



**CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA INDUSTRIAL CON FUSTE
DE HORMIGÓN ARMADO REALIZADA CON LA TÉCNICA
DEL ENCOFRADO DESLIZANTE (H: 120,00M.)**

<<DESLIZAMIENTO DEL FUSTE>>

AUTOR:

GONZALO GARCÍA SOBRINOS

*EXDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS
ACTUALES DE CONSTRUCCIÓN, SL (ALTAC). TÉCNICO
P.R.L.*

*EXPERTO EN CONSTRUCCIONES ESBELTAS DE
HORMIGÓN ARMADO, Y EN MANTENIMIENTO Y
REPARACIÓN DE CHIMENEAS INDUSTRIALES.*

FECHA: 07.01.2025

TFNO: +34 659 882 586

ÍNDICE

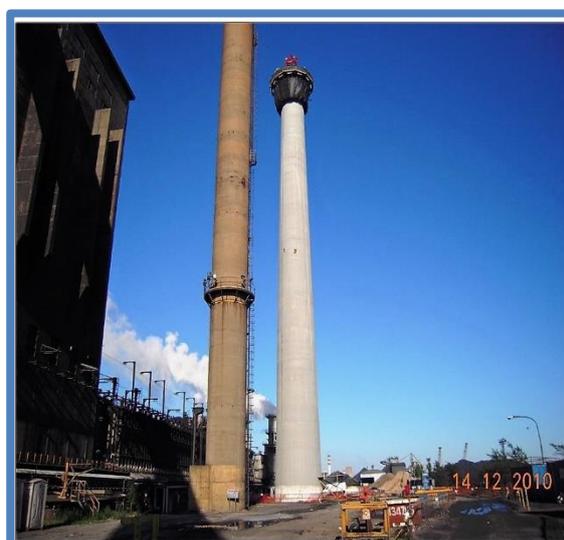
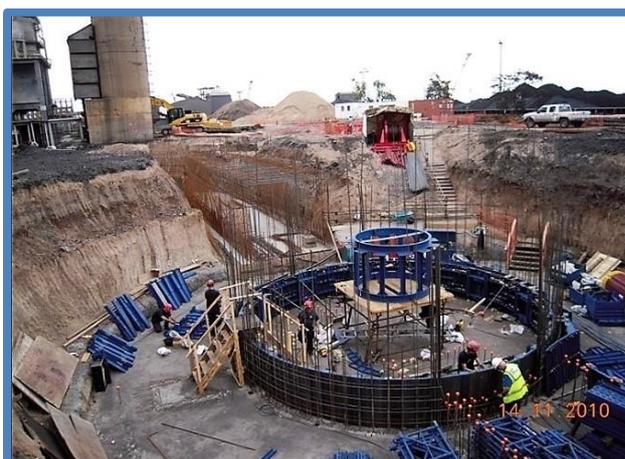
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 OBJETO	4
2. GENERAL	6
2.1 PRÓLOGO.....	6
2.2 DESCRIPCIÓN / INTRODUCCIÓN.....	6
2.3 DATOS GEOMÉTRICOS Y DIMENSIONES ORIENTATIVAS DEL FUSTE.....	6
2.4 FASES DE TRABAJO	7
2.5 TURNOS DE TRABAJO	7
3. ENCOFRADO DESLIZANTE - TIPO DE EQUIPOS Y UNIDADES	8
3.1 TIPO DE EQUIPOS.....	8
3.2 UNIDADES	10
4. ENCOFRADO DESLIZANTE – CARGAS EN LA ESTRUCTURA	12
4.1 CARGAS EN LAS PLATAFORMAS DE TRABAJO	12
4.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN.....	12
4.3 POTENCIA DE ELEVACIÓN	12
4.4 CARGAS DE VIENTO	13
5. PREMONTAJE Y MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	14
5.1 PREMONTAJE	14
5.2 MONTAJE.....	14
6. HORMIGONES	16
6.1 MEZCLA DE HORMIGÓN	16
6.2 VELOCIDAD DEL DESLIZAMIENTO	16
6.3 VERTIDO EN EL MOLDE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	16
6.4 RECUBRIMIENTO DEL HORMIGÓN	16
6.5 TRATAMIENTO DEL HORMIGÓN (CURADO POSTERIOR)	16
6.6 LIMPIEZA DE PLATAFORMAS Y DEL MOLDE DEL ENCOFRADO	17
7. HUECOS EN EL MURO Y ENCOFRADOS	18
7.1 TAMAÑOS.....	18
7.2 MATERIALES.....	18
7.3 ENCOFRADOS Y EMBEBIDOS EN EL MOLDE.....	18
8. ACOPIO DE MATERIALES - ARMADURAS	19

8.1 ACOPIO DE MATERIALES	19
8.2 ARMADURAS	19
9. ALUMBRADO	20
9.1 NIVEL DEL SUELO	20
9.2 EN EL ENCOFRADO	20
10. EJECUCIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	21
10.1 COMIENZO	21
10.2 INICIO DE LAS TAREAS DE HORMIGONADO	21
10.3 PRIMERIZADO	22
10.4 ENCOFRADO DESLIZANTE DE LOS PRIMEROS METROS	22
10.5 MANTENIMIENTO CONTÍNUO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	23
10.6 DESLIZAMIENTO EN CONDICIONES ADVERSAS (TORMENTA, VIENTO, ETC.)	23
10.7 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	24
10.8 PARADAS DE EMERGENCIA	24
10.9 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADA	24
10.10 DOCUMENTACIÓN	25
11. FINALIZACIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	26
11.1 ÚLTIMO METRO	26
12. DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	27
12.1 GENERAL	27
12.2 ÁREA DE SEGURIDAD	28
13. CROQUIS “TIPO” DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	29
14. TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES	32
15. BIBLIOGRAFÍA	37
15.1 REFERENCIAS	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objeto del presente documento es divulgar el procedimiento de trabajo, para la construcción de una chimenea industrial con fuste de hormigón armado, realizada con la técnica del encofrado deslizante.





2. GENERAL

2.1 PRÓLOGO

Esta metodología ha sido desarrollada según los requisitos de la norma de Calidad ISO 9001, y se redacta con el fin de resumir los diferentes aspectos del encofrado deslizante, para la construcción del fuste de hormigón armado de una chimenea genérica, siendo una referencia de las diferentes actividades necesarias, con el fin de garantizar el éxito del proyecto.

2.2 DESCRIPCIÓN / INTRODUCCIÓN

Construcción de una chimenea industrial con fuste de hormigón armado realizada con la tecnología del encofrado deslizante.

El encofrado deslizante se conforma mediante piezas independientes a ensamblar en el lugar de la construcción, de acuerdo a la geometría prevista para la misma. Las piezas serán montadas directamente y de forma secuencial. Durante el montaje se utilizará una auto-grúa con capacidad suficiente y altura del gancho superior a 8,0m. Durante el proceso del deslizamiento del fuste se utilizará un cabrestante electro-hidráulico por el interior de la chimenea, homologado para el transporte vertical de personas y materiales. También podría utilizarse como medio alternativo, un elevador tipo piñón cremallera.

Para el montaje del encofrado deslizante en el punto inicial de elevación, es imprescindible que la base esté horizontal, es decir sin escalones ni diferencias de altura.

Los huecos a dejar en el fuste también serán realizados durante las tareas del encofrado deslizante.

2.3 DATOS GEOMÉTRICOS Y DIMENSIONES ORIENTATIVAS DEL FUSTE

- Cimentación: Losa de hormigón armado, apoyada directamente sobre el terreno con \varnothing exterior 16,50m (canto de losa 2,00m).
- Planta Chimenea: Circular.
- Fuste: Hormigón armado con sección variable hasta la cota +98,30, resto de sección constante.

Cotas	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor Muro
+18,30m (Cota del Terreno)	9,10m	8,60m	250mm
+98,30m	5,10m	4,60m	250mm
+138,30m	5,10m	4,60m	250mm

⇒ *Altura Deslizada: 120,00m.*

2.4 FASES DE TRABAJO

1. Montaje de plataforma provisional para premontaje de las secciones del encofrado deslizante en nivel suelo.
2. Premontaje del encofrado deslizante.
3. Montaje de todo el conjunto del encofrado deslizante en el punto de la construcción.
4. Deslizamiento del fuste.
5. Desmontaje del encofrado deslizante.

2.5 TURNOS DE TRABAJO

Dada la singularidad y complejidad de este trabajo, se puede tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Durante el premontaje del encofrado deslizante, montaje, y desmontaje, solo se habilitará un turno de trabajo de 10h, seis días a la semana (lunes a sábado).
- Durante el deslizamiento se habilitarán dos turnos de trabajo por cada 24 horas (turnos de 12 horas), siete días a la semana (lunes a domingo), incluidos festivos.

Durante el periodo de trabajo con doble turno, se podrá distribuir el personal con corre-turnos, de tal manera que se puedan establecer días de descanso, para que cada trabajador tenga al menos un día libre por semana durante la primera parte del deslizamiento. Después de la segunda semana de trabajo y conseguida la rutina secuencial de la actividad, se podrá aumentar los descansos a cada trabajador, a dos días por semana.

3. ENCOFRADO DESLIZANTE - TIPO DE EQUIPOS Y UNIDADES

3.1 TIPO DE EQUIPOS

El encofrado deslizante se compone principalmente de:

- Estructura portante.
- Molde.
- Plataforma de servicio nivel del molde del encofrado.
- Plataforma de servicio nivel superior.
- Plataforma de servicio nivel inferior (colgante interior y exterior).
- Equipos de elevación (gatos hidráulicos y barras de trepada).
- Control de verticalidad.

⇒ Estructura Portante:

Estará formada por un conjunto de pórticos soporte del molde del encofrado. Estos pórticos fijos en los planos radiales, definidos por cada brazo, y el eje vertical de la construcción, realizarán con su movimiento vertical, las tres funciones siguientes:

1. Adaptarse a la forma de los paramentos con la rigidez necesaria y a la verticalidad del eje del encofrado.
2. Adaptarse al espesor de la pared.
3. Adaptarse continuamente al radio o perímetro geométrico en cada cota.

⇒ Molde:

El molde del encofrado deslizante estará compuesto por lamas metálicas que se superponen entre sí, permitiendo la configuración del diámetro y espesor del fuste de la chimenea a cada cota, y se desplazará verticalmente en sentido ascendente mediante procedimiento hidráulico.

En el caso que nos ocupa, tendrá una altura de 1,250 -:- 1,350 m. y una velocidad de elevación variable dependiendo de posibles incidencias como:

- La temperatura ambiente.
- El tiempo de puesta en obra del hormigón.
- La velocidad de fraguado del hormigón.
- La dotación de medios disponibles en obra.
- Climatología.
- Otras.

El encofrado estará adaptado a la geometría de la chimenea en cada cota de la misma.

⇒ **Plataforma de Servicio (nivel molde del encofrado):**

Estará situada a la altura del borde superior del encofrado (molde). Desde ella se realizarán las operaciones de colocación del hormigón, vibrado, acopio y montaje de armaduras horizontales y verticales, así como, maniobras de manejo y control del encofrado deslizante.

⇒ **Plataforma de Servicio (nivel superior):**

Apoyada en los pórticos principales y secundarios, soporta los reenvíos para el transporte vertical de personas y materiales, y desde ella se realizarán las operaciones de recepción del hormigón y montaje de armaduras verticales, donde estarán acopiadas hasta su colocación.

⇒ **Plataforma de Servicio Nivel Inferior (Colgante Interior y Exterior):**

Estará situada por debajo del borde inferior del encofrado, en ella se realizarán las operaciones de acabado de paramentos, curado de los mismos y vigilancia del hormigón a la salida del encofrado.

⇒ **Equipos de Elevación:**

El elemento principal del equipo de elevación es el gato hidráulico con capacidad de elevación de 3 -:- 6 Ton/unidad.

Se instalarán los gatos necesarios para todo el desplazamiento vertical ascendente del conjunto del encofrado deslizante. Estos trepan por barras recuperables de acero calibradas de 32mm de diámetro (aprox.).

El accionamiento de los gatos se hará mediante electrobomba oleohidráulica, unida a los mismos por una red de mangueras flexibles de presión, con capacidad variable de hasta 300 kg/cm².

A su vez la electrobomba, se podrá poner en marcha mediante un equipo automático, cuyos desplazamientos de 25mm., se verificarán a intervalos de tiempo previamente seleccionados.

⇒ **Equipos de Reducción de Sección:**

El elemento principal del equipo de reducción es el gato hidráulico horizontal con capacidad de 3 Ton/unidad. Se instalarán los gatos necesarios para la correcta reducción radial del fuste de la chimenea.

Previamente al comienzo del deslizamiento, se habrá definido una ley de movimientos que asegure el correcto diámetro en cada cota.

⇒ **Varios:**

El sistema del encofrado deslizante estará dotado entre otros, de los siguientes elementos:

- Focos de alumbrado para trabajo nocturno.
- Protección contra incendios mediante extintores adecuados.
- Pararrayos temporal.
- Lonas y redes de protección, que permitan aumentar la seguridad de los trabajadores y la comodidad de los mismos, eliminando en gran medida la sensación de altura en las plataformas de servicio.
- Balizamiento nocturno para señalar la construcción como un obstáculo aéreo.
- Evacuador de personas Derope (Descenso-Ascenso combinados) por si se produjese alguna avería o paralización en el sistema de transporte vertical.
- Genéfono en la base y coronación de la construcción, para la comunicación entre equipos de trabajo, o medio alternativo de intercomunicación (transceptores).

El acceso de los trabajadores al encofrado deslizante se realizará hasta la cota +15.00m (aprox.), por un castillete de andamio tubular con escalera inclinada conforme a la legislación vigente, y por encima de dicha cota se accederá utilizando un sistema de elevación específico para este tipo de construcción (válido para el transporte vertical de personas y materiales), que constará principalmente de un cabrestante electro-hidráulico de 2,5Tn de fuerza de elevación y 90m/min de velocidad máxima. El equipo estará dotado de las medidas de seguridad necesarias, incluyendo un sistema paracaídas para la cápsula-cabina de personas.

El transporte vertical del hormigón y materiales desde la base de la chimenea al nivel del encofrado deslizante que se encuentre en cada momento, se realizará también utilizando el sistema de elevación indicado anteriormente.

3.2 UNIDADES

1. Yugos

- + 12 Yugos cónicos.

2. Rejilla de vigas

- + 1 Pieza central – 12 anclajes a viga.
- + 12 Anclajes guía de canal (UNP 220 dobles) 8 x l=4,60 m y 4 x l=3,00 m.
- + 12 Separadores.

3. Cierre de encofrado / sistema de sostenimiento de circunferencia

- + 24 Piezas de cubierta de encofrado (lamas metálicas).
- + Chapa de cubierta interior y exterior de aprox. alto de 1,25 a 1,35 m.
- + Piezas de encofrado soportadas por pilares – pilares en 3 cotas – pilares siempre

entre dos yugos.

- + Lazos de sujeción de circunferencia para la distancia de yugos.

4. Sistema hidráulico

- + 1 Estación de bombeo + 1 bomba de repuesto.
- + 12 Válvulas y tubos flexibles (manguera reforzada) – para los gatos de elevación.

5. Gatos

- + 12 Gatos de 6 toneladas con soporte flexible de gato (un gato por yugo).
- + Los recambios han de estar disponibles en la obra.

6. Barras de trepada

- + Las barras de trepada usadas con los gatos de 6 toneladas son tubos de acero con unas dimensiones de 33,7/4,05mm.
- + Las fuerzas máximas de carga de las barras de trepado son calculadas con los correspondientes factores de seguridad – carga permitida 60 KN/barra.

4. ENCOFRADO DESLIZANTE – CARGAS EN LA ESTRUCTURA

4.1 CARGAS EN LAS PLATAFORMAS DE TRABAJO

Las plataformas de trabajo han sido calculadas para las siguientes cargas:

Carga inerte:	0,5 KN/m ²
Carga viva:	
- Plataforma externa de 1,50m de ancho:	2,5 KN/m ²
- Plataforma interna de 2,0m de ancho:	2,5 KN/m ²
- Pasarela colgante de 0,80m de ancho:	1,0 KN/m ²
- Plataforma superior:	2,5 KN/m ²

4.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN

Inicialmente y hasta la cota +15,00m (aprox.), se utilizará una grúa autopropulsada para elevar el cubo de hormigón (500lts.) hasta la plataforma superior del encofrado deslizante, desde donde se verterá por salida vertical, en carretillas (tipo niñeras o carros chinos) o directamente a las tolvas instaladas en dicha plataforma (12Uds), por donde se distribuirá al molde del encofrado en la plataforma correspondiente.

Superada la cota +15,00m, y una vez instalado el sistema general mediante cabrestante electro-hidráulico, para transporte vertical de personas y cargas por el interior de la construcción, el cubo de hormigón (500lts.) será elevado con dicho sistema hasta la plataforma superior, vertiendo el hormigón en carretillas (tipo niñeras o carros chinos), que lo distribuirán al molde del encofrado, como ya se indicó anteriormente.

Para poder desplazar fácilmente el cubo de hormigón hasta el centro de la construcción en la base de la misma, se instalará un carril metálico por donde discurrirá una plataforma con ruedas que soportará dicho cubo de hormigón.

4.3 POTENCIA DE ELEVACIÓN

La potencia total requerida para izar todo el encofrado deslizante depende de los factores siguientes:

- Peso de la estructura del encofrado completa.
- Peso de las plataformas.
- Peso de las cargas adicionales.

- Peso de los operarios.
- Resistencia funcional entre el hormigón y el molde de acero (calculado con 250 kp/rm.).

4.4 CARGAS DE VIENTO

El encofrado deslizante está diseñado para una velocidad de viento de 55m/segundo (aprox. 200km/hora).

La integridad del sistema está garantizada en condiciones climáticas severas, el trabajo se verá limitado por las velocidades de viento máximas admitidas inicialmente por la grúa autopulsada, y las limitaciones de seguridad y confort de los trabajadores.

5. PREMONTAJE Y MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

5.1 PREMONTAJE

Se conectarán 12 canales guía de los yugos al elemento central.

12 yugos cónicos serán pre-montados sin viga de guía de yugo; un yugo totalmente pre-montado consiste en una pierna de yugo externa y otra interna, una cubierta, conectada al canal de yugo superior y al inferior, los ejes de ajuste de grosor de muro quedan integrados, así como el soporte de la plataforma externa.

5.2 MONTAJE

El montaje del encofrado deslizante será realizado según la secuencia que se indica, una vez se haya colocado el refuerzo horizontal en las esperas del fuste de la cimentación, hasta una altura de 1,50m por encima del punto inicial de elevación:

1. Marcas de nivel en el refuerzo.
2. Marcas en las paredes, en el eje de apertura y en los 12 ejes de yugo.
3. Alza con piezas de madera desde la cota de cimentación hasta la cota más alta de construcción de los cimientos, según las marcas de nivel (la pieza del molde inferior interior/exterior debe ser al menos 20cm más alta que, el punto más alto de hormigonado).
4. Montaje de 12 yugos cónicos sin guías. Tras la instalación y refuerzo de los 12 yugos con un cable, la estrella junto con los 8 pares de canales deben ser alzados hasta la posición prevista del yugo.
5. Enroscado de la estrella correspondiente al número previsto de yugos y descenso de la estrella a lo largo de los yugos hasta que la estrella soporte los yugos.
6. Sujeción de la estrella con los cables de tracción – comprobación de la verticalidad e inclinación de los yugos con un nivel de agua.
7. Desplazamiento de la estrella hasta su posición central correcta mediante el uso de dos plomos para controlar el punto central.
8. Liberación de la pluma de la grúa auxiliar.
9. Colocación de planchas de madera para las pasarelas colgantes.
10. Montaje y colocación de plataformas de madera interiores y exteriores, superiores, pasamanos, etc.
11. Montaje de la guía para la armadura de refuerzo del muro.
12. Montaje de gatos de elevación.
13. Montaje de gatos para reducción de sección.
14. Montaje y comprobación de bombas y tuberías hidráulicas.

15. Instalación de barras de trepada (dispositivo de nivel).
16. Separación de los refuerzos horizontales por debajo de los canales de yugo.
17. Molde kicker (cierre del hueco entre la cimentación y las piezas del molde del encofrado montadas).
18. Montaje de estructura o castillete metálico sobre la plataforma superior, para el sistema de cabrestante electro-hidráulico interior de 2,5Tn (transporte vertical de personas y materiales).
19. Montaje de cabrestante eléctrico auxiliar de 1,0Tn para elevación exterior de armaduras (si procede).
20. Montaje del control de verticalidad (dianas y apoyos en la base de la construcción para los equipos ópticos o laser).

6. HORMIGONES

6.1 MEZCLA DE HORMIGÓN

La mezcla de hormigón necesaria a emplear durante las tareas de encofrado deslizante depende de varios factores: trabajabilidad, tiempo de retardo, velocidad de encofrado, temperatura ambiente del aire, etc. El tiempo de endurecimiento del hormigón debe estar coordinado de tal forma, que la primera capa de hormigón empiece a fraguar cuando 2/3 del molde estén llenos.

El tiempo de endurecimiento para el deslizamiento medio de 4,10m/24horas, debe ser de **unas 5 horas** (solidez de 0,1 N/mm²). **La consistencia del hormigón debe ser fluida (Cono de Abrams 10-15cm).**

La primera capa o tongada para empezar a llenar el molde, se recomienda que sea de un hormigón con árido máximo de 6-12mm y consistencia fluida (14-15cm cono Abrams), facilitando así, la unión entre el hormigón de la cimentación y el nuevo hormigón del fuste, quedando garantizada la calidad final de la junta en este punto, al eliminarse en gran medida la posibilidad de formación de nidos de grava, coqueras, recrecidos, etc.

El hormigón será fabricado en planta externa, sobre la base de la definición específica del proyecto, consensuada con el fabricante y con las características y pautas de suministro indicadas por la dirección de la obra.

6.2 VELOCIDAD DEL DESLIZAMIENTO

Programado: una media de 4,10m de altura/24horas.

6.3 VERTIDO EN EL MOLDE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

El vertido del hormigón debe realizarse en capas o tongadas regulares de 25cm (± 5 cm). El hormigón debe ser compactado por vibración con vibradores de alta frecuencia con cabezas de aguja \varnothing 50-60-70mm. Para muros de ancho igual o superior a 40cm, emplear agujas de \varnothing 90mm Profundidad máxima de vibrado = 40cm.

6.4 RECUBRIMIENTO DEL HORMIGÓN

Para garantizar que el refuerzo tiene el recubrimiento de hormigón correcto, se dispondrá de espaciadores de acero (adaptados al recubrimiento de hormigón-4cm aprox.) montados en la parte superior del encofrado. El largo debe ser de 20cm (máximo).

6.5 TRATAMIENTO DEL HORMIGÓN (CURADO POSTERIOR)

La superficie de hormigón que se encuentra por debajo del molde del encofrado podrá ser repasada para tener el acabado que se requiera, y desde las pasarelas colgantes, se

procederá a su curado mediante tratamiento por pulverización superficial de un producto químico adecuado.

6.6 LIMPIEZA DE PLATAFORMAS Y DEL MOLDE DEL ENCOFRADO

Todas las plataformas y moldes durante el deslizamiento se mantendrán lo más limpias posible. Todos los residuos serán retirados de las plataformas del encofrado deslizante.

7. HUECOS EN EL MURO Y ENCOFRADOS

7.1 TAMAÑOS

Todos los encofrados para huecos a colocar en el molde deben ser 15mm más estrechos que el grosor de los muros relevantes, y suficientemente sólidos para resistir el hormigón fresco.

7.2 MATERIALES

En los huecos mayores de 50x50cm se deben usar encofrados de tablones, y para huecos más pequeños se puede usar poliestireno.

7.3 ENCOFRADOS Y EMBEBIDOS EN EL MOLDE

Todas las inserciones en el molde deben estar ancladas para evitar levantamientos (encofrados de madera y embebidos metálicos).

Todos los huecos y aperturas, así como las placas de anclaje, deben ir fijados al refuerzo original o a las barras de acero de refuerzo especiales del muro de hormigón, con el fin de garantizar que se mantiene la posición correcta durante las tareas de deslizado del encofrado.

Las barras de trepada a su paso por huecos o aperturas, deben quedar rigidizadas, en general cada 0,50m para evitar deformaciones.

8. ACOPIO DE MATERIALES - ARMADURAS

8.1 ACOPIO DE MATERIALES

Todas las partes que irán embebidas en el muro de la chimenea, deben encontrarse acopiadas en la obra, incluyendo la armadura de refuerzo vertical y horizontal (mínimo un 50%).

8.2 ARMADURAS

La elevación de las armaduras de refuerzo será realizada con el cabrestante electrohidráulico por el interior de la construcción, en paquetes de 500kg (máximo).

La longitud máxima de las armaduras verticales y horizontales será de 6,0m.

La armadura horizontal llevará la curvatura con el radio correspondiente, para facilitar su montaje.

Las barras en U del refuerzo horizontal y las uniones deben ir detalladas con el fin de fijarlas por debajo de los yugos.

Almacenamiento en la plataforma superior (armadura vertical), así como en las plataformas interior y exterior del nivel del molde del encofrado (armadura horizontal).

9. ALUMBRADO

Debido a que los trabajos se realizarán tanto de día como de noche (vertido del hormigón las 24 horas), es necesario un alumbrado en la estructura del encofrado deslizante y, a nivel del suelo.

9.1 NIVEL DEL SUELO

Alumbrado suficiente para:

- Plataforma de premontaje.
- Áreas de almacenamiento.
- Oficinas, comedores, aseos y vestuarios.
- Vías de acceso.

9.2 EN EL ENCOFRADO

- Plataforma de trabajo superior: 4-6 focos halógenos de 4.000W según necesidades, montados sobre la estructura o castillete soporte de los medios de transporte vertical con cabrestante electro-hidráulico.
- Plataforma de trabajo intermedia: Se colocara pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W por cada hueco entre yugos.
- Plataforma inferior o colgante (exterior/interior): Se colocara pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W por cada hueco entre yugos.
- Con tiempo frío, las pantallas fluorescentes o focos halógenos de 200W, pueden ser sustituidos por focos halógenos de 500-1.000W para colaborar a mejorar la temperatura ambiente y facilitar el fraguado del hormigón.

10. EJECUCIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

10.1 COMIENZO

Antes de iniciar las tareas del encofrado deslizante, se realizarán las siguientes comprobaciones y pruebas:

- Con días de antelación deben realizarse ensayos previos para definir las mezclas de hormigón más idóneas y controlar el tiempo de endurecimiento de los mismos.
- Protocolo con la revisión geométrica y de espesor del muro inicial.
- Test de oxidación de hidráulicos.
- Control de todas las instalaciones eléctricas y máquinas, incluido el alumbrado.
- Control final de todas las plataformas de trabajo, barandillas y rodapiés de seguridad.
- Revisión del picado y la eliminación de la lechada de cemento superficial de la cimentación, en el interior del encofrado, así como, la limpieza de restos y alambre de atar de las armaduras, para asegurar una buena junta de unión con el nuevo hormigón, evitándose contaminaciones.
- Todas las partes que irán embebidas en el muro, deben encontrarse acopiadas en la obra.
- Instalación y revisión de las barras de trepado.
- Limpieza con agua a presión de las plataformas de trabajo y del molde del encofrado, antes del inicio de las tareas de hormigonado.
- Se realizará un protocolo general del correcto montaje de todos los componentes e instalaciones del sistema del encofrado deslizante, autorizando su puesta en marcha.

10.2 INICIO DE LAS TAREAS DE HORMIGONADO

La tarea de llenado del molde debe realizarse en capas o tongadas de 25cm (± 5 cm), siempre vertidas progresivamente en el mismo sentido (como las agujas de un reloj).

El tiempo de endurecimiento del hormigón debe ser determinado de tal forma que, la primera capa o tongada haya fraguado cuando un 80% del molde esté lleno, y el arranque del encofrado pueda llevarse a cabo. Antes del primer izado del molde, todos los cables de acero que estén fijados al nivel de montaje en los refuerzos metálicos y en anclajes, deben ser soltados, y fijados de nuevo en los niveles inferiores de los yugos, de tal forma que, desde el yugo principal hasta el yugo nº 2, los cables estén cruzados.

Tras aproximadamente 1,00m de deslizamiento, las ruedas de las patas exteriores de los yugos deben ser montadas, y tras el segundo metro deslizado, deben ser montadas, las

plataformas colgantes interiores y exteriores, con sus respectivos suelos, barandillas, pasamanos y rodapiés.

10.3 PRIMER IZADO

Los primeros izados se realizarán después del endurecimiento del hormigón de la primera capa o tongada y cuando la segunda capa o tongada empiece a fraguar.

Tras dos ciclos de izado (50mm) todos los gatos deben ser revisados, y el dispositivo de nivel de las barras de trepado debe estar colocado y, nivelado con manguera de agua o con un instrumento óptico.

10.4 ENCOFRADO DESLIZANTE DE LOS PRIMEROS METROS

Tras la nivelación exacta del encofrado deslizante, es necesario comprobar todos los radios y los grosores de muro. De esta manera se logra una corrección directa de cualquier divergencia causada por variaciones en el grosor de muro y evita problemas con las patas de los yugos.

Con el fin de evitar diferencias de más de 15mm es necesario repetir este proceso durante los 2 turnos de trabajo siguientes. Tras estas 3 revisiones y probables correcciones, será necesario hacer una revisión al día. Habrá que seguir controlando que el “muro blando” en el molde no sobrepase 1,00m de alto (largo de la pieza de encofrado: 1,25m), de lo contrario, las tolerancias del hormigón no estarán garantizadas (se fijará una constante de 0,90m para garantizar la precisión adecuada). Los suelos de la plataforma colgante, estarán compuestos por tablones con un grosor de al menos 50mm, y tendrán que ser de una madera de excelente calidad; sus extremos deberán llevar protección contra las caídas (rodapié), con tablones cruzados atornillados de al menos 15cm en ambos extremos de la plataforma. Además, en los frentes exterior e interior de la plataforma colgante, así como en las plataformas superiores interior y exterior, se colocarán tablones de 12cm de alto por 3cm de grosor = una de las caras irá fija y la otra suelta, debido a la reducción de diámetro. Los pasamanos de las plataformas colgantes han de ser instalados en la cara interior y la cara exterior de las plataformas. Directamente después de haber colocado la piezas de la plataforma colgante, es necesario instalar redes o cubiertas de nailon, y deberán ir montadas desde el pasamanos superior de la plataforma exterior y hasta el pasamanos interior de la plataforma colgante exterior.

10.4.1 Plasticidad del Muro

Hay que tener especial atención para que la parte de hormigón blando en el molde no exceda 0.90m de alto (largo de la pieza de molde = 1,15 m) para garantizar así la precisión requerida.

El tiempo de endurecimiento debe ser monitorizado con una barra de acero de 10mm colocada dentro del hormigón blando, para así establecer el nivel de endurecimiento dentro del molde.

10.4.2 Molde Vacío

Hay que evitar espacios de molde vacío de más de 30cm.

10.4.3 Pasarela Colgante

Tras el deslizamiento de los primeros 2,0m hay que montar la plataforma colgante (interior y exterior).

Las piezas de la pasarela colgante van colocadas sobre las patas del yugo. Tras la colocación del suelo, barandillas y pasamanos, se coloca la red de seguridad y las lonas de protección.

10.4.4 Acceso entre Plataformas

Con el fin de acceder entre las diferentes plataformas y la pasarela colgante, es necesaria la instalación de escaleras en las mismas. La posición debe ser entre dos yugos.

10.5 MANTENIMIENTO CONTÍNUO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

10.5.1 Personal:

Se dispondrá como mínimo de 2 técnicos especializados en el encofrado deslizante durante el montaje, deslizado y desmontaje.

10.5.2 Corrección del Encofrado Deslizante

Las correcciones de radial y de espesor del muro son necesarias en caso de que las diferencias con respecto al diseño superen los 15mm.

La corrección de la verticalidad de la chimenea con cables cruzados, deben realizarse cuando el encofrado deslizante se nivela durante la comprobación de la verticalidad mediante plomada (4 cables cruzados – desde el yugo principal superior hasta la parte inferior de los yugos – nivel del eje de la circunferencia – Total: 8 cables).

10.6 DESLIZAMIENTO EN CONDICIONES ADVERSAS (TORMENTA, VIENTO, ETC.)

El encofrado deslizante estará asegurado en caso de tormenta o fuertes vientos, de acuerdo con los cálculos. Si las previsiones meteorológicas predicen tormentas o fuertes vientos, se montarán en la estructura del encofrado unos trácteles con cables de acero cruzados a modo de abrazaderas, conectados a los yugos en su parte inferior y en la base de las rejillas o puntos resistentes, en dirección contraria al viento. El trabajo de operarios en la plataforma superior en caso de fuertes vientos es posible, siempre que se usen arneses de seguridad si el viento supera los 20-25m/s.

El encofrado deslizante, contará con un sistema de pararrayos y su correspondiente toma de tierra.

Como medida de seguridad, se recomienda paralizar los trabajos con tormentas eléctricas, desalojando los operarios la instalación.

10.7 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Cualquier parada prevista o imprevista debe estar sujeta al procedimiento siguiente:

- El hormigón debe llevar un nivel común en el molde y estar vibrado.
- El molde será izado lentamente para lograr una separación entre el molde y la estructura de vertido.
- El izado final no debe tener lugar al menos hasta que hayan transcurrido 24h desde el último vertido de hormigón.
- El molde no será detenido hasta que falte mínimo 0.80 m, para así preservar una forma plana y estable.
- Antes de retomar nuevamente las tareas de hormigonado, debe asegurarse que el molde esté limpio y vacío, habiéndose picado la lechada superficial que normalmente se forma sobre el antiguo hormigón.

10.8 PARADAS DE EMERGENCIA

En caso de vientos fuertes o de necesidad de evacuación de las instalaciones, hay que seguir el procedimiento siguiente:

- El molde debe ser izado muy lentamente y hay que proceder a limpiarlo.
- Antes del reinicio de las tareas debe eliminarse la posible lechada de cemento superficial del muro en el interior del encofrado, así como, la limpieza de restos y alambre de atar de las armaduras, para asegurar una buena junta de unión con el nuevo hormigón, evitándose contaminaciones.
- El rellenado del molde del encofrado debe realizarse conforme a lo ya indicado en el punto 10.2.

10.9 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADA

El desmontaje de las barras de trepada será realizado después de la finalización de las tareas del encofrado deslizante. En construcciones con altura superior a los 50m, el desmontaje y recuperación de las barras, puede realizarse periódicamente y de forma progresiva, para optimizar el número de las mismas durante toda la obra.

10.10 DOCUMENTACIÓN

Los requerimientos siguientes se aplican como mínimos sobre las tareas del encofrado deslizante, debiendo realizarse diariamente los protocolos correspondientes:

- Revisión del encofrado antes del inicio de las tareas del deslizamiento.
- Diario del deslizamiento incluyendo por cotas: espesores de muro, diámetro, altura deslizada y cotas de incidencias en él mismo.
- Revisión de seguridad durante las tareas del encofrado (en caso de rectificaciones o modificaciones).
- Control por cotas de la verticalidad y posible giro del encofrado.
- Control de los conos del hormigón, consistencias, temperatura de la mezcla y posibles incidencias en el suministro.
- Control de la temperatura ambiente.
- Informe final con toda la documentación.

11. FINALIZACIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

11.1 ÚLTIMO METRO

Tras haber terminado las tareas de vertido de hormigón, el encofrado deslizante debe ser izado con la velocidad habitual hasta que queden unos 1,15m en el hormigón. Hay que colocar unos estribos de 20mm (l=50cm) entre cada yugo (colocación de anclajes para desmontar la parte exterior de la plataforma). Entonces, el encofrado se quedará sujeto por el hormigón – molde superior $\approx +10/15$ cm por encima del nivel del hormigón.

12. DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

12.1 GENERAL

Tras haber fraguado por completo el hormigón, se procederá al desmontaje de todo el conjunto del encofrado deslizante. Todos los elementos y componentes serán bajados a la base de la chimenea mediante el cabrestante electro-hidráulico de 2,5Tn o similar.

Se puede considerar que esta fase del trabajo es la más crítica de todo el proceso, por lo que se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se extremarán las medidas de seguridad en el trabajo.
- Durante las operaciones de desmontaje, en el recinto sólo estará presente el personal designado para dichas tareas.
- Costes de las armaduras verticales sobrantes y remates en el muro superior.
- Se montará una estructura provisional sobre la parte superior del muro de hormigón, para reubicar el castillete o estructura soporte del sistema de transporte vertical con el cabrestante electro-hidráulico de 2,5Tn o similar.
- En primer lugar, todos los objetos sueltos deben ser retirados del encofrado, y las plataformas de trabajo serán limpiadas.
- Extracción de las barras de trepada.
- Desmontaje de los gatos de elevación.
- Se retirarán los soportes del encofrado deslizante de todos los yugos, empezando por los tablonos de madera que se encuentran entre los canales de los yugos y la parte superior del hormigón.
- Todas las conexiones, como mangueras y cables que no sean necesarios, se desconectarán del encofrado.
- Desmontaje del sistema hidráulico.
- Desmontaje del alumbrado.
- Desmontaje de los gatos de reducción.
- Desmontaje de la guía de la armadura vertical.
- Desmontaje progresivo de la plataforma inferior o colgante (interior y exterior).
- Soporte temporal del núcleo central.
- Desmontaje y descenso de separadores, canales de mantenimiento y canales de guía de yugos (uno a uno).
- Descenso del núcleo central.
- Desmontaje de todos los elementos del encofrado deslizante (paneles del molde de la parte interna y externa simultáneamente), incluidos los yugos y las escuadras.

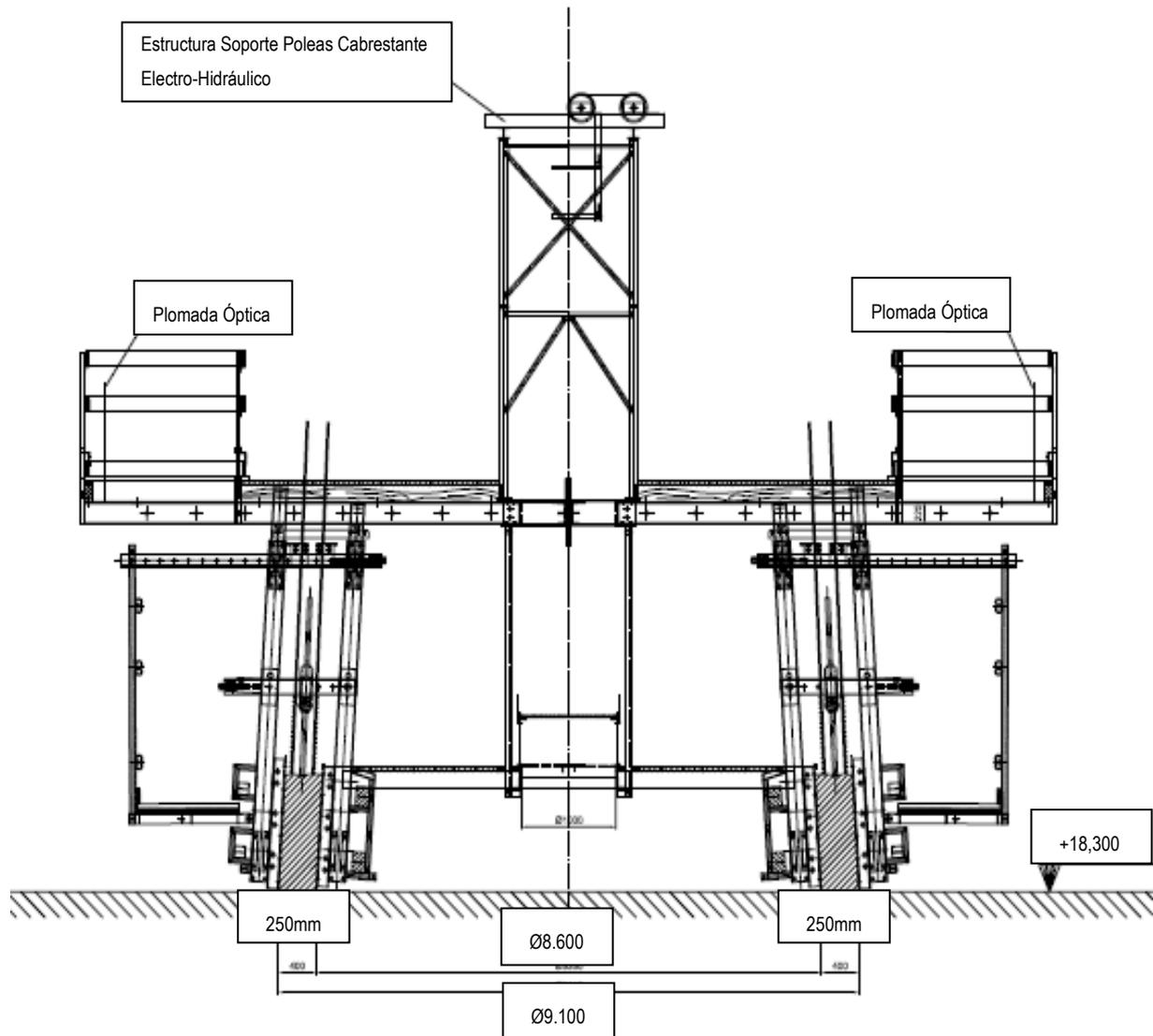
- Desmontaje de las plataformas superiores.
- Limpieza en la base de la chimenea, de todos los componentes del encofrado deslizante desmontados.

12.2 ÁREA DE SEGURIDAD

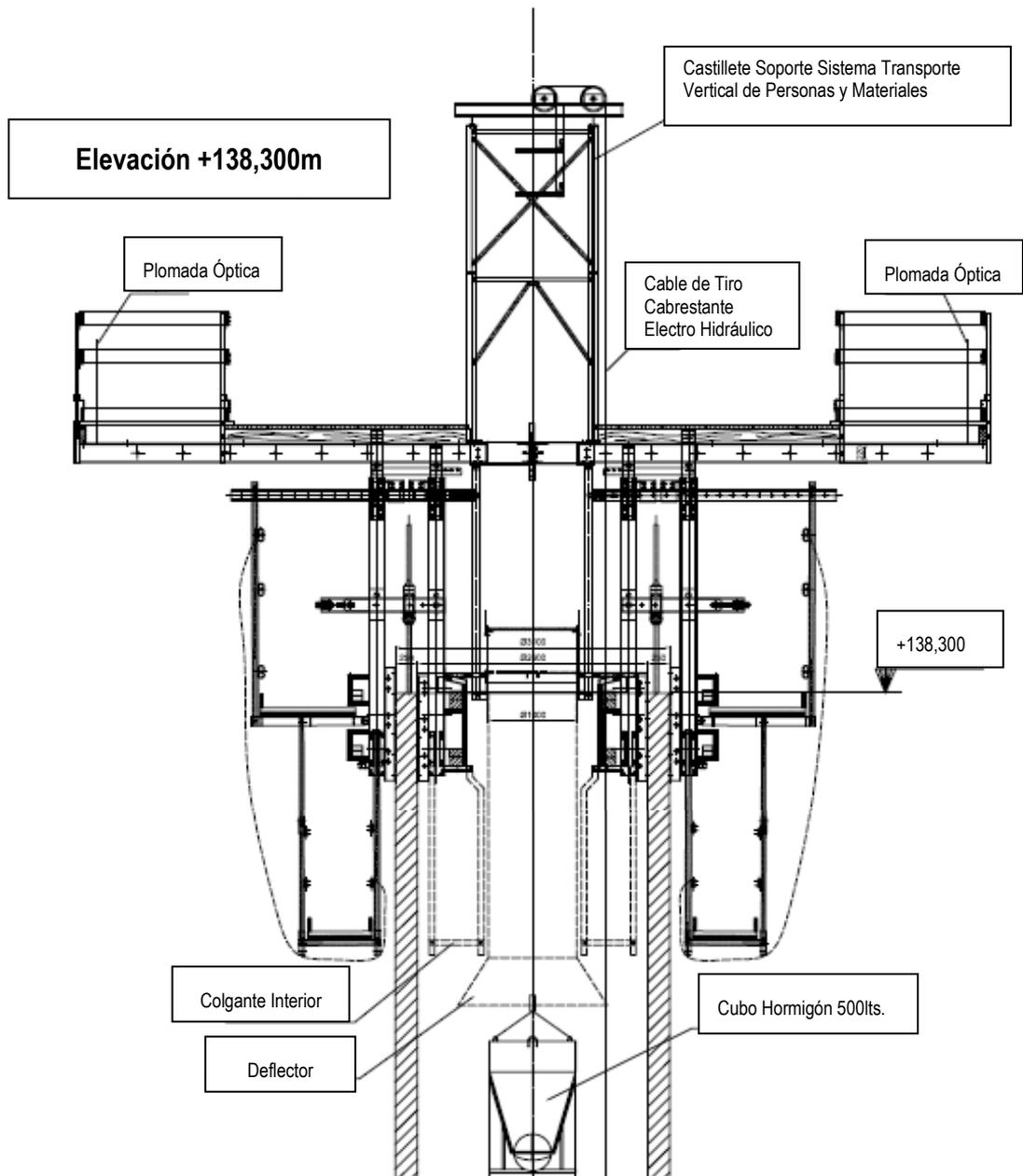
Previamente al inicio del deslizamiento y durante toda la construcción, incluyendo la fase del desmontaje del encofrado, se fijará un área de seguridad en la base de la chimenea, de unos 25m (mínimo) de radio, restringiendo en esta zona, el acceso de todo el personal ajeno a los trabajos.

13. CROQUIS "TIPO" DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

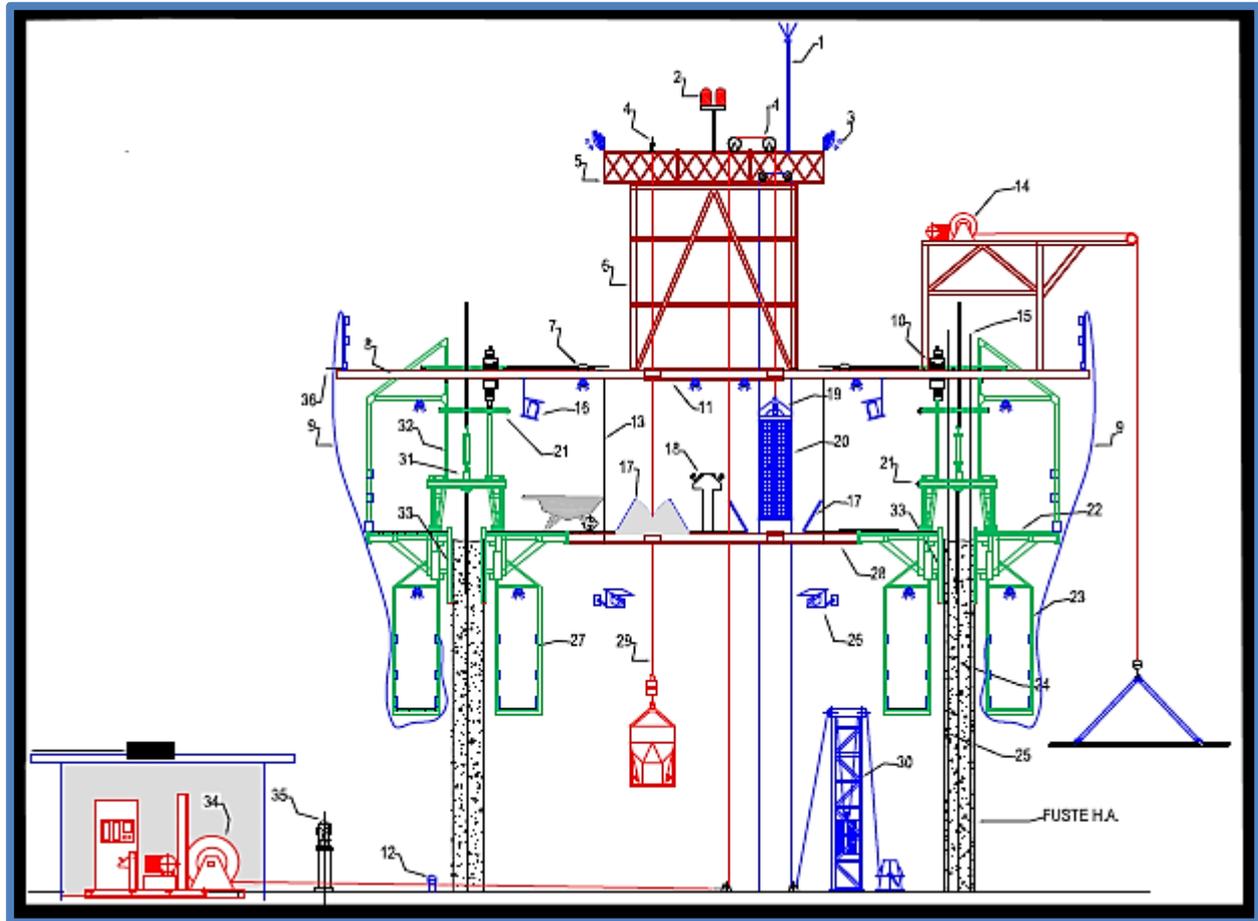
SECCIÓN INICIAL



SECCIÓN FINAL



CONJUNTO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE + SISTEMA DE TRANSPORTE VERTICAL



LEYENDA

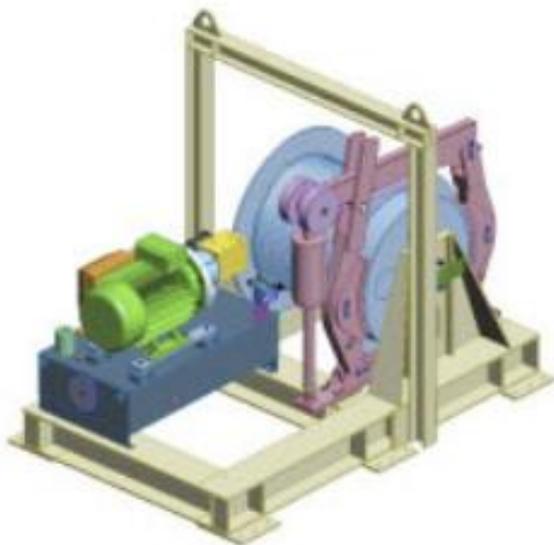
N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN
1	Pararrayos	10	Control de Pendiente Muro	19	Paracaídas. Sistema de Seguridad Cabina Transp. Vertical de Personas	28	Plataforma Principal Interior de Trabajo
2	Balizamiento Nocturno	11	Estructura Portante	20	Cabina Transp. Vertical de Personas	29	Cubo 500lts.
3	Alumbrado	12	Rodillo Cable Flojo. Parada de Emergencia	21	Control Espesor Muro	30	Sistema Cables Guía Cabina
4	Polea de Reenvío	13	Sujeción Plataforma Int.	22	Plataforma Ext. Trabajo	31	Gatos de Trepada
5	Viga Celosía Apoyo Poleas	14	Cabrestante Auxiliar (Opcional)	23	Colgante Inferior de Trabajo Exterior	32	Pórtico del Encofrado
6	Castillete Soporte	15	Acero Armadura Vertical	24	Barras de Trepada	33	Molde Metálico del Encofrado
7	Gato Reducción Diámetro	16	Monitor Circuito TV	25	Acero Armaduras Horizontales	34	Cabrestante Ferro 2,5Tn.
8	Plataforma Superior de Trabajo	17	Compuerta Neumática	26	Cámara Circuito TV	35	Puesto Control Verticalidad
9	Red de Seguridad	18	Pupitre Mando Sistema Transporte Vertical.	27	Colgante Inferior. de Trabajo Interior	36	Diana Control Verticalidad

14. TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES

El sistema para transporte vertical de personas y materiales, estará dotado de las medidas de seguridad necesarias, incluyendo un sistema de bloqueo, denominado paracaídas para la cápsula-cabina de transporte de personas, que evita que esta pueda caer al vacío ante una situación anómala de funcionamiento. También cuenta con un rodillo de cable flojo del cabrestante, que paraliza el equipo cuando detecta que el cable de tiro o tracción no tiene la tensión adecuada.

El cabrestante electro-hidráulico tipo FERRO o similar, se puede utilizar para el transporte vertical de personas y cargas a las plataformas de trabajo del sistema del encofrado deslizante.

Cabrestantes de personal



Principales Datos Técnicos:

- Cabrestante electro-hidráulico.
- Potencia del motor eléctrico 45Kw.
- Capacidad de carga útil 2,5Tn.
- Velocidad variable hasta 90m/min.
- Hasta 5 velocidades seleccionables.
- Longitud del tambor 800mm.
- Cable de tiro de 18mm de diámetro, tipo superflex 35x7+0 (antigiratorio).
- Carga de rotura del cable no inferior a 28Tn.
- Capacidad de enrollamiento de cable variable (en tres capas 350m).

- Cumple con el Reglamento de Seguridad en las Máquinas (Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre).
- Conformidad de fabricación con Norma UNE 22-010-90.
- Homologado con certificado CE.

El transporte vertical de materiales y personas durante el deslizamiento con el encofrado deslizante de la chimenea, y fases posteriores de la construcción, se realizará mediante la disposición de un sistema de elevación específico para este tipo de trabajos, que se encuentra debidamente detallado en el croquis correspondiente.

El sistema consta principalmente de un cabrestante electro-hidráulico Marca FERRO o similar, encontrándose ampliamente experimentado durante más de 25 años en la construcción, y reparación de todo tipo de chimeneas industriales, describiéndose a continuación sus componentes más destacados. **Se facilitará declaración de conformidad CE del cabrestante, verificación de la instalación y funcionamiento por parte de empresa auditora competente.**

➤ **Cabrestante.**

El cabrestante del tipo electro-hidráulico está diseñado para elevar la cabina del montacargas a alta velocidad con desplazamiento por un solo cable, pero con la posibilidad de aproximarse a los niveles de parada a una velocidad lenta controlada.

⇒ **Marca:** FERRO o similar.

⇒ **Características:**

Capacidad de carga: 2.500kg.

Velocidad del cable: 0 a 90m.p.m.

Mando: Manipulador con 5 puntos de velocidad en cada sentido.

⇒ **Motor eléctrico:**

El motor eléctrico con una potencia de 60 HP, permanece conectado durante la jornada de trabajo, no siendo necesario su arranque y parada para realizar las maniobras de movimiento de la carga. Estará protegido contra sobrecargas, inversión de fase, etc.

⇒ **Transmisión:**

La transmisión de potencia desde el motor eléctrico hasta la caja reductora, se realiza mediante una bomba de caudal variable, y un motor de caudal fijo (de pistones axiales), trabajando en circuito cerrado hidrostáticamente. El control de las velocidades se realiza mediante el manipulador por control remoto, consiguiéndose una gran precisión, tanto en el posicionamiento de las cargas, como, de las aceleraciones.

La aceleración en el arranque, como en la parada, está limitada a 1m.p.s. mediante el propio sistema. Se puede realizar una inversión bruscamente en el manipulador (velocidad máxima subiendo, a velocidad máxima bajando), sin que la carga sufra una aceleración superior a 1m.p.s.

⇒ Reductor:

La caja reductora de tipo epicicloidal, está atornillada en un lateral del tambor, sirviendo de soporte al mismo tiempo. El motor hidráulico está unido directamente al 1^{er} tren de reducción, eliminando cualquier problema de desalineación.

⇒ Tambor:

El tambor para el enrollamiento del cable en multicapa, está roscado al paso del cable en toda su longitud. Por un extremo, está apoyado sobre la caja reductora, y por el otro, sobre un soporte con rodamiento oscilante, lo que le permite ajustarse a las deformaciones sufridas por el bastidor.

⇒ Polea de freno:

La polea de freno, para el freno de trabajo y de emergencia, está mecanizada directamente en el tambor, formando un solo conjunto con el mismo.

⇒ Frenos:

Por el sistema se controla la parada precisa de la carga en cualquier punto del recorrido, pasando a caudal cero la bomba, al colocar en punto muerto el manipulador. La carga permanecerá inmovilizada mediante el freno de trabajo, mientras la bomba suministre caudal al motor, siendo automático el funcionamiento del freno.

En caso de rotura hidráulica o mecánica, actuará el freno de emergencia, independientemente de la posición del manipulador.

Este freno actuará también, en caso de irregularidades: sobre-velocidad, finales de carrera de seguridad, pedal de hombre muerto, etc.

Se dispone de enclavamientos, que impiden la puesta en marcha del cabrestante, si no están operativos los sistemas de frenos, control de bomba, etc.

➤ **Cable elevador.**

El cable único del elevador, es de 18 mm de diámetro, tipo superflex 35 x 7 + 0 (antigratorio) o similar. Va desde el tambor del cabrestante, hasta la polea receptora de la viga celosía instalada previamente en la coronación de la chimenea. En la viga celosía indicada anteriormente existe una segunda polea que hace de retorno enviando el cable de tiro por el centro de la chimenea hasta la cabina del elevador, que discurrirá por el interior de la construcción.

El cable tendrá una carga de rotura no inferior a 28Tn.

➤ **Torno superior.**

Es un bastidor soldado o atornillado, acanalado, que contiene dos poleas de diámetro suficiente para adaptarse al cable del elevador, las poleas van montadas en cojinetes de bolas estancos, sobre elementos de montajes especiales, y todo el conjunto se integra en una viga celosía o similar, fijada en la coronación de la chimenea.

➤ **Cables guía.**

Los dos cables guía de la cabina, son de hilo de acero de Ø14mm. Van sujetos a la viga celosía (o similar), donde queda instalado el torno superior y bajan por el interior de la construcción, hasta un dispositivo tensor colocado en la base de la misma.

➤ **Cabina para pasajeros.**

La cabina para pasajeros es una construcción a base de un bastidor metálico y un piso metálico o de madera muy sólido, con paredes y techo de chapa de acero (paredes chapa perforada). Lleva una puerta con doble hoja para acceso, que se acciona manualmente. Está proyectada para 2-3 personas, con un espacio interior de 0,70x0,70x2,00m (aprox.). La puerta lleva un cerrojo de seguridad, de tal forma, que no se pueda producir una apertura involuntaria de la misma.

La cabina va suspendida del cable elevador mediante un dispositivo de seguridad llamado paracaídas, estando impedido su giro, por el dispositivo especial de los cables guía.

➤ **Control emisor-receptor.**

Este sistema se acciona con el control situado en la plataforma de trabajo interior. Al cargar el elevador en tierra, el operario maquinista que está en la referida plataforma, arrancará la elevación del montacargas y lo controlará hasta su destino.

Opcionalmente, también se podrá controlar el elevador desde el pupitre de mandos instalado en el propio cabrestante en la base de la instalación.

➤ **Dispositivos de seguridad.**

Los dispositivos de seguridad que lleva instalado el sistema de elevación son los siguientes:

- ⇒ **En el punto de parada superior:** Límite de trayecto ascendente accionado mecánicamente y de reconexión automática.
- ⇒ **En el punto de parada de la plataforma principal de trabajo:** Interruptor manual para corte del suministro de alimentación eléctrica.
- ⇒ **En el punto de parada inferior:**
 - Límite de trayecto descendente y reconexión automática instalado en el tambor del cabrestante.

- Interruptor manual para corte del suministro de alimentación eléctrica en el pupitre de mandos.
- ⇒ **Interruptor de cable flojo:** Como medida complementaria de seguridad se ha previsto un dispositivo automático (rodillo corta-corriente), que instalado en el recorrido del cable entre el tambor del cabrestante y la polea móvil de la base de la chimenea, detiene inmediatamente el cabrestante en el caso de que el cable de elevación perdiese la tensión de trabajo habitual, o de que, el tambor soltase demasiado cable.
- ⇒ **Paracaídas:** Se ha previsto un freno de seguridad en la cápsula-cabina para pasajeros. Este freno actúa de manera automática en el poco probable caso de rotura del cable de elevación, impidiendo la caída de la citada cápsula-cabina, la cual quedaría inmovilizada y suspendida de los cables guía, por acúñamiento instantáneo del paracaídas.

Ver también disposición del sistema de transporte vertical en el encofrado deslizante (croquis del punto 13).

15. BIBLIOGRAFÍA

15.1 REFERENCIAS

- Foto Portada y Resto de Fotos: SIDERAR (San Nicolás de los Arroyos-Argentina) – Nueva Chimenea Baterías 3 y 4 (H: 120m).
- Encofrado Deslizante: SLIPFORM INTERNATIONAL (página web).
- Cabrestante Electro-Hidráulico: FERRO (Ingeniería y Sistemas de Elevación). Cabrestante Transporte Vertical de Personas y Materiales (página web).
- El autor divulga en este documento su propio conocimiento y experiencia, adquiridos durante más de 35 años realizando construcciones, mantenimiento y reparación de todo tipo de chimeneas industriales.

07/01/2.025