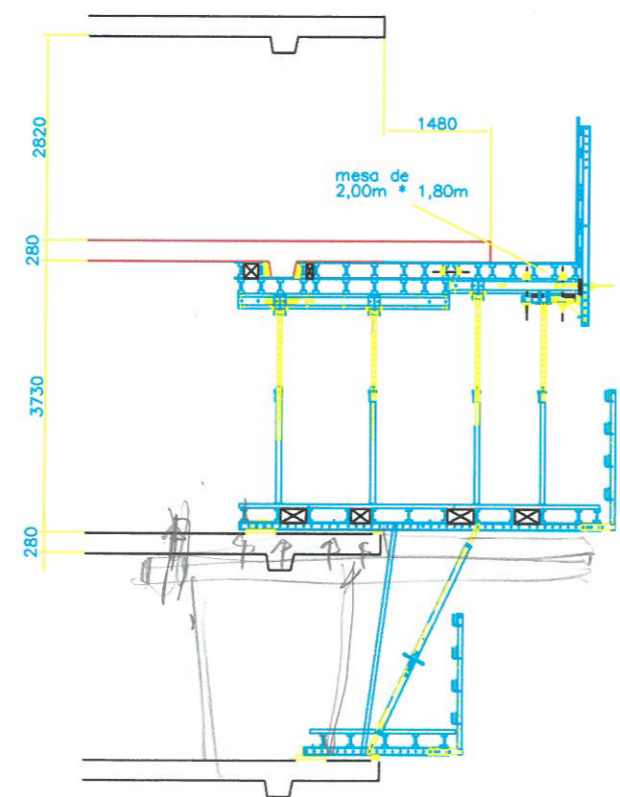
## 1° paso



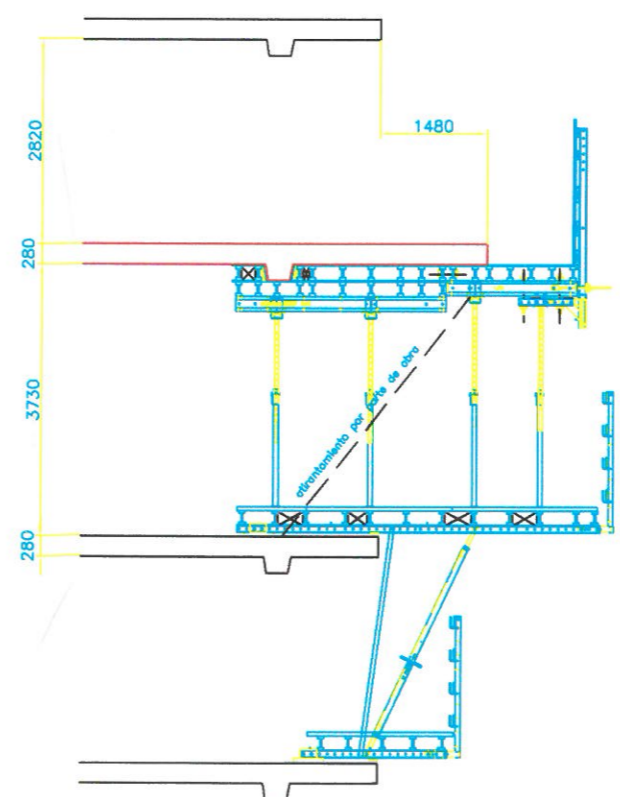
## 2° paso



## 3° paso



## 4° paso



Ejemplo de la barandilla contraviento



Toda la madera (tapes, plataformas, ménsulas, compensaciones, camones) será por cuenta del cliente

f			
e			
d			
c			
b			
a			
INDICE	Modificación	Nombre	Fecha
DOKA España Encofrados S.A. Delegación Valencia Edif. Europa Avda. Aragón, 30 P14 Of. F2 Los Expertos en Encofrados Tel.: 96 362 05 33 Fax.: 96 360 05 62			
PLANO DE OFERTA			
Dibujado:	11.05.04 dbeer	Torre Lúgano losa en voladizo, desplazamiento Mesas Dokaflex	
Comprobado:	11.05.04 mjentsch		
Sustituye:			
Modificado:		Empresa: EDIFESA	
Autorizado:		Plano Nr.: 320-406790-0504	
Escala:	1:100		
Este plano de montaje ha sido realizado a partir de datos técnicos de productos originales DOKA. Por lo cual solo asumimos la responsabilidad sobre productos DOKA que se utilicen según las especificaciones técnicas. La utilización no autorizada, copia o modificaciones de este plano esta prohibida, sera penada e indemnizada. Este plano no debe entregarse a terceras personas ni a empresas de la competencia. Reservado el derecho a modificaciones técnicas.			