

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**APLICACIÓN DE ENCOFRADOS DESLIZANTES EN
ESTRUCTURAS VERTICALES**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

ERIK PAVEL PINAO ELERA

ASESOR: ING. ALBERTO LLAVE BAZAN

Lima, Febrero del 2011

RESUMEN

La presente tesis pretende hacer un resumen del procedimiento constructivo con encofrados deslizantes aplicados a estructuras verticales y dar una información práctica sobre cómo se vienen ejecutando las obras con encofrados deslizantes en el Perú en los últimos años. Con la idea de contribuir con una guía práctica en la introducción del uso y aplicación de los encofrados deslizantes, se hace un desarrollo de los contenidos, relacionando los conceptos teóricos con la experiencia de su aplicación en las últimas obras realizadas.

Como lo sintetiza el título, se va a desarrollar la aplicación de los encofrados deslizantes a estructuras verticales con paredes de espesor constante en la altura y que en algunos casos particulares presenta variación de su espesor por escalones. Para comprender el desarrollo de su proceso constructivo se describirá cada una de las partes que conforman el sistema destacando lo que se emplea actualmente en el medio; las obras previas y posteriores al levantamiento que se necesitan programar y prever con anticipación; y se realizará un recuento de la gran diversidad de aplicaciones que tiene este sistema.

En el desarrollo de las tesis se analizarán las ventajas, desventajas y condiciones de empleo que presenta la aplicación de los encofrados deslizantes a estructuras tipo silo frente a sistemas convencionales, principalmente frente a los encofrados metálicos cuyo uso viene siendo bien difundido debido al boom actual de la construcción en el Perú, analizando la altura mínima a partir de cual resulta rentable el empleo de este sistema. Y a manera de ejemplo, se presentará el desarrollo de la memoria de cálculo de un encofrado deslizante para un silo unicelular.

Finalmente, se darán las pautas y consideraciones que se deben tener en cuenta en la aplicación del sistema de encofrados deslizantes a la construcción de viviendas multifamiliares, así como las soluciones que se pueden dar para la ejecución de los elementos horizontales.

En el presente texto no se ha entrado en detalles de las protecciones y consideraciones a tener en climas extremos (fríos y calientes), medidas de seguridad y de protección contra incendios, características principales de los materiales como lo son el cemento, el acero y los agregados; y de los diseños de mezclas de concreto.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

- Área de Construcción -

ALUMNO: ERIK PAVEL PINAO ELERA
 CÓDIGO: 1999.0225.0.412
 ASESOR: Ing. Alberto Llave Bazán
 TEMA N°: 112

TÍTULO

“Aplicación de Encofrados Deslizantes en Estructuras Verticales”.

INTRODUCCIÓN

Si bien en el Perú se viene usando los encofrados deslizantes desde hace unos cincuenta años, hay muy poca literatura e investigación sobre este procedimiento constructivo que ha demostrado su conveniencia en la construcción de diversas estructuras elevadas.

OBJETIVOS


Estudiar la aplicación de los encofrados deslizantes a estructuras verticales, analizando sus ventajas y desventajas frente a sistemas de encofrados convencionales, y evaluando su aporte a la construcción en cuanto a la calidad de las obras, aumento de la productividad y reducción de costos.

Hacer las recomendaciones del caso para mejorar los procesos y ampliar el campo de aplicación del sistema.

PLAN DE TRABAJO

1. Reseña histórica de los encofrados deslizantes, desarrollo de la construcción con encofrados deslizantes en el mundo y en el Perú. Explicación del sistema inicial y las innovaciones en la actualidad.
2. Descripción del sistema de encofrados deslizantes, equipo de izaje, encofrados, plataformas de trabajo, instalaciones varias.
3. Proceso de construcción con el sistema de encofrados deslizantes; obras previas, durante y posteriores al levantamiento (izaje).
4. Aplicaciones diversas de los encofrados deslizantes en elementos verticales, elementos repetitivos y elementos horizontales. Limitaciones en cuanto a su uso.
5. Comparación entre el proceso constructivo con encofrados tradicionales y el sistema con encofrados deslizantes aplicado a estructuras tipo silos, reservorios, torres y chimeneas, determinando la altura mínima de estructura para la cual resulta rentable el empleo del sistema de encofrados deslizantes.
6. Aplicación del sistema de encofrados deslizantes a la construcción de viviendas multifamiliares.
7. Riesgos en el uso de los encofrados deslizantes y la forma de controlarlos.
8. Conclusiones.

Lima, 5 de Agosto de 2005.


 NOTA
 Extensión máxima: 100 páginas.





A mis padres, Esteban y Nimia, pilares fundamentales en mi formación, por su confianza, por su apoyo constante e incondicional, y por enseñarme a ser una persona íntegra y perseverante.



A mi hermana Alejandra, a mis tíos Rochy y Victor, a Etienne y Marita, por el inmenso cariño que les tengo y por estar siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud:

Al Ingeniero Alberto Llave Bazán, por su confianza y apoyo. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como profesional

Al Ingeniero Alberto Llave Espinosa, por permitirme iniciar en el trabajo con el sistema de encofrados deslizantes y por sus invalorable consejos.

Al Maestro Jesús Gomes Ramos, por su amistad, confianza, apoyo y su gran paciencia al enseñarme el funcionamiento de sistema de encofrados deslizantes.

Al Ingeniero José Torres Benites, por los conocimientos y experiencias compartidas.

A mis maestros, amigos, amigas y a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido en la consolidación de este trabajo

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	I
APROBACION DE TEMARIO DE TESIS.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I:	
DESARROLLO DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES.....	3
1.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES.....	3
1.2. SISTEMA DE ELEVACIÓN INICIAL	4
CAPÍTULO II:	
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DE LAS PARTES QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES	7
2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	7
2.2. PARTES PRINCIPALES DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	8
2.3. INCLINACIÓN DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	9
2.4. PANELES DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	10
2.4.1. <i>La pared del panel.....</i>	<i>11</i>
2.4.2. <i>Estructura del panel.....</i>	<i>11</i>
2.5. YUGOS O CABALLETES METÁLICOS	13
2.6. PLATAFORMAS DE TRABAJO	14
2.7. ENTRAMADOS-SOPORTES DE LAS ARMADURAS E INSTALACIONES.....	17
2.8. INSTALACIONES DE ELEVACIÓN DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	17
2.8.1. <i>Gatos.....</i>	<i>18</i>
2.8.2. <i>Conductos de Conexión entre los gatos y las bombas de aceite</i>	<i>20</i>
2.8.3. <i>Bombas de aceite.....</i>	<i>20</i>
2.8.4. <i>Funcionamiento del sistema de elevación</i>	<i>21</i>
2.9. BARRAS DE APOYO.....	22
2.10. FUNDAS O VAINAS PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS BARRAS TREPAPAR	23
2.11. CONTROL DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	23
2.11.1. <i>Nivel de la plataforma.....</i>	<i>24</i>
2.11.2. <i>Verticalidad de la estructura.</i>	<i>25</i>
2.11.3. <i>Giros de la plataforma</i>	<i>26</i>

2.12.	INSTALACIONES DIVERSAS	26
2.13.	MARCOS Y MOLDES PARA LOS VANOS, PASES Y ABERTURAS	27
2.14.	DISPOSITIVOS DIVERSOS	28
2.15.	PLATAFORMAS	29
2.15.1.	<i>Escaleras de acceso</i>	29
2.15.2.	<i>Sistemas para izaje de materiales</i>	29
 CAPITULO III:		
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CON ENCOFRADOS DESLIZANTES33		
3.1.	EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS PREVIOS.....	33
3.1.1.	<i>Replanteo de la Construcción</i>	33
3.1.2.	<i>Colocación del concreto en los cimientos</i>	33
3.1.3.	<i>Preparación de la armadura</i>	34
3.2.	CONFECCIÓN DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	34
3.2.1.	<i>Materiales empleados para confeccionar el encofrado deslizante</i>	34
3.2.2.	<i>Ejecución de las paredes del encofrado deslizante.</i>	35
3.2.3.	<i>Confección de las plataformas de trabajo</i>	37
3.2.4.	<i>Preparación de la instalación de control de la posición del encofrado deslizante</i>	38
3.2.5.	<i>Fabricación de las barras de trepar y de las fundas</i>	38
3.2.6.	<i>Preparación de la gatos, sistema hidráulico y accesorios</i>	38
3.2.7.	<i>Preparación y etiquetado de las piezas auxiliares</i>	39
3.3.	MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	39
3.3.1.	<i>Montaje de los paneles del encofrado deslizante</i>	39
3.3.2.	<i>Montaje de los yugos metálicos</i>	40
3.3.3.	<i>Montaje de las plataformas de trabajo</i>	40
3.3.4.	<i>Montaje de los gatos, sistema hidráulico y accesorios</i>	41
3.3.5.	<i>Montaje de las Instalaciones Auxiliares</i>	41
3.4.	TOLERANCIAS ADMISIBLES	42
3.4.1.	<i>En la confección del encofrado deslizante</i>	42
3.4.2.	<i>En la confección de marcos de puertas y ventanas</i>	42
3.4.3.	<i>En el montaje del encofrado deslizante. (Para encofrados curvos)</i>	42
3.4.4.	<i>Para elementos verticales, hechos con deslizante (ACI 117-90)</i>	42
3.4.5.	<i>Para estructuras tipo Silo hechas con deslizantes (ACI 313-97)</i>	43
3.5.	CONSIDERACIONES EN CUANTO AL CONCRETO.....	43
3.6.	VACIADO DEL CONCRETO Y DESLIZAMIENTO DE LAS PAREDES.	45
3.6.1.	<i>Llenado inicial del encofrado.</i>	45

3.6.2.	<i>Inicio del deslizamiento del encofrado.</i>	46
3.6.3.	<i>Montaje de los andamios colgantes.</i>	46
3.6.4.	<i>Actividades durante el deslizamiento del encofrado.</i>	46
3.6.5.	<i>Separación y aseguramiento del encofrado deslizante.</i>	48
3.7.	DESMONTAJE, REVISIÓN Y TRANSPORTE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	48
3.7.1.	<i>Desmontaje de las partes del encofrado deslizante que se encuentran en la plataforma superior.</i>	48
3.7.2.	<i>Desmontaje del encofrado deslizante.</i>	49
3.8.	ENCOFRADO DEL TECHO O LOSA DE CERRAMIENTO DE UN SILO.	49
3.9.	DESENCOFRADO DE LA LOSA DE TECHO.	50

CAPITULO IV:

APLICACIONES DIVERSAS DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES, VENTAJAS Y CONDICIONES DE SU APLICACIÓN.....51

4.1.	APLICACIONES DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES VERTICALES	51
4.1.1.	<i>Construcciones industriales</i>	51
4.1.2.	<i>Obras de edificación</i>	53
4.1.3.	<i>Obras de fábrica, hidráulicas y mineras.</i>	54
4.1.4.	<i>Torres Elevadas</i>	56
4.2.	APLICACIONES ESPECIALES DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES VERTICALES	57
4.2.1.	<i>Construcciones aporricadas.</i>	57
4.2.2.	<i>Construcciones con paredes de espesor variable con la altura.</i>	59
4.2.3.	<i>Construcciones de sección variable con la altura.</i>	60
4.2.4.	<i>Aplicaciones especiales de los Encofrados Deslizantes.</i>	61
4.3.	APLICACIONES DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES HORIZONTALES	62
4.4.	VENTAJAS DEL EMPLEO DE ENCOFRADOS DESLIZANTES	62
4.5.	DESVENTAJAS Y CONDICIONES DEL EMPLEO DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES.	64

CAPITULO V:

COMPARACION DE COSTOS Y MEMORIA DE CÁLCULO.....67

5.1.	COMPARACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO CON ENCOFRADOS TRADICIONALES Y EL SISTEMA CON ENCOFRADOS DESLIZANTES APLICADO A ESTRUCTURAS TIPO SILOS, RESERVORIOS, TORRES Y CHIMENEAS	67
5.2.	MEMORIA DE CÁLCULO DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES.	81
5.2.1.	<i>Datos generales</i>	81
5.2.2.	<i>Fuerzas de Fricción.</i>	81

5.2.3. Verificación de la capacidad de carga del encofrado deslizante	82
5.2.4. Empuje del concreto.....	83
5.2.5. Estabilidad de los paneles del encofrado deslizante.....	83
5.2.6. Verificación de pandeo en las barras de apoyo	90

CAPITULO VI:

**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES A LA
CONSTRUCCION DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES93**

6.1. ESTRUCTURACIÓN	93
6.2. ASPECTOS ARQUITECTÓNICOS.....	94
6.3. SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES	94
6.4. INSTALACIONES SANITARIAS.....	95
6.5. INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE TELECOMUNICACIONES.	95
6.6. LOSAS DE PISO INTERMEDIAS, SU APOYO EN LOS MUROS Y SU EJECUCIÓN.	96
6.7. DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	98

CAPITULO VII:

**CUIDADOS ESPECIALES EN EL USO DE ENCOFRADOS DESLIZANTES Y LA
FORMA DE CONTROLARLOS.....100**

CAPITULO VIII:

CONCLUSIONES.....105

BIBLIOGRAFIA.....107

INTRODUCCION

El crecimiento de los centros urbanos y el desarrollo industrial han ido exigiendo, cada vez más, el incremento de construcciones, pero en plazos cada vez menores, cuya realización era imposible por los métodos tradicionales de construcción. Esto conllevó a la introducción de métodos de construcción industriales, cuyo objeto fue transformar la actividad estacional en otra industrial de producción continua que asegure una productividad elevada y una reducción de costos. Realizando una cadena tecnológica compleja, cuyo paso se fija de antemano, el método de los encofrados deslizantes asegura la industrialización de obras in situ y permite construir estructuras elevadas con un único encofrado de 1-1.50 m. de altura, que se eleva por si solo a una velocidad de 3 a 7 m. de altura por día, apoyándose sobre la construcción ya ejecutada, con supresión total de cimbras y andamios. (“Dinescu et al, 1970”)

Si bien en el Perú se vienen usando los encofrados deslizantes desde hace más de cincuenta años, hay muy poca bibliografía e investigación sobre este procedimiento constructivo que ha demostrado su conveniencia en la ejecución de diversas estructuras elevadas (Reservoirios elevados de Agua, silos unicelulares, silos multicelulares, chimeneas, pilares, edificios industriales, etc) por la diversidad de ventajas que presenta este procedimiento constructivo, lo cual ha seguido comprobándose en las construcciones realizadas en los últimos años.

En el Perú, la aplicación de encofrados deslizantes no ha sido muy difundida como en otras latitudes, por la limitación misma de los proyectos y la poca continuidad de obras que permitan su aplicación. Su empleo se ha limitado a las construcciones elevadas con paredes de espesor constante en la altura, y a unas pocas construcciones con variación del espesor de sus paredes y contrafuertes. Sin embargo, teniendo en cuenta el rápido desarrollo de la construcción en el Perú y las

necesidades de las industrias que amplían y modernizan sus instalaciones, puede vaticinarse que la aplicación de los encofrados deslizantes será cada vez más frecuente y se usará sistemas mucho más sofisticados que permitan adaptarse a los requerimientos de las nuevas estructuras.



Fig. In.0 Silo de Homogenización – Cementos Yura – Yura – Arequipa – 2010

Figura In.0

Imagen propio del autor.

CAPÍTULO I:

DESARROLLO DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES

1.1. Reseña histórica de los encofrados deslizantes

Las construcciones industriales, con sus diferentes tipos de obras elevadas, han constituido, desde un inicio y a lo largo de la historia, el principal campo de aplicación de los encofrados deslizantes.

Las primeras obras en las que se emplearon encofrados deslizantes fueron silos, en 1903, en Estados Unidos. Después en 1924, en Alemania y más tarde en la Ex-Unión Soviética; siguieron con cortos intervalos, depósitos elevados de agua (Alemania, 1931), chimeneas de fábrica de forma cilíndrica (Alemania, 1932), presas (Alemania, 1933), faros (Alemania, 1939), infraestructuras de puentes, torres de televisión, salas de máquinas, estructuras de edificios industriales, etc. (“Dinescu et al, 1970”).

El método de los encofrados deslizantes se empezó a desarrollar notablemente desde que se mecanizó el sistema de elevación del encofrado con la introducción de instalaciones electrohidráulicas. A partir de allí, el método condujo a la reducción del costo y duración de la ejecución de las obras, y a importantes economías de mano de obra y materiales. En un inicio el sistema se utilizó solo para obras industriales, fue luego adaptado a la construcción de edificios de viviendas multifamiliares, lo que permitió reducir los tiempos de ejecución. Con el tiempo, el empleo de este sistema se fue extendiendo hacia una amplia gama de diferentes aplicaciones en el área de la construcción. (“Dinescu et al, 1970”).

El uso de encofrados deslizantes para construcciones de concreto armado se inicia en nuestro país en el año 1954 (Gallegos, 1992), siendo la empresa “Cillóniz Olazábal Urquiaga S.A (COUSA)” quien con autorización de la firma B M Heede, propietaria de la patente, introdujo la gatas hidráulicas (Sistema “C” Concretor) seis

años después de su empleo en los Estados Unidos. La primera gran obra que se realizó con este sistema de elevación fueron los Silos para granos en el terminal marítimo del Callao en el año de 1955; dicha obra consta de una batería de 16 silos (celdas) circulares de 8 m. de diámetro y 33.80 m. de altura; y además, en la parte delantera lleva un edificio de cabecera de 64.80 m. de altura dividido en seis pisos. Sin embargo, hay que mencionar que utilizando un sistema de elevación en base a gatos de rosca de mando manual, fueron ejecutados el primer grupo de silos por Maltería Lima, cerca de Chaclacayo, provincia de Lima, Perú; lo mismo que los silos de 2000 Ton c/u, que en dos grupos de a cuatro, tiene actualmente Cementos Lima en Atocongo, Lima, los cuales fueron ejecutados por la firma Christiani & Nielsen (Empresa Danesa) por el año de 1940 y que están actualmente en pleno uso. (Gallegos, 1992).

En nuestro país los encofrados deslizantes han sido utilizados mayormente en la construcción de torres, reservorios elevados, silos (para cal, cemento, granos, minerales, etc) y estructuras industriales. Así como, en algunas pocas obras de edificación: Urbanización Ferroviarios, Distrito de María Isabel y Ciudad Satélite , Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa.

1.2. Sistema de Elevación Inicial

En un principio, el método más común para elevar las formas deslizantes ha sido con el empleo de gatos de tornillo o rosca, es decir gatos mecánicos, los cuales ordinariamente se colocan sobre caballetes de madera.

Un gato de rosca, de mando manual, está formado por cuatro partes: tuerca, eje roscado, pieza para imprimir el movimiento de rotación (pieza de Torsión) y manguito de fijación (de bloqueo). Para poner en funcionamiento el gato, se gira a mano la pieza que sirve para imprimir el movimiento de rotación, por medio de la palanca introducida para ello en una de los cuatro agujeros dispuestos en cruz. Cuando gira la pieza, el eje roscado gira también y durante ese tiempo la tuerca se levanta y arrastra hacia arriba el caballete y el encofrado deslizante. Durante su funcionamiento, el gato entero se apoya sobre la barra a través del manguito de fijación.

Cuando la traviesa inferior del caballete llega a la altura del manguito de fijación, se levanta el eje roscado girando en sentido inverso, mientras la carga debida es soportada por los gatos vecinos. Se suelta a continuación el manguito de fijación,

se desliza hacia arriba hasta que esté en contacto con el eje roscado y se fija en su nueva posición, después de lo cual el gato se encuentra listo para una nueva elevación. (“Dinescu et al, 1970”). (Ver Fig.1.1.)

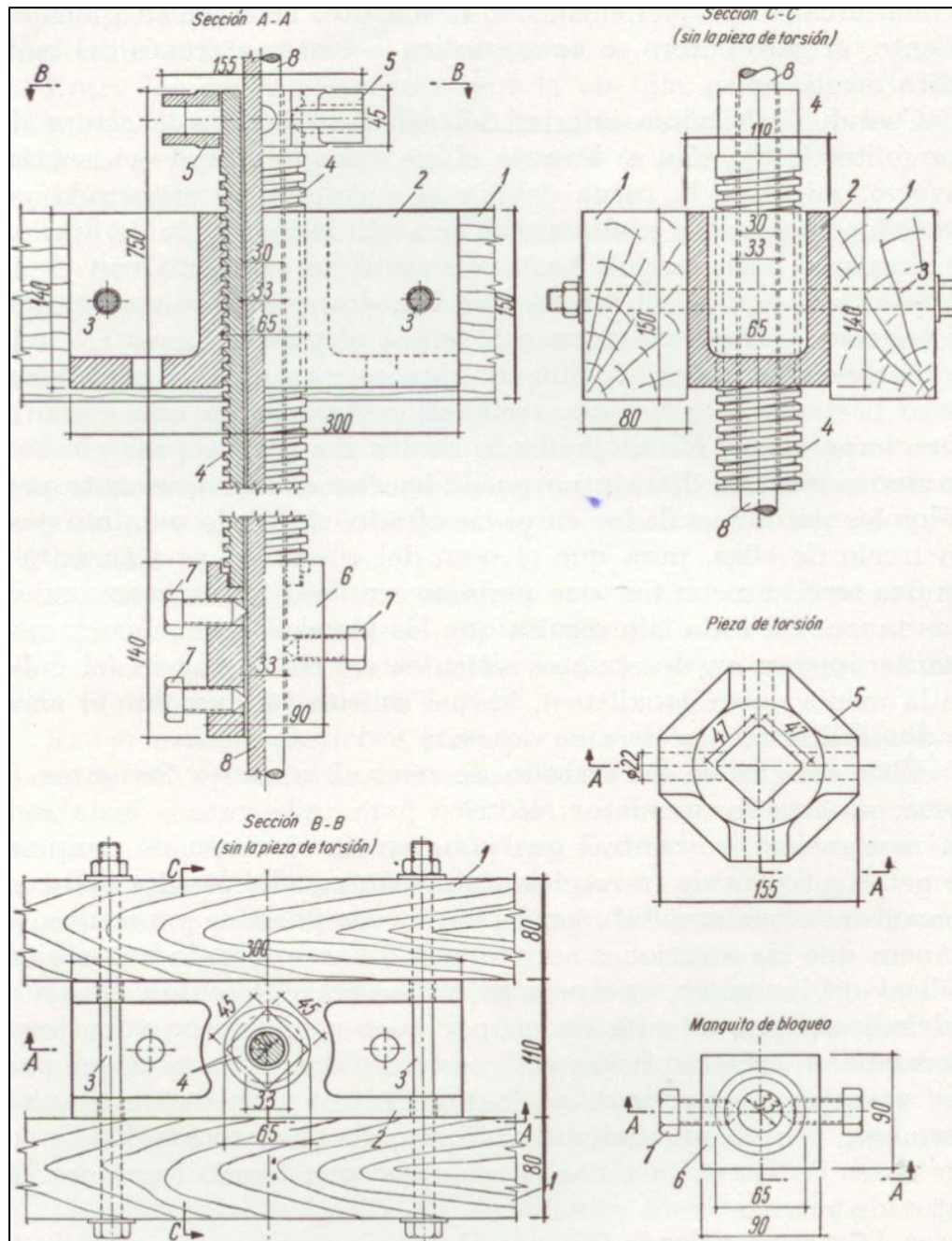


Fig. 1.1. Gato de Rosca

1.Traviesa Superior del Caballete; 2. Tuerca; 3. Tornillo para fijar la tuerca a la traviesa superior del caballete; 4. Eje Roscado; 5. Pieza de torsión; 6. Manguito de bloqueo; 7. Tornillo para fijar el manguito a la barra; 8. Barra de apoyo.

Si bien estos gatos eran relativamente baratos, este sistema manual tenía inconvenientes de congestión en la plataforma (debido al gran número de mano de obra que requería), alto costo de mano de obra y el más importante era que el

levantamiento no era uniforme porque se realizaba en forma escalonada, originando movimientos bruscos y movimientos imprevisibles en el encofrado. Para suplirlos, se tenía que hacer más resistente el encofrado, lo cual repercutía en un mayor costo, y además, lo relevante era que esas deformaciones en el encofrado repercutían en la calidad de un buen acabado monolítico y estructural. (Gallegos, 1992).

Los problemas que presentaba este sistema manual, fueron superados con la aparición de los gatos hidráulicos, que además de ocupar poco espacio, son robustos, no requieren esfuerzo físico porque están constituidos de manera que pueden manejarse a partir de un punto central y se elevan simultáneamente con un movimiento uniforme, lo que suprime los inconvenientes de las elevaciones alternativas que tienen lugar con los gatos de rosca. ("Dinescu et al, 1970").

Se ha abandonado definitivamente el uso de gatos de tornillo, a la fecha todos los sistemas son equipos constantemente perfeccionados, de tal forma que hoy se dispone de una gran diversidad de patentes, cuyos principios de funcionamiento son muy variados. (Gallegos, 1992). Sin embargo, los gatos de rosca se siguieron usando en obras de pequeñas dimensiones en planta, en lugares aislados de energía eléctrica.

Sin necesidad de profundizar en la historia de las mejoras sucesivas, podemos clasificar a los gatos desde su principio de funcionamiento en: Gatos accionados a mano, destacando los gatos de rosca ya mencionados, los gatos de palanca (sistemas Mac Donald o Klotz), y los gatos de palanca y rosca (sistema Dyckerhoff y Wydman). También están los gatos mecanizados, los cuáles son: los eléctricos, los neumáticos y los hidráulicos. ("Dinescu et al, 1970"). Siendo el uso de estos últimos el más difundido, empleándose a la fecha en nuestro medio. En el siguiente capítulo describiremos estos equipos.

Figura 1.1

Imágenes tomadas del libro de Tudor Dinescu: "Los Encofrados Deslizantes"

CAPÍTULO II:

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DE LAS PARTES QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES

2.1. Descripción del sistema



Fig. 2.1. Sistema de encofrados deslizantes-Silo de 10,000 TN-Yura-Arequipa.

El método de los encofrados deslizantes consiste en ejecutar estructuras elevadas con un encofrado de poca altura (1-1.50 m) que mantiene la forma de las paredes que se van a ejecutar. Este encofrado armado de manera rígida y exacta en la cota donde inicia la estructura, se cuelga por medio de caballetes metálicos a unos Gatos soportados por barras metálicas, las cuales se apoyan sobre el concreto ya endurecido.

El proceso consiste en ir izando progresivamente el encofrado, mediante un sistema de elevación, conforme el concreto va fraguando. Este izaje se da al trepar la gata por la barra metálica, la cual arrastra consigo los caballetes metálicos de donde cuelga el encofrado.

El vertido del concreto, la colocación del acero de refuerzo y el montaje de los marcos de puertas o ventanas, de los moldes para crear las aberturas y de los insertos metálicos se hace progresivamente, desde la plataforma de trabajo superior a medida que se eleva el encofrado. A unos 3 a 4 metros por debajo de la plataforma de trabajo, se cuelgan plataformas pasarelas, desde donde se verifica la calidad del acabado del concreto, se hacen los eventuales arreglos, se retiran los marcos y moldes, se retoca la superficie del hormigón a la salida del encofrado (Solaqueo) y se hace el curado del concreto (normalmente con curadores químicos mediante un aspersor).

El encofrado deslizante se eleva continuamente a una velocidad que está en el rango de 13 a 30 cm/hora, para realizar una cadena tecnológica compuesta de varias fases escalonadas en la horizontal y en la vertical (encofrado, colocación de armadura; colocación de insertos, cajuelas y marcos; colocación y compactación del concreto, control de calidad del concreto, arreglo de posibles defectos, extracción de marcos y moldes, retoques de superficies, curado, etc.). Después de lo cual, los muros de la obra quedan total o parcialmente terminados.

Todo el apoyo del peso del encofrado deslizante es cargado por los dispositivos de elevación (Gatos), los cuales se sostienen en las barras de trepar, y son estas las encargadas de transmitir las cargas a la estructura de apoyo. El concreto, una vez que puede autosoportarse, se separa del encofrado entre las 3 a 6 horas de haber colocado la primera capa en el molde, impidiendo que las barras fallen por pandeo.

El trabajo es continuo, con dos o tres turnos, y la construcción se eleva de 3.10 m. a 7.20 m. por día, e incluso más, velocidad que no puede ser alcanzada por ningún otro sistema constructivo. Las interrupciones en el deslizamiento del encofrado son posibles adoptando las medidas apropiadas.

(“Dinescu et al, 1970”).

2.2. Partes principales del encofrado deslizante

El sistema de encofrados deslizantes lo conforman:

- Los paneles del encofrado de las paredes.
- Los yugos metálicos.

- Las plataformas de trabajo.
- Entramados, soportes de las instalaciones y armaduras.
- Los dispositivos del sistema de elevación.
- Las barras de apoyo o de trepar.
- Las Fundas o vainas de recuperación.
- Control del encofrado deslizante.
- Redes de instalaciones diversas.
- Los marcos y moldes.
- Los dispositivos diversos.
- Las plataformas de acceso al personal y las plataformas de elevación del concreto.

2.3. Inclinación del encofrado deslizante

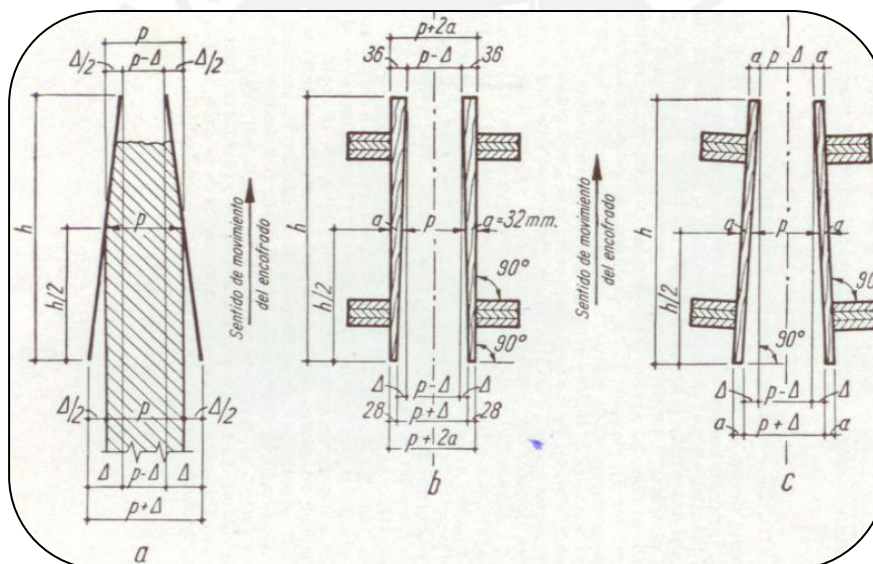


Fig. 2.2. Obtención de la inclinación del Encofrado Deslizante
 a) Esquema de la inclinación de dos paneles; b) Inclinación dando a las tablas la forma de cuña; c) Inclinación variando radios de los cordones.

Para reducir la fuerza el efecto de las fuerzas de rozamiento entre el encofrado y el concreto, cuando este último endurece y evitar así que el encofrado desgare el concreto en su deslizamiento se le da una pequeña inclinación respecto a la vertical a las caras del encofrado.

La inclinación se da de tal manera que en la mitad de su altura, las caras del encofrado mantengan el espesor de las paredes indicado en los planos, quedando el encofrado más abierto abajo que arriba.

La inclinación normal 6mm/m., la cual se puede conseguir de dos formas (Fig.2.2):

- Dando a las tablas que forman el encofrado la forma de cono (cuñas).
- O en el caso de estructuras cilíndricas, se consigue aumentando el radio del cordón inferior y disminuyendo el radio del cordón superior para los paneles exteriores. Además para los paneles interiores se reduce el radio del cordón inferior y se aumenta el radio del cordón superior.

2.4. Paneles del encofrado deslizante

Es el encofrado o molde el que da al concreto la forma y dimensiones previstas en el proyecto y lo protege hasta que endurece.

Los paneles deben satisfacer las siguientes condiciones:

- La cara que está en contacto con el concreto debe ser lo más lisa e impermeable posible.
- No deben deformarse por carga o debido a la humedad del concreto más allá de sus límites permisibles.
- Deben poder montarse y desmontarse cómodamente, lo cual se consigue fabricando uno de los paneles más corto (con una longitud de 1-1.50 m) para que sirva como “llave” de todo el encofrado.
- Deben permitir que se dé la inclinación de sus caras.

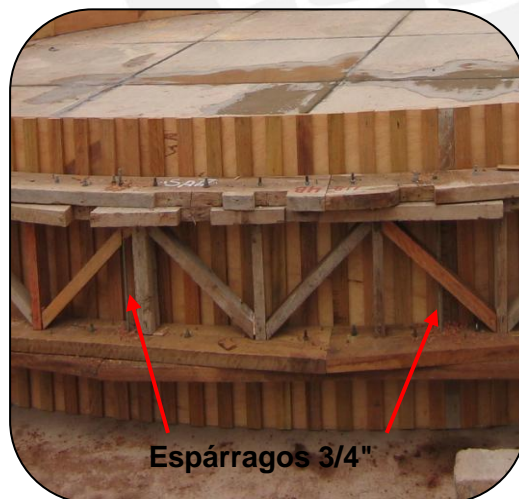


Fig. 2.3 Panel exterior

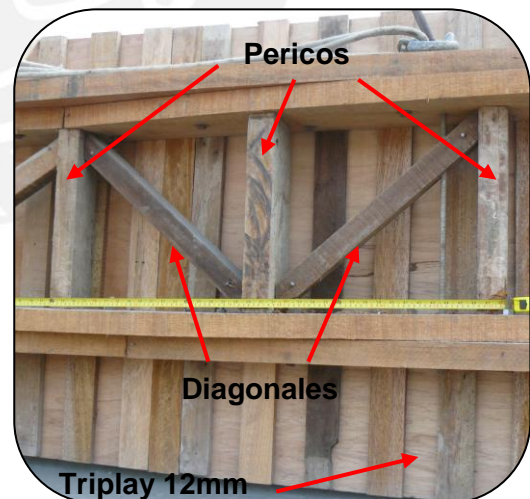


Fig. 2.4 Estructura del panel interior.

Los paneles pueden ser de madera, metal, de madera forrados con una plancha metálica o cualquier otro material que pueda soportar las solicitaciones a las cuales va a estar sometido y que tenga suficiente resistencia al desgaste.

Se describirá con más detalles los paneles de madera, que son los que se vienen usando en nuestro medio. Los paneles de madera se componen de dos partes principales: La pared del panel y la estructura del panel.

2.4.1. La pared del panel

Es la parte del panel que entra en contacto con el concreto, lo contiene, recibe su empuje y le da su forma final cuando endurece. Su altura varía entre 1.00 a 1.50 m.; esta se fija en función a la velocidad del deslizamiento y al tipo de caballete empleado. Debe tenerse presente que alturas mayores de 1.20 m. aumentan innecesariamente la fricción del encofrado y alturas menores de 1.00 m. son peligrosas por no permitir el endurecimiento del concreto antes de levantar el encofrado.

En nuestro medio se vienen empleando paneles de 1.05 m. de altura, los cuales están en función a los caballetes Concretor-Prometo que se emplean; y su longitud depende de su distribución en planta de la obra, de la dimensión de los materiales disponibles y de las restricciones en cuanto a su movilización.

Las paredes de los paneles que se vienen empleando son de madera Triplay Lupuna o Fenólico de 12 mm. de espesor que van fijadas sobre tablas cepilladas de madera Tornillo de 20 mm x 70 mm espaciadas entre sí 145 mm eje a eje, y a su vez éstas van fijadas a los cordones (cerchas) de la estructura del panel. (Fig. 2.3)

Las tablas y triplay deben ser de buena calidad, libre de fisuras, nudos y zonas podridas. El triplay, previo al montaje, se le tiene que proteger con una laca desmoldante aplicándole dos manos como mínimo y sus bordes deben ser sellados con una pintura esmalte para evitar que la humedad penetre y deteriore el triplay.

Las paredes de triplay de los paneles, también pueden ser forradas con planchas galvanizadas de 0.5mm de espesor. Esta opción se emplea cuando se van deslizar alturas mayores a 30m, lo cual permite que la superficie del panel se mantenga lisa y no se deteriore por el rozamiento con el concreto.

2.4.2. Estructura del panel

Puede ser de madera o metal, siendo la estructura de madera la más empleada en usos comunes. Debe tener una suficiente rigidez vertical y constituir con la pared del panel, un elemento capaz de absorber el peso propio del encofrado y resistir todas las sollicitaciones que aparecen durante la colocación del concreto y el deslizamiento del encofrado.

La estructura de panel está formada por los cordones (cerchas), montantes (pericos), diagonales y cartelas.

- Los cordones o cerchas constituyen el elemento resistente básico del panel y determinan la forma de la construcción en su conjunto. Se encargan de soportar el empuje del hormigón sobre la distancia de dos caballetes, el peso de las plataformas y otras solicitaciones que aparecen durante el deslizamiento. Sobre ellos se apoyan los andamios y las plataformas de trabajo. (Fig. 2.3-2.4)

Según su posición en el encofrado se les denomina cordón superior y cordón inferior. Para paneles de 1.05 m de altura la distancia vertical entre las caras interiores de los cordones debe ser de 40 cm y la distancia vertical entre el cordón inferior y el borde inferior de la pared del panel deber ser de 25 cm; esto se debe al empleo de caballetes metálicos Concretor-Prometo. (Fig. 2.5)

Los cordones están formados por grupos de dos o tres tablonces de madera solapados uno a la mitad del otro. Se usan tablonces de madera tornillo de 2" de espesor con un ancho variable entre 6" a 12" según sea plano o curvo el encofrado. En los encofrados curvos se recomienda que el mínimo ancho de las cerchas ya habilitadas sea de 8", el cual está determinado por el radio de curvatura y en función a cual se escogen las dimensiones del tablón a habilitar.

Los tablonces de los cordones deben disponerse en escalones del mismo sentido (Fig. 2.5), para facilitar el montaje y desmontaje, unidos entre sí por pernos de $D=1/2"$ espaciados a 30 cm y colocados en zigzag para poder transmitir mejor los esfuerzos entre sí. También, deben tener bien cepillada la cara que va en contacto con el entablado de los paneles para asegurar una superficie lo más perfecta posible.

- Las montantes (pericos) y diagonales forman el resto de la estructura, y se encargan de arriostrar los cordones y formar en conjunto una viga en celosía que resista mejor las solicitaciones a que está sometido el panel durante el deslizamiento. A estos se suman los espárragos (tirantes) de $D=3/4"$ espaciados a 1.20 m. aproximadamente, que ayudan a mantener la separación vertical entre los cordones ya que habrán diagonales que se encuentren trabajando en tracción.

Las Montantes se colocan normalmente al frente de los caballetes, en los extremos angulares del encofrado y en los puntos de apoyo de las vigas metálicas que soportan la plataforma superior. En el sistema que se emplea actualmente las montantes van espaciadas cada 50 cm aproximadamente, siendo arriostradas estas por las diagonales, con lo cual se ha estandarizado el

uso de las montantes y diagonales, cuya sección normalmente es de 2"x4" y 2" x 3". (Fig. 2.3-2.4)

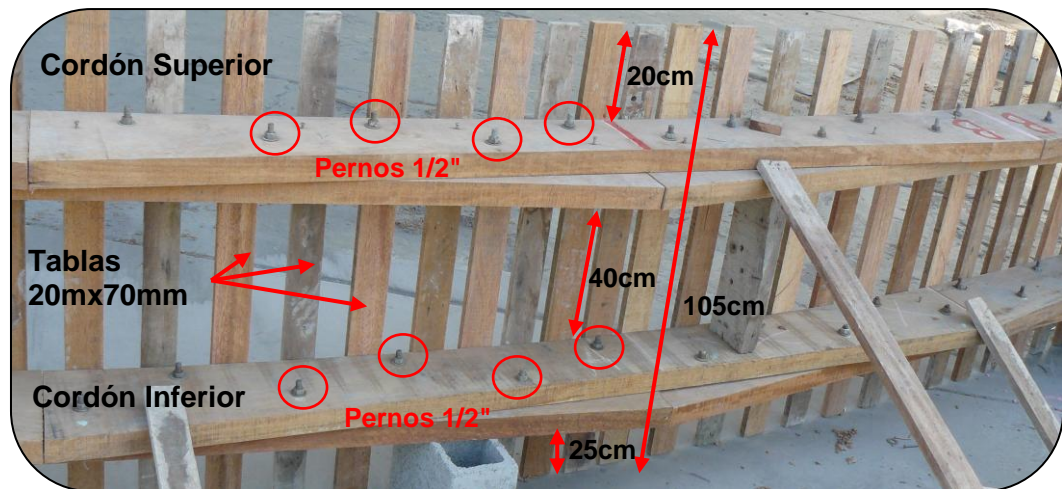


Fig. 2.5 Distribución escalonada de los tabloneros para facilitar el montaje y desmontaje.

La viga en celosía formada por el conjunto puede considerarse apoyada en los puntos que el panel es sostenido por los caballetes, y está sometida a las cargas debidas al peso propio del panel, a las vigas de la plataforma de trabajo y al empuje del hormigón, a las que se suma el rozamiento entre el hormigón y el encofrado cuando éste está en movimiento.

2.5. Yugos o caballetes metálicos

Los yugos tienen por objeto fijar entre sí los paneles del encofrado impidiendo su desplazamiento lateral, el cual podría ser provocado por el empuje del hormigón fresco, y asimismo arrastrar en vertical el encofrado deslizante, ya que los yugos se apoyan en los gatos hidráulicos que se apoyan a su vez en las barras de trepar.

Los yugos pueden ser de madera o metal. Existen una gran variedad de yugos metálicos según sea la patente, sin embargo, es el tipo Concretor-Prometo el que se viene empleando a la fecha. Cada yugo se compone de dos montantes verticales y una o dos traviesas horizontales (perfiles U 12) unidos de manera que formen un marco rígido que fije los paneles del encofrado, que sobrepase la plataforma de trabajo superior y se sujete a los gatos. (Fig. 2.6-2.7)

Los yugos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Ser capaces de resistir los esfuerzos debidos a las cargas máximas de servicio, de manera que no se produzcan deformaciones mayores a las admisibles.

- Las uniones entre las montantes y traviesas deben ser rígidas, de forma que no permitan ningún giro o desplazamiento.
- Tienen que poder montarse y desmontarse fácilmente; y resistir las operaciones de manejo y transporte.
- Deben tener una suficiente altura que permita la colocación del acero horizontal en su sitio antes de que se coloque el concreto.
- Es deseable que permitan encofrar muros de diferentes anchos.



Fig. 2.6 Yugo metálico Concreto-Prometo.

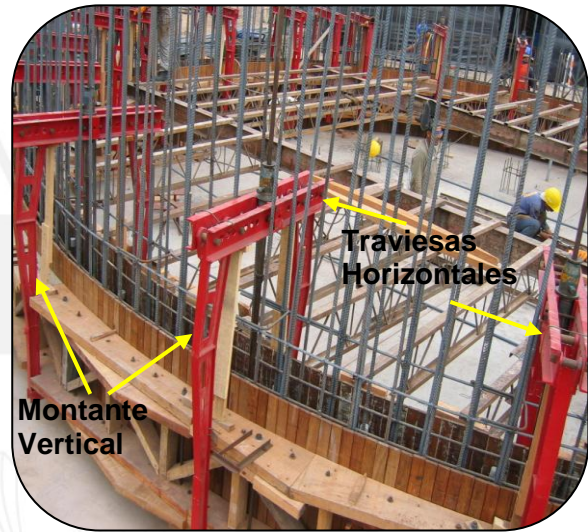


Fig. 2.7 Yugos metálicos y estructura de plataforma superior interior.

2.6. Plataformas de trabajo

Desde su punto de vista funcional y de posición en el espacio, las plataformas de trabajo se clasifican en:

- **Las plataformas superiores**, que sirven para la circulación del personal, para soportar las herramientas, la maquinaria, los dispositivos e instalaciones precisos para el funcionamiento del encofrado deslizante y para efectuar todas las operaciones para la colocación y compactación del concreto en las paredes, el montaje de las armaduras en las paredes, colocación de los insertos metálicos, marcos y moldes, etc. (Fig. 2.8)
- **Las plataformas inferiores o andamios colgantes**, las cuales están sostenidas de las cerchas y quedan colgadas a 3.50 a 4.00 m. bajo las plataformas de trabajo superiores. Sirven para la circulación del personal, para

controlar y curar el concreto que sale del encofrado, para el transporte de los materiales necesarios y para realizar eventuales retoques y acabados de las paredes, así como para el desmontaje de marcos y moldes de los huecos. (Fig. 2.8-2.9)

Por todo lo mencionado, las plataformas inferiores deben ser lo suficientemente anchas para permitir el paso de dos personas y robustas para soportar las cargas de servicio.



Fig. 2.8 Plataforma superior y andamios colgantes interiores



Fig. 2.9 Andamios colgantes exteriores

Desde el punto de vista estructural, las plataformas se componen de un entarimado y de los elementos resistentes que los soportan.

- **Entarimado:** Normalmente es de madera. El de las plataformas superiores puede estar formado por tablas de madera de 1" o 1 ½" de diferentes dimensiones en función al ancho que se le quiera dar a la plataforma; también, puede estar constituida por paneles de triplay de 18mm (4'x8') con bastidores de 2"x3" o 3"x4" espaciados 30 cm., lo cual comúnmente se emplea cuando se va a emplear la plataforma superior como encofrado de la losa final. Y el entarimado de las plataformas inferiores colgantes está compuesto por tabloncillos de 2"x12"x10' a lo largo de todo el perímetro del encofrado. (Fig. 2.8-2.9)

Además, el entarimado superior debe estar provisto de una trampilla de aproximadamente 70 x 80cm. en cada célula, para que permita el acceso a las plataformas inferiores usando una escalera. Si la plataforma superior es completamente cerrada se recomienda tener más de dos trampillas tipo rejilla

que permitan la circulación del aire en la plataforma inferior, esto debido al calor hidratación que se libera conforme va fraguando el concreto y que genera un microclima que puede superar los 35 °C.

Se debe verificar en todo momento, que la cara inferior del entarimado se encuentre a por lo menos 1 cm. por encima del borde superior de los paneles del encofrado para evitar que se apoyen sobre ellos. Finalmente, se chequeará que las plataformas inferiores estén separadas 5cm, como mínimo, de las paredes de concreto.

- **Elementos que soportan los entarimados.** Las plataformas pueden ser sustentadas de distintas maneras, según las luces a cubrir, los materiales que se empleen y se dispongan y de las exigencias especiales que se tenga que satisfacer (por ejemplo, cuando la plataforma se va a emplear como encofrado de losa final ó cuando tiene que llevar cargas especiales como vigas metálicas, equipos, etc)

Sea la plataforma anular, empleada normalmente en silos de gran diámetro ($D > 12$ m), o la plataforma cerrada, su estructura puede estar constituida por escuadras metálicas de apoyo, caballetes de madera sujetos de horquillas metálicas, vigas metálicas, canales metálicos, viguetas metálicas reticuladas, vigas de madera (de 4"x6", 4"x8" o 6"x8"), etc. Los elementos a emplear en la estructura, sus espaciamientos, longitudes y ubicación se determinan a partir de cálculos estáticos con las cargas que van a actuar sobre la plataforma (Fig. 2.8-2.9)

Debe verificarse las cargas sobre las gatas y las barras de trepar. Usualmente se apoyan las vigas principales entre dos yugos lo menos distanciados entre sí, a fin de compartir la carga concentrada que transmiten. Asimismo se debe reforzar el área de apoyo con espárragos de $D=3/4"$ al costado de cada yugo y reemplazar en esa zona las diagonales por montantes (Pericos).

Para el soporte de las plataformas colgantes se emplean caballetes de madera, sostenidos por horquillas metálicas de los cordones superiores, sobre las que se aseguran los tablonés. También se usan escuadras metálicas de las que cuelgan las plataformas mediante cables metálicos con alma de fibra de $D=3/8"$.

Barandillas. Se emplean para evitar el riesgo de accidente por caída al vacío. Deben construirse muy seguras, verificándose antes de iniciar el deslizamiento. Su altura oscila entre 1.0-1.2m y deben estar provistas de un pasamanos el cual puede

estar formado por tablas de 1"x4", por tubos de 2" o por varillas de hierro de $D=1/2"$. En conjunto con las barandillas, se tiene que colocar una línea de vida (cable metálico con alma de fibra de $D=3/8"$ o soga de $D=3/4"$) en todo el perímetro de las plataformas inferiores y de la plataforma superior exterior, al cual los trabajadores se sujetarán por medio de un arnés con línea de vida doble con absorbedor de impacto en todo instante.

2.7. Entramados-soportes de las armaduras e instalaciones



Fig. 2.10 Guía para hierro vertical.



Fig. 2.11 Guía para hierro vertical fijada al yugo.



Fig. 2.12 Soporte de Inst. Eléctricas.

Compuesto por un sistema de piezas que se montan en los yugos siguiendo todo el recorrido del perímetro del encofrado y cumplen las siguientes funciones:

- Guiar las armaduras verticales en las paredes (Fig. 2.10-2.11)
- Sostener las instalaciones eléctricas.(Fig.2.12)
- Permitir la colocación de los Elevadores de balde y de su plataforma para su operación. (Fig. 2.12)

2.8. Instalaciones de elevación del encofrado deslizante

Los dispositivos de elevación se conocen bajo la denominación general de gatos o monos. El sistema de elevación lo terminan de componer los conductos de conexión entre gatos (o conductos de presión) y las bombas de aceite. (Fig. 2.13-2.14)



Fig. 2.13 Gatos conectados con mangueras de presión y con su control de nivel horizontal.



Fig. 2.14 Bomba de aceite y su dispositivo de control automático.

2.8.1. Gatos

Los gatos, sea cual sea su patente y forma de accionamiento, se sujetan sobre unos elementos portantes (barras de sección llena o tubos) que transmiten las cargas directamente a los cimientos o al pie de las paredes ya endurecidas y que arrastran con ellos hacia arriba el encofrado deslizante con todas las instalaciones, materiales y personal.

Según su principio de funcionamiento tenemos los gatos accionados a mano y los gatos accionados por máquinas, de los cuales describiremos los gatos hidráulicos del tipo Concretor-Prometo

Las capacidades de carga de los gatos varían de acuerdo a las patentes, siendo común capacidades de carga de 3, 6, 12 y 22 Tn. La patente Bygging-Uddemann también ofrece también gatos con capacidades de carga de 100 y 400 Tn.

Las instalaciones hidráulicas de elevación más frecuentemente empleadas son de dos tipos: Tipo Interconsult y tipo Concretor-Prometo, de empresas suecas, las cuales difieren en su constitución; pero se basan en el mismo principio de funcionamiento.

El sistema de gatos del tipo Interconsult presenta mordazas de bolas y el paso ajustable, mientras que sistema de gatos del tipo Concretor-Prometo las mordazas son mandíbulas dentadas y el paso no es regulable, por ejemplo, los gatos de la patente Bygging-Uddemann tienen un paso o carrera de 25 mm cualquiera sea el gato usado, haciendo posible combinar gatos con distintas capacidades

Los gatos más usados son los 3 Tn de capacidad, los cuales funcionan normalmente con barras de 25 mm de diámetro. (Fig. 2.15-2.16)



Fig. 2.15 Gato hidráulico armado sobre yugo



Fig. 2.16 Gatos conectados con mangueras de presión y su control de nivel horizontal.

Asimismo, en el sistema de gatos del tipo Concretor-Prometo los conductos de presión y las bombas de aceite (que trabajan a 100-200 Bar) tienen un cuadro que dirige automáticamente las elevaciones en intervalos fijos previamente determinados. Si algún gato se retrasara puede ser puesto al nivel de los otros por una bomba manual y los que se adelantan pueden ser detenidos utilizando indicadores fijos en las barras y/o manipulando las válvulas de cierre.

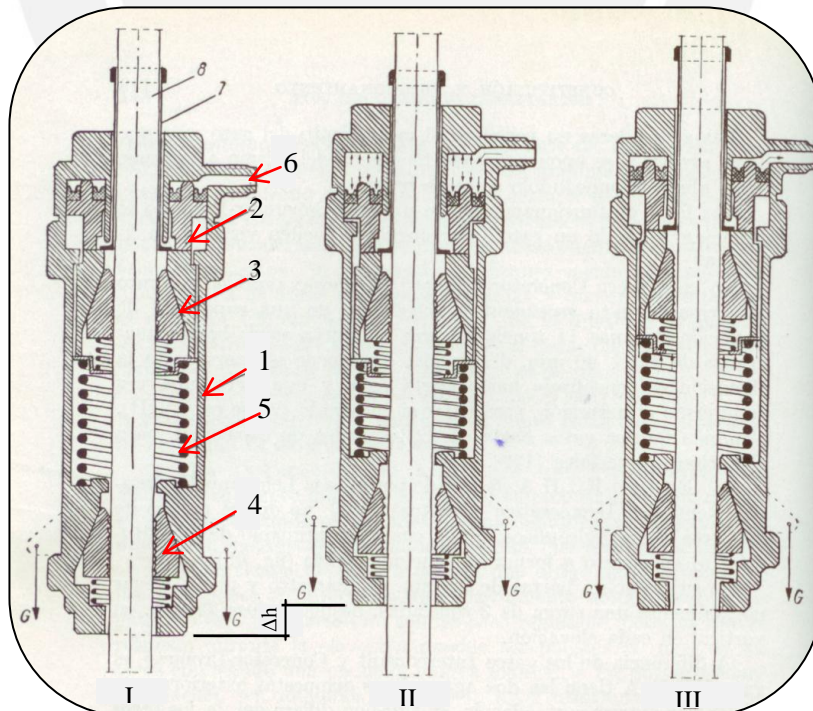


Fig. 2.17 Gato Hidráulico tipo Concretor Prometo de 3 TN en sus tres fases de funcionamiento.

Un gato Concretor-Prometo se compone de un cilindro (1) en cuya parte inferior se sujeta el yugo que soporta el encofrado deslizante; de un pistón anular situado en la parte superior del cilindro (2), bajo el que se dispone la agarradera superior (3), estando ambos empujados hacia arriba por un potente resorte (5); y de la agarradera inferior (4), situada en la parte de abajo del cuerpo de bomba. Asimismo, en su parte superior tiene un conducto para la entrada y salida de aceite (6), al que se conectan las válvulas de cierre y las mangueras de alta presión. (Fig. 2.17)

2.8.2. Conductos de Conexión entre los gatos y las bombas de aceite

En un inicio se empleaban los conductos metálicos, de acero o cobre. Actualmente, se usan los conductos flexibles conocidos como mangueras de neopreno de alta presión provistos de empalme de tuerca tipo holandés en sus extremos que al conectar en serie con los gatos van formando varios circuitos. (Fig. 2.13-2.16)

Las mangueras deben montarse con cuidado para que no haya pérdidas de aceite en las juntas y empalmes, además, por ir sujetas a las montantes de los yugos se protegerán en los puntos de suspensión en las zonas de paso cerca de las armaduras para evitar su deterioro y/o rotura.

Antes del deslizamiento, todas las mangueras y gatos deben quedar perfectamente purgados.

2.8.3. Bombas de aceite

Son dirigidas por mando eléctrico y se encargan subir la presión en toda la red para que el aceite llene la cámara superior de los gatos e impulse la mordaza superior hacia arriba.

Las bombas cuentan con un depósito con capacidad de 35-50 litros. Se aconseja usar aceite de automóviles, el cual debe ser absolutamente puro y con una adecuada viscosidad según la temperatura ambiente. (Fig. 2.18)

Una bomba puede comandar entre 80 a 100 gatos, pero para un mayor número se debe usar una bomba adicional pues con una sola el flujo de aceite se retardaría y su funcionamiento sería más lento y no simultáneo.

Las bombas deben estar colocadas lo más cercanas de los gatos que controlan. Además cada circuito que salga de la bomba debe conectar en serie un máximo de 15 gatos; si los circuitos son largos, se conectarán menos gatos que en los circuitos cortos ya que habrá más pérdida de presión

El sistema Concretor-Prometo cuenta con un dispositivo automático de puesta en marcha y parada para automatizar la elevación que pone en funcionamiento la bomba cada cierto intervalo de tiempo fijado por el maestro a cargo en función de la velocidad de deslizamiento. (Fig.2.19)



Fig.2.18 Bomba Bygging-Uddemann con su filtro de aceite.



Fig.2.19 Sistema automático para control de las bombas

2.8.4. Funcionamiento del sistema de elevación

Para comprender mejor el sistema de elevación se describirá el funcionamiento en conjunto de todas sus partes:

Todos los gatos son conectados por una manguera de neopreno de alta presión a una bomba eléctrica, la cual eleva la presión de aceite en las mangueras y gatos, lo cual hace que suban por las barras de trepar.

Se eleva la presión de la red hasta 150 Bar, momento en que se abre la válvula superior haciendo volver el aceite a la red de depósito. Si fuera necesario forzar la elevación de un gato que se ha retrasado, se hace uso de una bomba manual para nivelarlo con los demás gatos, si el retraso persiste en las siguientes elevaciones se tiene que cambiar el gato.

Cada gato tiene mordazas de acero en forma de mandíbulas dentadas alrededor de las barras de trepar, que impiden el deslizamiento hacia abajo pero permiten el movimiento ascendente. Al aplicar presión al gato, la mordaza superior se fija a la barra de trepar y, cuando la fuerza producto de la presión del aceite sea mayor al peso que carga el gato, el cuerpo del gato subirá, esto hasta que el tope del pistón dentro del gato llegue a su límite. El resorte ubicado entre las mordazas se expande y al regresar a su posición inicial, una vez terminada la acción de la presión

hidráulica, expulsa el aceite de la cámara de carga al depósito de la bomba y dejando el gato listo para su próximo movimiento. Cuando el aceite vuelve al depósito de la bomba, hay un ligero descenso de los gatos, por el acomodo de las mordazas superiores después de haber aplicado presión. Se calcula que la elevación útil es de 3-8 mm inferior a la carrera de los gatos debido a esta disminución de presión. (Ver Fig. 2.17)

Normalmente los ciclos de elevación duran entre 5 y 30 segundos, siendo un ritmo normal de 6 a 12 elevaciones por hora. Con lo cual en 24 horas se logra un ascenso de concreto entre 3.10 y 7.20 m a una velocidad de deslizamiento casi imperceptible en la plataforma. Se debe considerar siempre tener gatos y bomba de reserva.

2.9. Barras de apoyo

También conocidas como barras de trepar, son de acero liso (Acero SAE 1045) y pueden ser macizas o tubulares. Su función es soportar todo el peso del encofrado deslizante a través de los gatos que se sujetan a ellas y transmitirlo directamente a la cimentación o a la estructura de concreto ya endurecida, sin apoyarse sobre el concreto de las paredes, el cual tiene pocas horas de vaciado y no ha desarrollado completamente su resistencia, aunque si es capaz de restringir la tendencia al pandeo de las barras de trepar.

Las barras tienen una longitud variable que oscila entre 2.50 m y 6 m, además, su diámetro oscila entre 25 mm y 75 mm. El diámetro y la calidad de acero de las barras está determinado por el tipo de gato que vaya a emplearse. Los gatos con capacidad de 3 Tn, requieren de barras de 25 mm de diámetro y para gatos de 6 Tn de capacidad se usan barras de 32 mm a fin de que no pandeen. (Fig. 2.20-2.21)

La unión entre las barras puede ser soldada si van a quedar como refuerzo en el concreto o roscada si se quieren recuperar al finalizar el deslizamiento, tomando las medidas necesarias para evitar que se adhieran al concreto. Cuando el empalme es roscado usando espárragos se debe verificar que los agujeros tarrajados de la junta sean exactos y perfectamente centrados; asimismo, a lo largo de la barra no debe existir ninguna saliente ni deformaciones que impida el deslizamiento libre de los gatos. También, hay que cuidar que los empalmes de las barras no se den en el mismo plano horizontal para no congestionar la plataforma al tener que empalmar varias barras al mismo tiempo, lo cual se consigue colocando las barras de inicio de diferentes longitudes.

En caso que las barras de apoyo pasen por algún vano, deberán ser convenientemente arriostradas para evitar su pandeo.

2.10. Fundas o vainas para la recuperación de las barras trepar

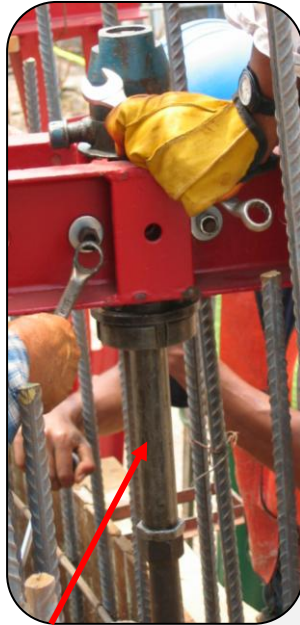


Fig. 2.20 Funda de recuperación.

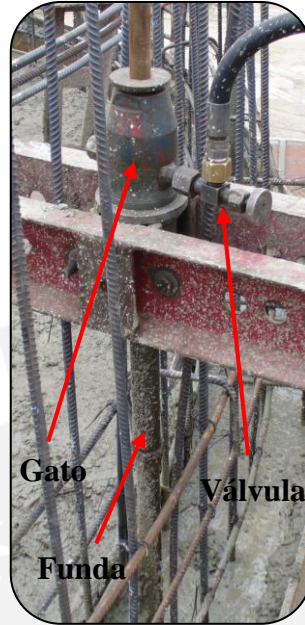


Fig. 2.21 Gato con su válvula automática de cierre.



Fig. 2.22 Barras de trepar con anillo de bloqueo

Son tubos de acero (SAE 1010) o PVC fijados a la traviesa de los yugos que cubren a la barra de trepar en cierta altura y que, en su movimiento ascendente con el encofrado, van dejando un agujero cilíndrico de diámetro 3 o 4 mm superior al de las barras. Esto evita que se adhieran al concreto y permite brindarles soporte lateral restringiendo su tendencia al pandeo.

La longitud de las fundas para encofrados de 1.05 m de altura es de 1.50 m, es decir van desde la parte inferior del cabezal del yugo hasta donde termina el encofrado (Fig. 2.20-2.21)

Los canales verticales dejados por las fundas, de ser requerido pueden rellenarse después con un concreto fluido o grouting. También pueden emplearse para pasar cables de post tensado o como ducto para las instalaciones.

2.11. Control del encofrado deslizante

El sistema de encofrados deslizantes permite un trabajo continuo de 24 hrs hasta que termine el deslizamiento, por lo cual es preciso conocer, en todo momento y

con la máxima precisión la posición (vertical y horizontal) del encofrado, además de los eventuales giros que se presentan.

Por ello es necesario controlar con precisión:

- Nivel de la Plataforma. (Fig.2.23)
- Verticalidad de la Estructura. (Fig.2.24)
- Giros de la Plataforma. (Fig.2.25)



Fig. 2.23 Control de nivel horizontal.



Fig. 2.24 Plomada.

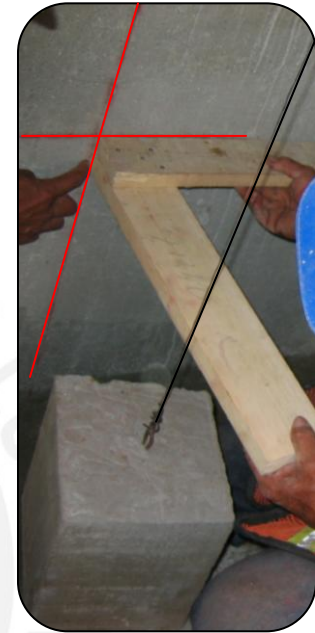


Fig. 2.25 Control de giro y desplome.

2.11.1. Nivel de la plataforma

Se debe controlar y asegurar la horizontalidad del encofrado deslizante, la cual influye en la verticalidad de las paredes. Puede hacerse la nivelación con equipo topográfico, mediciones verticales con wincha o con un sistema de niveles con manguera. Este último sistema se compone de una red de mangueras flexibles de plástico transparente ($D=1/2''$), las cuales se conectan a tubos plástico o retazos de la misma manguera fijadas frente a cada gato a una platina metálica que sirve como regla graduada. En esta red se introduce agua con colorante (anilina), para facilitar su lectura. Todos los gatos deben ser nivelados en el mismo plano horizontal. (Fig.2.23)

Para regular el nivel de agua por evaporación o fugas, se montan sobre la red uno o dos depósitos de 5 a 10 litros que se conectan a la red con una manguera suplementaria y una válvula.

Gracias a este sistema se puede controlar la horizontalidad del encofrado observando la posición relativa del agua en las señales trazadas previamente y el nivel relativo entre cada gato. La horizontalidad se verifica por lo general cada 2 horas, y se nivela los gatos de ser necesario.

También, se puede controlar la horizontalidad por indicadores fijados sobre las barras de apoyo o por medio de anillos de bloqueo combinados con barras, que permiten ver como desarrolla el ascenso de los gatos en una longitud predeterminada y así nivelarlos manipulando las válvulas de cada gato independientemente. A su vez estos anillos nos permiten ver que gatos presentan mayores retrasos y así evaluar su cambio. (Fig. 2.22)

Adicionalmente debe llevarse un control casi exacto de la cota en la que se encuentra la plataforma, lo cual se puede realizar mediante marcas colocadas con equipo topográfico en el refuerzo vertical de la estructura y que se llevan cada metro de altura, a medida que desliza el encofrado. Asimismo, se recomienda identificar en un plano que muestre el desarrollo vertical de la estructura y marcar en el refuerzo vertical las cotas más importantes, como son las cotas de los vanos de puertas y ventanas, de las losas, de los insertos metálicos, de los cambios en la cuantía de acero, etc.

2.11.2. Verticalidad de la estructura.

Se utilizan mayormente plomadas para la nivelación vertical, indicando en todo momento si el encofrado se ha desplazado horizontalmente respecto al eje de la construcción o si ha girado. Puede controlarse también desde el exterior de la estructura mediante instrumentos topográficos, usando Teodolito o una Estación Total.

El riesgo de separarse de la vertical es mayor en las construcciones esbeltas de gran altura y menor superficie en planta.

Las plomadas se fijan al encofrado en algunos puntos característicos (que pueden ser los ejes principales de obra), en el interior de la construcción para que no sean afectadas por el viento. Después de iniciado el deslizamiento y a una altura menor a 1.50 m se trazarán en la pared las referencias que servirán para controlar la posición del encofrado. (Fig. 2.24-2.25)

Las plomadas están compuestas de un soporte colocado en un punto fijo de la cercha inferior del encofrado deslizante (se puede usar una polea o clavos), de un rollo de alambre o cable de longitud superior a la altura de la obra que se van

soltando a medida que se eleva el encofrado, y de una pesa de concreto o acero. (Fig. 2.24)

La verificación de plomadas se hará cada seis horas pero nunca en períodos mayores a 24 horas. En construcciones de una célula se fijan cuatro plomadas ubicadas en dos ejes rectangulares.

2.11.3. Giros de la plataforma

Adicionalmente, en silos unicelulares se deberá controlar que no haya rotación del encofrado. Para determinar el eventual giro del encofrado, puede verificarse cada 6 horas una marca hecha en el molde con una línea perfectamente aplomada que se vaya trazando sobre el muro recién construido, así como la medida del desplazamiento tangencial de las plomadas perimétricas. (Fi. 2.24-2.25)

2.12. Instalaciones diversas

Estas abarcan las instalaciones eléctricas y de agua. En lugares con climas fríos se tiene que contar con sistemas de calefacción para asegurar el fraguado del concreto.

- **Instalación Eléctrica**

Previamente al inicio de la obra se verificará el punto de suministro de la instalación eléctrica de fuerza (normalmente es de 440/380/220 V.) y se hará un estudio para determinar la potencia que se requiere para realizar todos los trabajos, a fin de determinar los materiales y equipos adicionales que se requieran (diámetro y tipo de cables, tipo de generador eléctrico, etc).

La conexión entre el tablero general de la obra y el tablero de distribución del encofrado deslizante, ubicado en la plataforma superior, será con un cable trifásico vulcanizado de doble forro NYY. Esta conexión de fuerza sirve, principalmente, para suministrar energía a los motores de las bombas de aceite, los vibradores de concreto, las maquinas de soldar y demás maquinarias menores (amoladoras, radial de mano, taladros, etc); asimismo, hace funcionar el sistema de iluminación de las plataformas de trabajo.

Se recomienda independizar los circuitos de iluminación por cada frente de trabajo, para que en caso de interrupción de la energía no se quede sin iluminación toda la obra. Del mismo modo, se deben independizar los circuitos

para accionar las bombas de aceite, los vibradores, maquinas menores y maquinas de fuerza; contando todos los equipos con puesta a tierra. El tablero de distribución, correctamente señalado, se ubica en la plataforma superior interior, en la caseta de control de las bombas de aceite.

Conviene que la instalación eléctrica de iluminación funcione a baja tensión (24 V.) a fin de evitar el peligro de electrocutarse, para lo cual se monta un transformador cercano al tablero de distribución. Para que la obra esté bien iluminada se colocan bombillas (60-100 W.) cada 1.50-3 m. en el perímetro de las plataformas inferiores y reflectores (500-1000 W) en el perímetro de la plataforma superior.

Además, se debe tener como reserva un generador eléctrico, de por lo menos 50 KW, en caso se interrumpa el suministro de energía por más de 20 minutos para mantener el funcionamiento de las bombas de aceite e iluminación. Como última opción, se elevarán los encofrados con bombas de mano dado el riesgo a que se adhiera el concreto al encofrado.

- **Instalación de Suministro de agua.**

Es necesario, para preparar el mortero empleado en los resanes superficiales, realizar el solaqueo superficial de las paredes de concreto que van quedando al descubierto, el aseo del personal, la limpieza de las herramientas, etc. Adquiere fundamental importancia cuando se prepara el concreto a pie de obra.

En un principio, se empleaba este suministro de agua para curar las superficies de concreto, sin embargo, esta práctica ya ha entrado en desuso por el empleo de curadores químicos.

2.13. Marcos y moldes para los vanos, pases y aberturas

Estas piezas tienen un uso más extendido en las obras de edificación y en obras industriales que tienen puertas, ventanas, losas intermedias, etc.

Los marcos y moldes sirven para crear aberturas en las paredes de concreto y formar así tras su retiro los vanos de las puertas, ventanas y apoyos de las losas intermedias. Estos, pueden ser de madera, contrachapado, metal, plástico o cualquier material con una resistencia suficiente para soportar las cargas sin deformarse. Si los marcos van a ser de madera, esta tiene que ser de buena calidad (Tornillo), con un espesor de 1 ½" o 2", tener sus caras bien cepilladas y protegidas con laca desmoldante.

Los marcos y moldes se montan desde la plataforma superior del encofrado a la cota prevista en el proyecto y se retiran, desde la plataforma inferior después del paso del encofrado, cuando el concreto ha adquirido una resistencia necesaria para resistir el desencofrado sin daños. Para poder extraerlos con facilidad, se recomienda que sus caras laterales tengan una ligera inclinación (10%-15%) y que su espesor (profundidad) sea 1.5 cm inferior a la abertura del encofrado en su parte superior, para así evitar que el encofrado los arrastre en su deslizamiento.

Cuando la abertura que se quiere formar presenta grandes dimensiones, se recomienda fabricar un marco dividido en varias partes que faciliten su montaje. Asimismo, a medida que se va deslizando el encofrado se tiene que ir apuntalando el marco y arriostrando adecuadamente las barras de trepar que quedan dentro del vano y sin arriostre. (Fig. 2.26)



Fig. 2.26 Barras de trepar cruzando un vano, debidamente arriostradas.



Fig. 2.27 Dispositivo para control de recubrimiento del acero.

2.14. Dispositivos diversos

Son una serie de elementos que en conjunto con los ya mencionados contribuyen a la correcta ejecución de las paredes de concreto. Entre los que se han tenido oportunidad de ver y de emplear en las obras, tenemos:

- Piezas de separación para las armaduras, las cuales se emplean para mantener a cierta distancia las armaduras del encofrado dándole así el recubrimiento de

concreto especificado. Mayormente son fabricadas con Tees metálicas, con una longitud entre 30 a 40 cm a partir de la parte superior del molde para evitar que dejen una huella longitudinal en el concreto. (Fig. 2.27)

- Dispositivos para hacer los canales y huecos verticales, los cuales se utilizan cuando se requiere dejar en las paredes canales y ranuras de diferentes dimensiones para lo cual se fijan al panel del encofrado unos moldes, listones, tubos y o barras.
- Guías para las armaduras verticales, las cuales están constituidas por un anillo de fierro (3/4" o 1") que sigue todo el perímetro del encofrado en sus dos caras; para que así se pueda mantener en un mismo núcleo central la armadura vertical de los muros de concreto y permite atortolarlo en su correcta posición vertical. (Fig. 2.10 - 2.11)

2.15. Plataformas

2.15.1. Escaleras de acceso

Están constituidas por varios cuerpos de andamio metálico normado (tipo Acrow) en función a la altura de la obra, sobre los cuales se montan cuerpos de escalera metálica o de madera. Una vez montados, estos elementos permiten el acceso del personal a la plataforma superior del encofrado deslizante mediante una pasarela en voladizo (provista de barandas) armada entre dos yugos metálicos. (Fig.2.28)

También, se suelen emplear las escaleras metálicas de aluminio proporcionadas por diferentes patentes de encofrados. Cualquiera sea el sistema que se decida usar, tiene que ser armado en toda la altura que se pueda sin mayor arriostamiento, previamente al inicio del vaciado, e ir agregándole cuerpos adicionales de escalera a medida que va deslizándose el encofrado y asegurándola a la estructura de concreto. Siempre debe tener un cuerpo por encima la plataforma superior, con lo cual se evita que el personal realice maniobras de riesgo para acceder a la plataforma.

Cuando las construcciones son muy altas el acceso se realiza mediante un ascensor para el personal, usualmente de cremallera que va creciendo conforme avanza el deslizante.

2.15.2. Sistemas para izaje de materiales

a) Winches

Empleados mayormente para el abastecimiento de concreto y también para el desmontaje del encofrado deslizante. Estas plataformas se emplean en reemplazo de las grúas torre cuando las características de la obra así lo permiten, utilizándose además elevadores de balde para izar las varillas de acero, barras de apoyo y demás materiales. (Fig. 2.12)

El número de las plataformas está determinado por el volumen de concreto que se requiere suministrar por hora, el cual está supeditado a la velocidad de ascenso del encofrado deslizante y por la sección en planta del muro a llenar. En todas las obras se recomienda tener como reserva un equipo adicional.

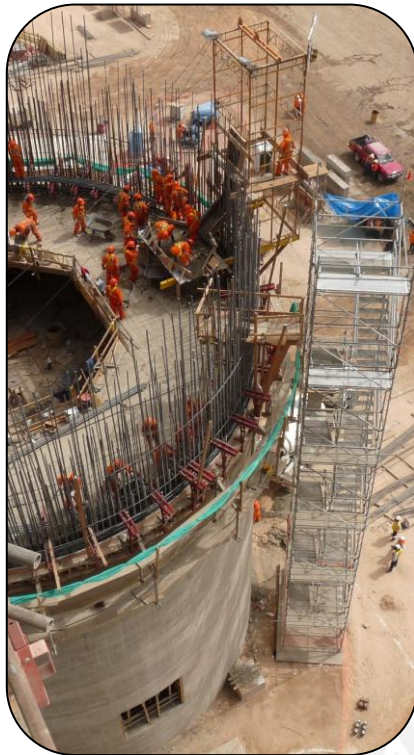


Fig. 2.28 Escalera Metálica de acceso Layer.



Fig. 2.29 Plataforma para elevación de concreto.

Las plataformas de elevación que funcionan con winches están constituidas por:

- Tres cuerpos de andamio metálico normado (tipo Acrow) que se montan en la plataforma superior del encofrado deslizantes sobre dos vigas WF en voladizo. (Fig.2.29)

Cada una de estas vigas se encuentra apoyada sobre dos yugos metálicos portantes (armados juntos e independientes de la distribución de los otros yugos) para resistir el impacto provocado por la elevación del balde de volteo con carga, además, para soportar el volteo estas vigas son aseguradas con puntales que transmiten sus cargas al cordón inferior exterior

del molde y a las vigas principales de la estructura de la plataforma superior. Asimismo, en zonas de apoyo de las vigas se refuerza el reticulado colocándose más montantes (pericos) poco espaciados entre sí.

- Un balde concretero, fabricado de acero con una capacidad de 0.30-0.40 m³, el cual es elevado mediante cable metálico a través de un sistema de poleas.
- Un winche, que puede ser eléctrico o petrolero, ubicado a unos 15–20 m. del emplazamiento de la construcción en dirección de la línea de elevación del balde concretero e instalado sobre una losa de concreto provisional.

b) Grúas



Fig. 2.30 Grúa Potain izando paquete de acero habilitado.

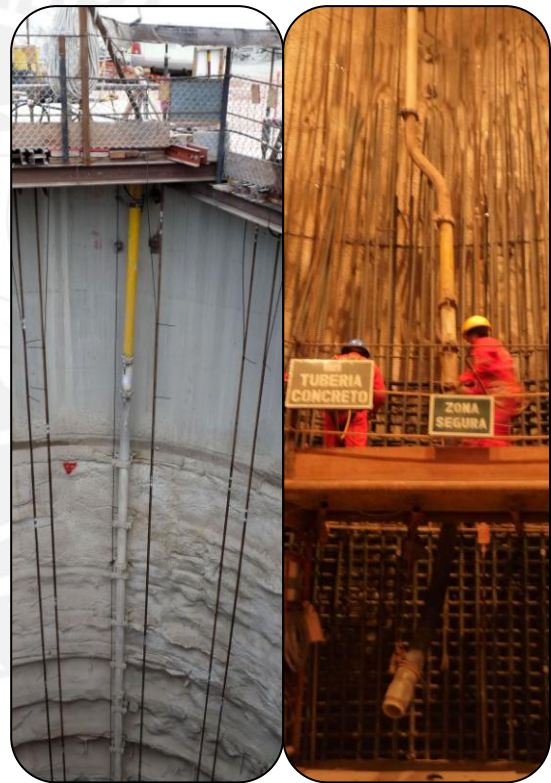


Fig. 2.31 Tubería de acero usada con bomba estacionaria para suministro de concreto.

Las grúas se emplean normalmente para el abastecimiento de concreto mediante un balde concretero, para el izaje del acero de refuerzo usando eslingas y/o estrobos, para el montaje de la escalera de acceso y para el izaje de los insertos metálicos. (Fig.2.30)

Su empleo resulta ventajoso cuando la complejidad de la obra lo amerita, ya sea tanto por las grandes dimensiones de la estructura a ejecutar, las

dificultades de acceso, la elevada cuantía de acero y volumen de concreto que se tiene que colocar por cada metro de altura.

Además, la grúas resultan de gran ayuda en el desmontaje del molde y de las plataformas del encofrado deslizante.

c) Bombas de Concreto:

Se emplean cuando el volumen de concreto que se tiene que colocar por cada metro de altura de la estructura es considerable y no se puede abastecer solo con el empleo de winches y grúas. Asimismo, su uso resulta ventajoso cuando se tiene que ejecutar estructuras de gran altura.

Se pueden emplear tanto las bombas tipo pluma como las bombas estacionaras de concreto, según sea la altura final de la estructura.

En nuestro medio para alturas mayores a los 35 m se emplean solo las bombas estacionarias, donde es de mucha importancia que el concreto cuente con un slump adecuado para que pueda ser bombeado sin dificultad y no se presenten problemas de atoro en la tubería de acero. (Fig. 2.31)

Figuras 2.2 - 2.17:

Imágenes tomadas del libro de Tudor Dinescu: "Los Encofrados Deslizantes"

Figuras 2.1 - 2.3 - 2.4 - 2.5 - 2.6 - 2.7 - 2.8 - 2.9 - 2.10 - 2.11 - 2.12 - 2.13 - 2.14 - 2.15 - 2.16 - 2.18 - 2.19 - 2.20 - 2.21 - 2.22 - 2.23 - 2.24 - 2.25 - 2.26 - 2.27 - 2.28 - 2.29 - 2.30 - 2.31:

Imágenes propias del autor

CAPITULO III:

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CON ENCOFRADOS DESLIZANTES

3.1. Ejecución de los trabajos previos

A continuación, se detallará los trabajos que se realizan antes de montar el encofrado deslizante:

3.1.1. Replanteo de la Construcción

La construcción será replanteada con gran precisión, dentro de las tolerancias admisibles previstos en las especificaciones técnicas del proyecto. El replanteo será realizado desde hitos externos de concreto con equipos de alta precisión (teodolito o estación total y niveles) por un profesional con alta experiencia en topografía. Los hitos se ubican fuera de la construcción para evitar que sean manipulados y alterados durante la ejecución de los trabajos de obra.

3.1.2. Colocación del concreto en los cimientos

Se debe supervisar en todo instante que la armadura vertical de las paredes sea fijada en su posición correcta y que este bien asegurada para evitar que sufra desplazamientos laterales por el empuje del concreto durante el vaciado de la cimentación. La desviación de la armadura podría conducir a un montaje incorrecto del encofrado deslizante, o a serios problemas en el izaje del molde

La armadura vertical de inicio de las paredes debe realizarse con varillas de diferentes longitudes, se recomienda iniciar con varillas de 3, 4.5 y 6 m., para que todos los empalmes no se presenten en un mismo plano horizontal. Esto se realiza también para evitar congestión del personal al realizar los empalmes, evitar posibles retrasos en el ascenso del encofrado, asegurar que se pueda cumplir con el suministro de acero para realizar los empalmes ya que a la par se tiene que

seguir elevando el acero de refuerzo horizontal, y evitar sobre todo un acopio excesivo de acero sobre la plataforma superior.

En el vaciado de la cimentación se tienen que dejar embebidos los cáncamos de acero que se usarán para fijar las poleas de las plataformas de elevación.

Finalmente, se tiene que asegurar una superficie perfectamente nivelada donde se va a apoyar el encofrado deslizante a fin de asegurar una horizontalidad perfecta para que no se presenten problemas en el montaje del encofrado.

3.1.3. Preparación de la armadura

Antes del inicio de los trabajos con encofrados deslizante se tiene que tener habilitada toda la armadura de refuerzo de las paredes. La armadura tiene que estar correctamente catalogada, etiquetada y separada por paquetes según las zonas donde se vayan emplear, conforme lo indiquen los planos.

Se recomienda que las barras verticales de refuerzo sean de una longitud de 4.50 m, pues si se usan longitudes mayores sería difícil mantener las barras en su correcta posición vertical por su tendencia a inclinarse.

En los silos circulares, unicelulares y multicelulares, al acero de refuerzo horizontal se le tiene que dar el radio de curvatura según su ubicación en las paredes, para evitar que la armadura fuerce y deforme el molde después de su colocación por los esfuerzos extras que se le aplican. Asimismo, se debe consultar con el diseñador del proyecto sobre la posibilidad de colocar la armadura horizontal en espiral, para así facilitar más su montaje.

3.2. Confección del encofrado deslizante

3.2.1. Materiales empleados para confeccionar el encofrado deslizante

Se emplean materiales corrientes conforme a las normas vigentes y en función a las condiciones específicas de cada uno de ellos. Entre estos materiales tenemos:

- Madera Tornillo de diferentes dimensiones, cepillada y/o garlopada.
- Triplay Lupuna o Fenólico de 12 mm de espesor.
- Planchas de Acero Galvanizada de 0.5 mm de espesor.
- Acero corrugado ASTM A615-Grado 60 de diferentes diámetros y longitudes.
- Planchas de aceros laminadas en caliente ASTM A36 de diferentes dimensiones y espesores.
- Barras redondas de acero ASTM A50 de diferentes diámetros y longitudes.

- Ángulos estructurales, tees, platinas, canales U de acero ASTM A36 de diferentes dimensiones.
- Alambre negro recocido de calibre (B.W.G.) N° 16 y N° 08.
- Clavos de acero para madera de diferentes dimensiones (1", 1 1/4", 2", 3", 4", etc.).
- Vigas H o WF de acero ASTM A36 de diferentes dimensiones, según las luces a cubrir y las solicitaciones a soportar.
- Tornillos y espárragos de diferentes dimensiones (1/2", 3/4")
- Cables de alma de fibra de diámetro 3/8" y 1/2".
- Laca Desmoldante para proteger la madera.

3.2.2. Ejecución de las paredes del encofrado deslizante.

Las paredes del encofrado deslizante están formadas por paneles de madera. Estos están conformados por planchas de triplay Lupuna o Fenólico de 12mm de espesor (protegida con una laca desmoldante) la cual es fijada sobre bastidores de madera. (Fig. 2.4 - 2.5)

Los paneles de madera también se pueden forrar con una plancha galvanizada de 0.5 mm de espesor, cuando se van a deslizar alturas mayores a 30 m.

La fabricación de los paneles se realiza en un taller externo o en un área dentro de la obra (si se dispone de suficiente espacio) respetando las dimensiones señaladas en el proyecto. Asimismo, la confección está influenciada por la forma de las paredes, si estas son curvas o si son planas y abarca las siguientes actividades:

3.2.2.1. Replanteo del encofrado

Siguiendo su forma, los encofrados se preparan a tamaño natural sobre una plataforma de trabajo especial (en los encofrados curvos), o bien directamente sobre la solera de la obra (encofrados rectos).

En las construcciones multicelulares cilíndricas (baterías de silos) por lo general se traza enteramente el encofrado para al menos una célula normal y una célula rómbica o en as de diamante.

Del mismo modo, para las células circulares de gran diámetro el replanteo podrá ser hecho parcialmente, trazando al menos un cuarto de la circunferencia de la célula sino se dispone de espacio para hacer el trazo completo.

3.2.2.2. Preparación de los materiales necesarios para los paneles

Esta actividad abarca el proceso de selección, compra y habilitación en las dimensiones requeridas de todos los materiales según su uso, descartando la madera que presente rajaduras, zonas podridas y porosas y estén muy desgastadas por su uso.

Este proceso se realiza de la siguiente manera:

- El entablado del encofrado donde se fijan las planchas de triplay de 12 mm, tendrá un acabado cepillado de 20 x 70 mm. con una longitud de 1.05 m. Se prestará mucha atención en cuanto a la calidad de las tablas para evitar tener una superficie irregular o con zonas débiles.
- Las planchas de triplay de 12 mm, serán cortadas con una altura de 1.05 m. y debidamente protegidas con dos manos de laca desmoldante en la dirección de la fibra de las planchas. Las aristas de la plancha deben ser protegidas con pintura esmalte.
- Los cordones (cerchas) se hacen con tablones de 2" de espesor, su ancho (8", 10") y longitud (8', 10') varían en función a la geometría de la obra, si es de paredes curvas o planas, respetando siempre un ancho mínimo de 8". Se tienen que verificar su calidad, sus dimensiones y acabados según su ubicación en el encofrado para que le puedan dar la inclinación requerida a los paneles.
- Las montantes (pericos) y diagonales serán habilitadas de las misma manera con plantilla, en sus dimensiones estandarizadas (2"x3", 2"x4" y/o 3"x4")
- Los tornillos, espárragos y clavos, se seleccionarán en las dimensiones y cantidades previstas en el proyecto, previendo una cantidad adicional de reserva.
- Las tornapuntas, las piezas de separación y los angulares metálicos de rigidización de esquinas para las células rectangulares se prepararán conforme a las indicaciones del proyecto.

3.2.2.3. Fijación de las tablas del entablado.

Antes de fijar las tablas se debe verificar que los cordones se encuentren correctamente ubicados y asegurados sobre sus soportes y plantillas provisionales. Los tablones que los componen deben estar solapados uno a la mitad del otro, respetando la distancia vertical de 50cm de separación entre los ejes de los cordones. A continuación, se unen los cordones entre sí fijando las montantes y diagonales.

Finalmente, las tablas son fijadas a los cordones con clavos de 2", espaciadas entre sí 145 mm, verificando que sus extremos se encuentren a una distancia vertical de 25 cm y 30 cm del eje superior e inferior de los cordones, y que a su vez mantengan su inclinación correcta (6 mm/m).

3.2.2.4. Fijación de las planchas de triplay y plancha metálica.

Las planchas de triplay ya habilitadas se fijan con clavos de 1" sobre cada una de las tablas del entablado teniendo el cuidado de no abollar las planchas. Finalizado el proceso de clavado, se volverá a verificar la inclinación de los paneles del encofrado deslizante.

Cuando se van a deslizar alturas mayores a los 30 m las planchas de triplay también se pueden forrar con planchas metálicas galvanizadas de 0.5 mm de espesor. Para lo cual, las planchas metálicas se fijan al triplay usando un pegamento de contacto y se sellan todas las juntas y/o empalmes con silicona, evitando así que por los cambios de temperatura producto de la fragua del concreto se deforme la superficie del molde y/o penetre la lechada del concreto entre la plancha metálica y el triplay.

3.2.2.5. Etiquetado de los paneles

Una vez que se han terminado de armar los paneles del encofrado, se procede a enumerarlos para de esta manera facilitar su montaje y desmontaje sobre todo si se van a reutilizar. Se deben tener claramente identificados los paneles (Llaves) de cerramiento.

3.2.2.6. Los agujeros de tornillos de unión

Una vez que se ha realizado un montaje de prueba en taller o en área cercana a la obra, después de haber verificado las dimensiones, posición, separación e inclinación se procede a taladrar los cordones en zigzag para fijarlos con tornillos de 1/2" espaciados a 30cm en cada uno de los tablonos que conforman los cordones.

3.2.3. Confección de las plataformas de trabajo

Se recomienda que las plataformas de trabajo estén constituidas por paneles inamovibles, marcados de manera que faciliten su montaje, desmontaje y reutilización en un menor tiempo y se eviten así el despilfarro de materiales. La confección de las plataformas engloba las siguientes actividades:

- Selección y verificación de las vigas metálicas de las que se dispone y si el proyecto lo indica, la habilitación de las vigas de madera que se emplearán. Asimismo, seleccionar y verificar la calidad de las vigas WF de las que se dispone y prever la compra de las vigas adicionales que se requieran.
- Corte en su longitud de las tablas del proyecto para la plataforma superior interior, en la que se pueden emplear tablas de diferentes secciones (1½"x6", 1½"x8", etc), o también se pueden confeccionar paneles con planchas de triplay de 18 mm con bastidores de madera de 3"x4" espaciados a 30 cm si se va a usar como encofrado de la losa de cobertura. En las demás plataformas se utilizan tablonés estándar de 2"x12"x10', los cuales deben estar en un buen estado.
- Fabricación de las trampillas, rejillas y escaleras de acceso, caseta de las bombas de aceite y barandillas.
- Preparación de los entramados-soportes de madera y/o acero para las diversas instalaciones.

3.2.4. Preparación de la instalación de control de la posición del encofrado deslizante.

Consiste en la compra y habilitación de las mangueras plásticas para control de la horizontalidad, de las tees y codos de CPVC, de las platinas que se van a usar como reglas graduadas y de los anillos de bloqueo. También se deben preparar los pesos de las plomadas.

3.2.5. Fabricación de las barras de trepar y de las fundas

Si no se cuenta con el suficiente stock se deben mandar a fabricar a un taller las barras de trepar (Acero SAE 1045) y las fundas de recuperación (Acero SAE 1010). Principalmente, se debe verificar la calidad de las barras, las cuales deben ser hechas con bastante exactitud en sus dimensiones que permitan su correcto empalme y el agarre perfecto de las mordazas de los gatos.

3.2.6. Preparación de la gatos, sistema hidráulico y accesorios

La verificación y puesta en servicio del sistema de elevación se hace en un taller mecánico de la empresa o en la obra, y abarca las siguientes operaciones:

- Limpieza de cada gato, es decir desmontaje, limpieza con petróleo y montaje después de haber reemplazado las piezas desgastadas.

- Revisión completa de cada bomba de aceite.
- Verificación de la estanqueidad de las mangueras de alta presión y que se cuente con un suficiente stock, previendo una reserva de 15% al menos.

3.2.7. Preparación y etiquetado de las piezas auxiliares

Además de los elementos ya mencionados, se fabrican, catalogan y etiquetan:

- Los marcos y moldes de madera para el encofrado de los vanos de puertas y ventanas y apoyo de las losas intermedias.
- Los insertos metálicos que van a quedar embebidos en el concreto, verificando que se puedan montar sin dificultad en el espacio existente entre el acero de refuerzo y los paneles del encofrado. Serán etiquetados por su tipo según al plano a que corresponden, indicando su nivel de colocación.
- Los marcos metálicos que van a quedar embebidos en el concreto se deben fabricar con un espesor o profundidad al menos 15 mm inferior al espesor de los muros, para así evitar que el encofrado los arrastre en su deslizamiento. También serán etiquetados por su tipo según al plano a que corresponden, indicando su nivel de colocación.
- Los moldes y listones para las ranuras o las canales. Los paneles de encofrado para realizar cambio en el espesor de las paredes de ser requerido por el proyecto.
- Las piezas para asegurar la separación horizontal y vertical del acero, para mantener la armadura en su posición correcta y con su recubrimiento especificado de concreto.

3.3. Montaje del encofrado deslizante

3.3.1. Montaje de los paneles del encofrado deslizante

Antes de montar los paneles, se deben trazar todos los elementos verticales que se van a encofrar, lo que permite ver la dimensión y forma real de la construcción proyectada, y da la posibilidad de advertir y prevenir las deformaciones durante el deslizamiento. El montaje de los paneles según su orden de armado reúne las siguientes actividades:

- Montaje de los paneles interiores de manera que todas las paredes tengan libres una de sus caras. Se vigilará que los paneles se monten con su correcta inclinación.

- Colocación del primer tramo de la armadura.
- Montaje de los paneles exteriores.
- Montaje de los rigidizadores en las zonas angulares y de intersección entre células. Puede usarse elementos metálicos.
- Montaje de las piezas metálicas para dar el recubrimiento a la armadura.

3.3.2. Montaje de los yugos metálicos

En el montaje de los yugos metálicos, que unen los paneles del encofrado, se realizará de la siguiente manera:

- Se replanteará la posición de los yugos en el encofrado conforme a los planos de montaje.
- Las montantes de los yugos se fijaran provisionalmente con clavos y cuñas perpendicularmente a los cordones del encofrado. Luego se fijan las traviesas o cabezales por medio de pasadores (pines), verificando la horizontalidad y la verticalidad.
- Los soportes superiores e inferiores de los caballetes se calzarán con cuñas y puntales de madera sobre los cordones. Se verificará que toda la superficie de apoyo del yugo (ménsula) esté en contacto con la cercha, la cual constituye un punto crítico porque allí se aplica toda la fuerza para levantar el molde.
- Se colocará una plancha metálica de 15x30x1/4" debajo de cada ménsula de arrastre de los yugos que soportan a las vigas metálicas, si estas son de grandes dimensiones, para contrarrestar el aplastamiento de las cerchas que se genera.
- Se montarán las horquillas que soportan los caballetes de madera de los andamios colgantes y/o las ménsulas o escuadras metálicas.
- Finalmente se verificará la inclinación del encofrado.

3.3.3. Montaje de las plataformas de trabajo

A medida que se montan los yugos, se realiza el montaje de la plataforma de trabajo superior interior, lo cual abarca las siguientes operaciones:

- Replanteo de la ubicación de las vigas metálicas sobre el encofrado según planos de montaje.
- Montar las plataformas de trabajo inferiores, si estas van suspendidas por cables de ménsulas o escuadras metálicas.

- Colocar las vigas metálicas sobre caballetes provisionales para que no transmitan su peso a los paneles y evitar que estos se deformen, mientras no estén suspendidos de los yugos.
- Fijar las vigas metálicas sobre el cordón superior, colocar las tornapuntas de apoyo sobre el cordón inferior y montar la plataforma con paneles o entablado.
- Replantear la posición de los moldes y marcos para las puertas y ventanas, y marcarlos visiblemente sobre la plataforma de trabajo superior.
- Armar la caseta donde se colocarán las bombas y los tableros eléctricos de distribución.

3.3.4. Montaje de los gatos, sistema hidráulico y accesorios.

El montaje se realizará en el siguiente orden:

- Ensamblar las fundas metálicas para la recuperación de las barras, colocándoles papel asfáltico en su parte inferior para que el concreto no se adhiera a la barra en el arranque.
- Colocar los gatos y fijarlos a las traviesas de los yugos en el centro de las paredes, verificando la verticalidad y horizontalidad de los mismos.
- Conectar en serie los gatos con las mangueras de alta presión y hacer la conexión de retorno a la bomba conforme al plano de montaje.
- Abastecer de aceite a las bombas electrohidráulicas.
- Probar y cebar los gatos uno a uno, introduciendo aceite en los circuitos y verificando que no se presente fugas. Si se detecta que un gato no funciona deberá ser cambiado de inmediato.
- Introducir las barras de trepar.
- Verificar nuevamente las fundas de recuperación.
- En paralelo al montaje de los gatos se va montando el sistema control de la nivelación horizontal
- Finalmente, verificar la plomada de las barras y la correcta nivelación de los gatos, ya que cualquier error y desplome al inicio acarrea errores en todo el deslizamiento.

3.3.5. Montaje de las Instalaciones Auxiliares

Al mismo tiempo que se va montando el sistema de gatos se va ubicando las otras instalaciones del encofrado deslizante, que suma las siguientes operaciones:

- La instalación eléctrica de iluminación y de fuerza.

- La instalación de toda la señalización de seguridad de la obra, así como la implementación de las medidas de seguridad y contra incendios conforme a lo previsto en el Plan de Seguridad y Medio Ambiente.
- La preparación de los entarimados y cables de las plataformas inferiores suspendidas, si aun no se ha hecho.
- La limpieza de los paneles del encofrado y de su superficie de apoyo, con aire comprimido y/o agua a presión.
- El aprovisionamiento y verificación del estado operativo de todos los equipos, herramientas y útiles usuales que se requieren.

3.4. Tolerancias admisibles

3.4.1. En la confección del encofrado deslizante

- | | |
|---|------------|
| • Inclinación del entablado | +/- 3 mm/m |
| • Longitud de las tablas del entablado | +/- 3 mm/m |
| • Longitud de los paneles del encofrado | +/- 2 mm |
| • Posición de los cordones o cerchas. | +/- 3 mm |

3.4.2. En la confección de marcos de puertas y ventanas

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| • Ancho del marco. | +/- 2 mm |
| • Inclinación de las caras laterales. | +/- 1 mm |
| • Para las dimensiones geométricas. | +/- 10 mm |

3.4.3. En el montaje del encofrado deslizante. (Para encofrados curvos)

- | | |
|---|------------|
| • Radio de la célula. | +/- 2 mm |
| • Distancia entre las caras interiores de los paneles en su parte superior. | +/- 2.5 mm |

3.4.4. Para elementos verticales, hechos con deslizante (ACI 117-90, Sección 7, p. 11)

3.4.4.1. Alineamiento vertical

Desplazamiento y rotación desde un punto fijo en la base de la estructura:

- | | |
|-------------------------------|--------|
| • Para alturas \leq a 30 m. | 50 mm. |
|-------------------------------|--------|

<ul style="list-style-type: none"> • Para alturas (H) mayores a 30 m. 	1/600 H, y < a 200 mm.
3.4.4.2. Alineamiento lateral Entre dos elementos adyacentes	50 mm.
3.4.4.3. Dimensiones de la sección transversal En las paredes	+ 19 mm o - 9.5mm.
3.4.4.4. Alineamiento relativo Por la pendiente formada entre la superficie respecto a un plano específico en una altura menor a 10 ft	1/4 in. (6 mm)
3.4.5. Para estructuras tipo Silo hechas con deslizantes (ACI 313-97, Cap. 3-3.9)	
3.4.5.1. Desplazamiento y/o rotación de las paredes <ul style="list-style-type: none"> • Para alturas \leq a 30 m. • Para alturas (H) mayores a 30 m. 	75 mm. 1/400 H, y < de 100 mm.
3.4.5.2. Diámetro interno y distancia entre las paredes. <ul style="list-style-type: none"> • Por 3m de diámetro o distancia • Pero no mayor que 	12 mm. 75 mm.
3.4.5.3. Dimensiones de la sección transversal de las paredes.	+ 25 mm. o -10 mm.
3.4.5.4. Ubicación de vanos, insertos metálicos embebidos. <ul style="list-style-type: none"> • Tolerancia vertical. • Tolerancia horizontal. 	+/- 75 mm. +/- 25 mm.

3.5. Consideraciones en cuanto al concreto

El sistema de construcción con encofrados deslizantes es un sistema dinámico no convencional mediante el cual el concreto requerido, que es el material más importante y que marca la velocidad de izaje, debe cumplir estrictamente con determinadas características:

- Tiempo de fragua (Inicial y Final): Se debe garantizar que la fragua inicial del concreto debe encontrarse entre 3.5 a 4 horas como parámetro estable y la fragua final se encuentre entre las 7 y 8 horas.
- Plasticidad: El concreto deberá presentar características plásticas como mínimo en una altura de 1.30 m (medido de la parte superior del molde hacia abajo) lo cual permita que el concreto pueda resistir su propio peso. Esto nos podrá permitir corregir desplomes y/o giros que normalmente ocurren en este sistema no convencional por tratarse de un proceso dinámico.
- Trabajabilidad: El concreto deberá mantener una trabajabilidad moderada que permita realizar un acabado superficial sin la necesidad de emplear otros productos diferentes al mismo concreto.

El proceso de fragua del concreto, el cual marca la velocidad de deslizamiento, está influenciada por la temperatura ambiental, la temperatura del concreto, la curva granulométrica de los agregados, el tipo de cemento, la relación A/C, la cantidad de cemento en la mezcla, los aditivos y el grado de compactación, los que en su conjunto hacen que se retrase o acelere el proceso de fragua.

Al momento de diseñar la mezcla del concreto se debe tener presente las condiciones de colocación y compactación como los cambios de temperatura ambiental, el espesor de las paredes, la densidad del acero de refuerzo, la forma del encofrado, etc

El concreto debería estar dosificado con un cemento Tipo I y el mínimo posible de aditivos, según experiencias anteriores de estructuras con encofrados deslizantes, donde se ha comprobado el buen comportamiento. Si se va trabajar en climas fríos, donde se requiere una alta resistencia inicial, se recomienda emplear un cemento tipo I o un cemento tipo III, y proteger al concreto del intemperismo hasta que supere su resistencia crítica de 35 Kg/cm² según lo indicado en la norma ACI 306 R-88.

Sin embargo, si el concreto va a ser dosificado con cementos puzolánicos o adicionados (MS) y con aditivos que pueden influir en las propiedades del concreto, se recomienda realizar pruebas a pie de obra del diseño de mezcla, para evaluar el comportamiento del concreto durante sus primeras horas, en especial de su fragua inicial, y así poder ir afinando los diseños de mezclas hasta encontrar el diseño óptimo para cada turno de trabajo.

La compactación del concreto debe realizarse con vibradores eléctricos (de más de 5,000-6,000 vibraciones por minuto) durante 10-25 segundos, verificando que las

distancia entre dos puntos sucesivos de vibración sea inferior al radio de influencia del vibrador. El diámetro de cabezal estará en función al espesor de las paredes y la densidad del acero.

Por último y no menos importante, se tiene que proteger las superficies del concreto fresco con un curador químico (180-200 gr/m²) para atenuar la pérdida de humedad necesaria para el fraguado.

3.6. Vaciado del concreto y deslizamiento de las paredes.

El trabajo con encofrados deslizantes es un proceso continuo, por lo que el vaciado del concreto será una actividad ininterrumpida las 24 horas del día en dos turnos de 12 horas hasta que se concluya el deslizamiento de las paredes. Por esta razón, para que no se detenga el deslizamiento del molde y/o se atenúe su velocidad, se tiene que prestar un especial interés en verificar las nuevamente las siguientes consideraciones:

- Todo el acero de refuerzo, todos los insertos metálicos, todos los marcos y moldes deben estar habilitados, catalogados y bien etiquetados antes del inicio del izaje para su fácil ubicación y colocación.
- Se tiene que tener tres juegos de planos (uno en plataforma), donde se muestre todo el desarrollo de los insertos, los marcos, los moldes y el refuerzo de acero, debidamente acotados.
- Con bastante anticipación se tiene que tener definido el personal para cada uno de los turnos y mantener en stand-by a un personal de contingencia, de preferencia se trabajará con personal experimentado. Para lo cual todo el personal tiene que recibir una instrucción técnica del proceso constructivo, aprobar las charlas de seguridad y contar con su seguro de alto riesgo (SCTR)
- Verificar que se tengan en reserva un número de gatos, una bomba electrohidráulica, una grúa o un winche, dos elevadores de balde, vibradores eléctricos y un generador de energía.

Durante la colocación de concreto en las paredes se realizarán las siguientes operaciones:

3.6.1. Llenado inicial del encofrado.

El llenado inicial del molde debe realizarse en capas de 30 cm hasta llenar el molde en 3 horas aproximadamente, que por lo general es el tiempo en que se da inicio al proceso de fragua y marca el inicio del deslizamiento del encofrado. Se recomienda que se inicie el relleno del molde con una capa de 5-7.5 cm de mortero de cemento (grouting) o de lo contrario que el concreto de la primera capa de 30 cm este dosificado con piedra de 1/2".

Se debe vibrar correctamente cada una de las capas de concreto.

3.6.2. Inicio del deslizamiento del encofrado.

Según lo mencionado en el apartado anterior, el inicio del deslizamiento se da a las 3-4 horas de colocada la primera capa de concreto. Una vez que el concreto puede sostenerse por sí mismo, se realiza la primera elevación, poniendo en funcionamiento las bombas de aceite.

Después de la primera elevación se verificará que el despegue haya sido uniforme en todos los gatos, de lo contrario se verificará la causa del problema, las cuales pueden ser:

- El gato está bloqueado o contiene aire.
- El gato está retardado.
- El gato está averiado y tendrá que reemplazarse.
- El molde se ha pegado al concreto

Si el concreto puede autosoportarse se continuará el deslizamiento a una cadencia de 6-12 elevaciones por hora en promedio, cuidando en todo momento que el molde este con mínimo 35 cm de concreto duro. Para eso la consistencia del concreto se comprueba, introduciendo una varilla de 5/8" y midiendo la longitud que esta penetra.

3.6.3. Montaje de los andamios colgantes.

Después de haber deslizado 2 m el encofrado se realiza el montaje de las plataformas inferiores, ante lo cual se tiene que disponer de personal suficiente.

3.6.4. Actividades durante el deslizamiento del encofrado.

El vaciado del concreto se realiza ininterrumpidamente hasta la cota final, a una velocidad fluctuantes entre los 13 a 30 cm/h en función al grado de endurecimiento del concreto.

Durante el deslizamiento se realizan serie de operaciones sobre las plataformas de trabajo, como se detalla a continuación:

a) Sobre la plataforma superior:

- El deslizamiento del encofrado a razón de 13 a 30 cm/h sobre un paso de 25 mm en cada elevación.
- Control de la nivelación cada 2 horas. Si se observan desnivelaciones, se bloquearán las bombas y se regulará el avance de los gatos.
- Se van empalmado las barras de apoyo a medida que se eleva el encofrado.
- El suministro, la recepción y distribución del concreto.
- Se va colocando y compactando el concreto en capas de 10-20 cm, procurando dejar 5 cm libres del encofrado para evitar la rotura de los bordes durante la elevación. También, se debe cambiar el sentido del vaciado por lo menos cuatro veces por turno de trabajo.
- Se obtendrá un muestreo de probetas de acuerdo a la Norma E-060, Cap. 4.6.2 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- El suministro y distribución del acero de refuerzo.
- Colocación continua de la armadura de refuerzo sin retrasos.
- El montaje de los marcos y moldes.
- La colocación de los insertos metálicos que quedan embebidos en el concreto.
- Introducción y montaje de los paneles para los cambios de sección de ser requerido.

b) Sobre la plataforma inferior (andamios colgantes):

- Control del grado de endurecimiento del concreto, verificando su consistencia y capacidad de mantener su forma.
- Control de las deformaciones del encofrado.
- Identificación y reparación de los defectos en el concreto.
- Acabado de las superficies de concreto según lo requerido.
- Extracción de los marcos y moldes.
- Colocación del encofrado del fondo de las vigas y su sostenimiento sobre puntales.
- Se apuntalan y arriostran las barras de trepar que atraviesan los marcos y moldes.

- Aplicación del curador químico a la superficie de concreto.

3.6.5. Separación y aseguramiento del encofrado deslizante.

Se detiene la colocación de concreto unos 40-50 cm por debajo de la cota final de las paredes y se sube en vacío el encofrado hasta el nivel final. Inmediatamente se procede a amarrar el molde con un doble alambre N° 08 cada un metro para que se fije y asegure a las paredes de concreto una vez que éste ha endurecido, facilitando el posterior desmontaje de los paneles.

Finalmente, se termina de colocar el concreto en el molde y se dejan embebidos dowells de 3/4" (L=1.50 m) cada metro para facilitar el desmontaje del encofrado. En paralelo se van girando las barras de trepar cuatro veces por hora, hasta que haya fraguado el concreto, para evitar que queden embebidas en el.

Otra solución, que se viene aplicando, es continuar con la colocación del concreto hasta la cota final y amarrar el molde, colgándolo con un doble alambre N° 08 de los dowells que se dejan cada metro.

3.7. Desmontaje, revisión y transporte del encofrado deslizante.

Una vez finalizada la colocación de concreto, al día siguiente se pueden dar inicio a las labores de desmontaje

Por tratarse de una labor de alto riesgo, ya que se realiza a gran altura, el desmontaje tiene que estar a cargo de personal muy experimentado (maniobristas) y se deben seguir rigurosamente todas las medidas de seguridad establecidas.

El desmontaje del encofrado deslizante se realiza en dos etapas:

3.7.1. Desmontaje de las partes del encofrado deslizante que se encuentran en la plataforma superior.

Las cuales se realizan según el siguiente orden:

- Desmontaje del sistema de iluminación y de fuerza.
- Desmontaje de los gatos, cabezales, yugos y de las fundas de recuperación de las barras.
- Recuperación de las barras de trepar mediante extractores manuales o los mismos gatos montados "de cabeza".
- Limpieza de todas las piezas, antes de embalarlas y trasladar al almacén o taller para su mantenimiento.

3.7.2. Desmontaje del encofrado deslizante.

Si no se dispone de una grúa, el desmontaje del encofrado se hace manualmente, con la ayuda de sogas, poleas, traga cables, eslingas, estrobos, elevadores de balde, winches, equipo de oxicorte y herramientas manuales. El desmontaje debe realizarse según el siguiente orden:

a) Cuando la plataforma superior se emplea como encofrado de la losa de cerramiento:

- Desmontaje de los yugos metálicos.
- Desmontaje de los andamios colgantes exteriores.
- Desmontaje de la plataforma de elevación de concreto, si es que no se va emplear para el vaciado de la losa.

b) Cuando no se emplea la plataforma superior como encofrado:

- Desmontaje de los yugos metálicos.
- Desmontaje de las plataformas exteriores en voladizo.
- Desmontaje de la plataforma de elevación de concreto.
- Desmontaje del entablado de la plataforma superior.
- Desmontaje de la plataforma interior inferior.
- Desmontaje de la estructura de la plataforma superior (viguetas extensibles, vigas de madera, canales U, vigas metálicas).
- Desmontaje de los paneles interiores.
- Desmontaje de los paneles exteriores.

Finalmente, se hará la revisión, limpieza, mantenimiento de todas las piezas que conforman el encofrado deslizante. Y antes de su traslado a almacén u otra obra todas las piezas serán embaladas, inventariadas y catalogadas correctamente.

3.8. Encofrado del techo o losa de cerramiento de un silo.

Cuando la plataforma superior de trabajo se emplea como encofrado de la losa de cerramiento, siguiendo lo indicado en el apartado anterior se realizan las siguientes operaciones:

- Antes de desmontar el sistema de elevación, se procede a empalmar las vigas metálicas el tramo necesario para que se apoyen sobre planchas metálicas dejadas en las paredes de concreto. A continuación, si el diseño lo indica, se

colocan las tornapuntas de apoyo soldadas a las vigas y a planchas metálicas, embebidas en cajuelas en los muros, a fin de que sirvan como apoyos intermedios.

- Se sellan todas las aberturas existentes en la plataforma
- Se coloca el encofrado del friso de la losa.
- Se empieza a subir, distribuir y colocar el acero del refuerzo de la losa.
- Antes de vaciar la losa se dejan cáncamos de fierro de 3/4" y orificios de 1"-2", correctamente distribuidos para facilitar el desmontaje del encofrado.

3.9. Desencofrado de la losa de techo.

Después de que el concreto ha superado el 85% de su resistencia especificada o antes si lo autoriza el diseñador estructural, se procede a realizar el desmontaje del encofrado de la losa y de los paneles del encofrado. El cual se realiza con la ayuda de traga cables (tirfor), winches, elevadores de baldes, poleas, sogas, eslingas, estrobos, grilletes, equipo de oxicorte, sierra circular de mano, balsos colgantes y herramientas manuales.

Así como para el desmontaje del encofrado deslizante, esta operación tiene que ser realizada por operarios maniobristas experimentados conforme al plan de seguridad, en el siguiente orden:

- Se coloca toda una plataforma de andamios colgantes sujetos del techo con cable metálico de 3/8" a través de los orificios que se han dejado en la losa.
- Si las vigas metálicas se van a desmontar, se fijan y aseguran a los cáncamos dejados en la losa.
- Se cortan las tornapuntas de apoyo de las vigas metálicas.
- Se sueltan las vigas metálicas de sus apoyos en los muros.
- Se desmontan las vigas metálicas.
- Se desencofra los paneles del fondo de la losa.
- Se desmontan los andamios colgantes interiores, si aun los hubieran.
- Se desmontan los paneles interiores.
- Se desmontan los paneles exteriores.
- Se solaquean y resanan las superficies donde han estado apoyados los paneles del encofrado.
- Finalmente se realiza la limpieza, mantenimiento y el inventario de todo el material.

CAPITULO IV:

APLICACIONES DIVERSAS DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES, VENTAJAS Y CONDICIONES DE SU APLICACIÓN.

4.1. Aplicaciones de los encofrados deslizantes verticales

El proceso constructivo con encofrados deslizantes, por las amplias posibilidades de adaptación y las ventajas que ofrece, presenta una gran gama de aplicaciones, que abarca a todos los tipos de construcciones elevadas, resultando más ventajoso en cuanto más alta es la estructura y más reutilizaciones se le da a un mismo encofrado.

Con la finalidad de dar una visión global de la variedad de aplicaciones que ofrecen los encofrados deslizantes, se clasificarán las obras según su función y el rubro al que pertenecen en:

4.1.1. Construcciones industriales

a) Silos.

Son depósitos para almacenar y conservar materiales granulares o pulverulentos tales como cemento, clinker, cal, carbón en polvo, harinas, trigo, cebada, arroz, azúcar, etc. Estos materiales son usualmente cargados por la parte superior de los silos y descargados por su parte inferior.

Los silos son estructuras altas que mantienen una sección constante a lo largo de toda su altura. Estos pueden ser de concreto armado o de concreto postensado.

Según su número de células podemos clasificar a los silos en:

- Silos unicelulares, los cuales están compuestos por una célula de gran diámetro.
- Silos multicelulares, los cuales están compuestos por un conjunto de células circulares, cuadradas o rectangulares. (Fig. 4.1)

b) Torres para los elevadores y las máquinas

Estas torres, necesarias para la alimentación de los silos, se caracterizan por su sección rectangular en planta, por tener losas intermedias y por su altura superior al silo. Asimismo, albergan los elevadores y las instalaciones de clasificación y acondicionamiento de los materiales almacenar o tratar.

c) Depósitos y cisternas.

Son construcciones de poca altura en relación con su diámetro, las cuales deben ser estancas y no presentar juntas de construcción en sus paredes. Su construcción por encofrados deslizantes resulta económica en cuanto mayor es el número de obras iguales.



Fig. 4.1 Bateria de silos-Lurín.



Fig. 4.2. Torre de enfriamiento.

d) Torres industriales.

Son torres de diferentes formas y alturas que se requieren en varias instalaciones industriales. Dentro de ellas podemos citar:

- Torres de granulación para la industria química.
- Torres de refrigeración de tiro natural, compuestas por una célula cilíndrica o troncocónica de gran altura.
- Torres de refrigeración hiperbólicas de grandes dimensiones. (Fig. 4.2)
- Reactores nucleares.
- Estructuras de pozos de minas.

e) Reservorios elevados de agua.

Se caracterizan por ser estructuras de 15-50 m. de altura que soportan en su parte superior un depósito de forma cilíndrica, troncocónica o de otro tipo. (Fig. 4.3)

f) Muros y pilares de edificios industriales.

Los cuales por ser elementos de gran altura y sección constante, hacen factible el empleo de los deslizantes.

g) Chimeneas.

Son estructuras esbeltas, de poca sección en planta en proporción con su altura, para las cuales resulta muy conveniente el empleo de los deslizantes por las ventajas que ofrecen. Estas pueden ser de sección constante o de sección variable con la altura. (Fig. 4.4)



Fig. 4.3 Fuste para Reservorio Elevado.



Fig. 4.4 Chimenea-Egeln

4.1.2. Obras de edificación

Sobre todo en la construcción de edificios multifamiliares de más de siete pisos, donde por lo general la arquitectura es simple, con pisos repetitivos y una estructura simétrica compuesta por placas de concreto. (Fig. 4.5)

También, se puede construir la caja de ascensores con deslizantes, llevando en su ascenso sobre su plataforma superior una grúa pluma que nos permita ejecutar el resto de la construcción por métodos convencionales.



Fig. 4.5 Edificio de departamentos



Fig. 4.6 Pilares de Puente-Costa Rica

4.1.3. Obras de fábrica, hidráulicas y mineras.

Entre de la gran variedad de aplicaciones en construcciones altas se puede destacar:

a) Pilas y pilares de puentes

Son elementos de gran altura que presentan formas muy diferentes, pueden ser circulares, rectangulares, de sección llena, hueca o en forma celular. También, pueden ser de sección constante o de sección variable con la altura. (Fig. 4.6)

b) Muros de contención.

Son elementos de gran altura en los que el espesor de su sección va decreciendo con la altura por lo que requiere de encofrados deslizantes especiales.

c) Cajones de cimentación. (Fig. 4.7)

d) Presas.

Se aplican los encofrados deslizantes en la construcción de presas de arco, las cuales presentan una gran altura en donde el espesor de las paredes decrece con la altura.



Fig. 4.7 Caissons-Tanger.



Fig. 4.8 Plataforma marina-Noruega.

e) Chimeneas de equilibrio.

Estas pueden ser subterráneas o elevadas, y de sección constante o de sección variable con la altura. (Fig. 4.9)

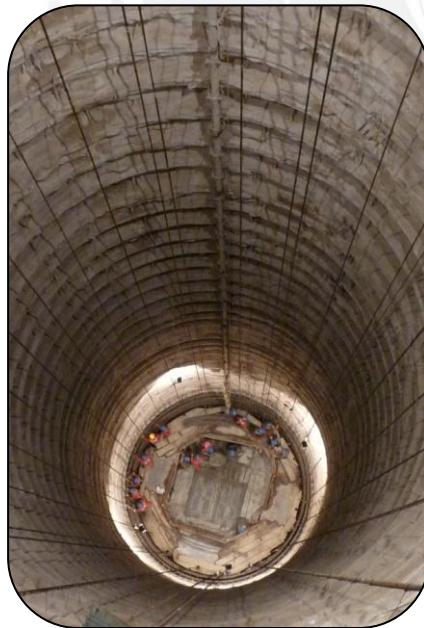


Fig. 4.9 Chimenea de Equilibrio.

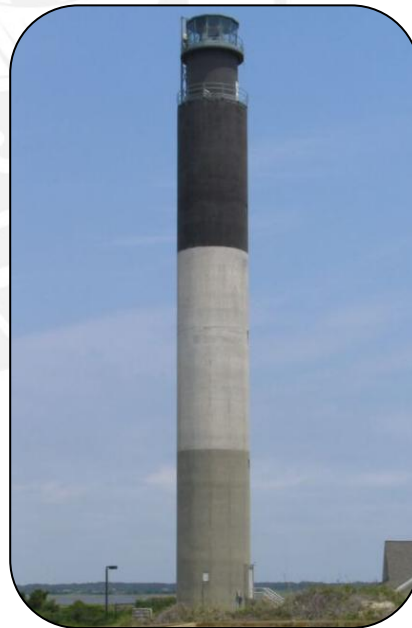


Fig. 4.10 Faro.

f) Torres de toma en centrales hidroeléctricas

g) Pozos de minas o de acceso.

Son similares a las chimeneas de equilibrio, pero de inferior diámetro.

h) Canales o túneles.

Se aplica a canales y túneles que presentan una fuerte inclinación, para los que se requiere de un sistema especial de encofrados deslizantes porque solo se encofra una de las caras de la construcción

i) Plataformas marinas para la explotación de petróleo o gas

Están compuestas por toda una batería de pilares de concreto armado que vienen a constituir los cimientos de gravedad, de los cuales 3 o 4 se prolongan como pedestales para soportar la plataforma de explotación de gas y/o petróleo con todas sus instalaciones. Una vez que se ha terminado de construir toda la plataforma esta es sumergida de una manera controlada, hasta que los cimientos lleguen a su posición en el lecho del mar. (Fig. 4.8)

4.1.4. Torres Elevadas

Las construcciones en forma de torre se componen de una sola célula de gran altura, la cual está diseñada para resistir las solicitaciones sísmicas y de viento. Sus secciones por lo general van variando con la altura, por lo que plantean problemas de ejecución y exigen encofrados deslizantes de un tipo especial.

Dentro de esta categoría, además de las chimeneas, las torres de refrigeración y los depósitos elevados ya descritos, se encuentran las siguientes construcciones:

a) Torres de televisión.

Se caracterizan por su gran altura, que llega a alcanzar los 200-300 m. Son generalmente cilíndricas por su interior y troncocónicas por el exterior, presentando un espesor variable de sus muros. (Fig. 4.11)

b) Faros.

Los cuales no son muy altos y en su coronación albergan solo equipos y maquinaria. (Fig. 4.10)

c) Torres panorámicas.

Estas estructuras de gran altura tienen por objetivo principal ofrecer una vista panorámica sobre un hermoso paisaje, para lo cual albergan amplias terrazas en su parte superior, así también como restaurantes. (Fig. 4.12)



Fig. 4.11 Torre de televisión-Toronto-Canadá.



Fig. 4.12 Torre panorámica en las cataratas del Niágara.

4.2. Aplicaciones especiales de los encofrados deslizantes verticales.

Por su forma de ejecución se ubican principalmente dentro de esta categoría, las construcciones en las cuales su sección en planta y el espesor de sus paredes van variando con la altura, las construcciones que presentan grandes huecos y también aquellas en cuya ejecución el método de los encofrados deslizantes se asocia a otros procesos constructivos.

Para la ejecución de este tipo de obras se aplica como base el procedimiento ya descrito (Cap. III), adaptándolo y completándolo en función a las características de cada tipo de construcción especial. Recurriendo en algunos de los casos al uso de un sistema de elevación especial definido por las diferentes patentes.

4.2.1. Construcciones aporticadas.

Dentro de esta categoría se ubican las construcciones aporticadas de concreto armado. (Fig. 4.13)

Para la ejecución de este tipo de construcciones se requiere tener presente las siguientes observaciones:

- Los paneles del encofrado deben montarse en todo el contorno de las paredes y vigas.
- Las columnas y/o placas se realizan introduciendo paneles móviles (tipo compuerta) en el encofrado, que delimitan su sección en planta entre las vigas.
- El fondo de las vigas se pueden encofrar de varias formas: con vigas extensibles sostenidas por puntales metálicos, con vigas metálicas prefabricadas según la luz y el peralte de las vigas apoyadas en las columnas, con un sistema de paneles de triplay, soleras y contrasoleras sobre un apuntamiento metálico, etc
- En caso que las barras metálicas atraviesen las vigas, deben ser arriostradas a medida que asciende el encofrado.
- Se requiere usar yugos metálicos en forma de X, Y o H para rigidizar las columnas. Lo cual, también, se puede conseguir cruzando dos yugos metálicos comunes en forma de X.
- Para pórticos con vigas de luces grandes y altos peraltes, se requiere del uso de yugos metálicos especiales, que ofrezcan un mayor espacio libre entre las traviesas y la plataforma superior. Asimismo, los paneles del encofrado deslizante tienen que confeccionarse más rígidos y ser arriostrados por vigas metálicas.

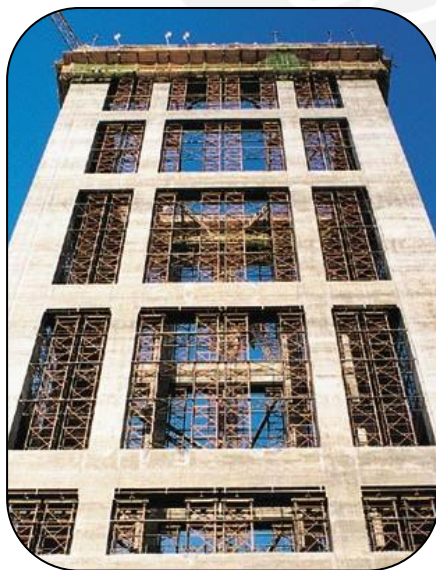


Fig. 4.13 Estructura aporricada.



Fig. 4.14. Cambio de sección escalonada en silo-Juliana.

4.2.2. Construcciones con paredes de espesor variable con la altura.

Algunas construcciones sea por motivos arquitectónicos o económicos, exigen que las paredes tengan un espesor variable de sus paredes o pilares con la altura.

La variación del espesor se puede realizar por escalones o de forma continua en toda la altura.

He podido participar en construcciones con variación escalonada del espesor de sus paredes, por lo cual se describirán con más detalle.

a) Variación del espesor por escalones.

Esta variación se puede realizar introduciendo una de las caras de las paredes y manteniendo la otra cara continua en toda la altura, o introduciendo las dos caras de las paredes.

Para conseguir la disminución del espesor se realiza el siguiente procedimiento:

- Se preparan previamente los paneles de reducción de espesor, en función a la dimensión que se quiere disminuir, y de una longitud de 70-80 cm, de tal manera que cuando sean empujados ascendentemente el concreto haya fraguado y pueda mantener su forma.
- Por lo general las barras de trépar van ubicadas en el centro de los muros, sin embargo, para espesores grandes se requieren colocar dos barras por yugo, centradas respecto a eje del muro.
- Cuando se llega a la cota del cambio de sección se eleva el encofrado en vacío unos 40 cm sin dejar de colocar el acero de refuerzo.
- A medida que el espacio entre la traviesa de los yugos y la última capa de concreto lo permiten se van introduciendo los paneles de reducción de espesor.
- Una vez que están colocados y empalmados entre los paneles se continúa con la colocación del concreto.
- Cuando los paneles se encuentran al mismo nivel que los paneles del encofrado deslizante, son fijados a las cerchas superiores de estos últimos para que puedan ser izados en conjunto.
- Si quedan barras de trépar al descubierto, deben ser arriostradas a los muros a medida que asciende el encofrado para impedir su pandeo.

Entre las últimas obras en las que he participado y que presentan este tipo de cambio de sección, puedo citar:

- El Silo de Homogenización en Cementos Pacasmayo, con capacidad de 2,546 TN, ejecutado durante el 2007 en la planta de Cementos Pacasmayo - Pacasmayo – La Libertad.
- El Silo para almacenamiento de cal, con capacidad de 1800 TN, ejecutado durante el 2006 en la planta de Cementos Sur – Caracoto – Juliaca. (Fig.4.14)

b) Variación continua del espesor.

La variación del espesor se realiza de dos maneras:

- Empleando paneles de encofrado inclinado que se montan y desmontan sobre la cara que interesa a medida que el encofrado va ascendiendo, de acuerdo a las cotas definidas.
- O bien, usando encofrados que cuenten con un mecanismo que les permita ir variando gradualmente el diámetro exterior y/o interior de la estructura

Entre los diferentes tipos de construcciones donde se han aplicado estas soluciones podemos citar:

- Estructuras con dimensiones de los pilares variable.
- Construcciones en forma de torre con paredes de espesor constante y pilastras (contrafuertes) de peralte variable.
- Construcciones de sección circular, como chimeneas o depósitos, en las cuales el espesor de sus paredes varía de forma continua.
- Construcciones de contorno abierto, como muros de contención y presas de arco en las que el espesor de las paredes decrece con la altura.

4.2.3. Construcciones de sección variable con la altura.

a) Elementos de sección llena.

Dentro de esta categoría se encuentran los pilares macizos de concreto armado para los puentes, con variación de la sección en una o varias de sus caras.

Una solución práctica para la ejecución de este tipo de obras, es usar un encofrado deslizante especial, en el cual se van colocando paneles suplementarios entre los yugos y los paneles del encofrado, a medida que el encofrado asciende.

b) Elementos de sección hueca.

En este tipo de obras varía tanto el espesor de las paredes como la sección en planta en función con la altura. La ejecución de estas se realiza con encofrados deslizantes especiales (metálicos), con mecanismos que permitan variar gradualmente espesores y secciones.

4.2.4. Aplicaciones especiales de los Encofrados Deslizantes.

Los Encofrados Deslizantes también se pueden emplear para las operaciones de elevación de elementos de construcción u operaciones auxiliares, en función a las características propias de la obra y al proceso de constructivo adoptado, durante o después del deslizamiento de los elementos verticales.

a) Elevación de cubiertas de estructura metálica.

En construcciones de grandes luces y de gran altura, se opta por montar toda la estructura metálica en el suelo, unida por dispositivos de apoyo al encofrado deslizante, para que sea elevado con el deslizamiento de las paredes.

También, se puede montar toda la estructura metálica de las coberturas como parte de la plataforma superior, con lo cual se rigidiza también el molde. Una vez que se llega a la cota final se empalma y fija la estructura a las planchas metálicas dejadas en las paredes de acuerdo al diseño de detalle que debe preverse especialmente.

b) Elevación de los encofrados para diversas construcciones.

En ciertas obras se requieren realizar losas de concreto armado intermedias o de cubierta, paredes de depósitos o plataformas diversas. La construcción de estos elementos es con encofrados convencionales, lo cual por ser un trabajo en altura, plantea serios problemas en la ejecución y acarrea riesgos adicionales.

Para tales situaciones resulta ventajoso armar todo el encofrado en suelo y llevarlo en conjunto con el encofrado deslizante o izarlo luego a su posición correcta por medio de los gatos.

Como ejemplo, tenemos la ejecución de los reservorios elevados tipo INTZE, en los cuales, desde un inicio, se montaba el encofrado del fondo de cuba fijándolo

a los paneles del encofrado deslizante del fuste, para que así lo pudiera arrastrar en su ascenso. Llegada a la cota final, el encofrado del fondo de la cuba, se aseguraba, fijaba y arriostraba a las paredes del fuste usando escuadras de madera.

c) Elevación de los depósitos y de las plataformas.

En algunas construcciones, la plataforma o depósito que corona la construcción, encima de la torre, es ejecutada a nivel del suelo usando encofrados convencionales y luego es elevada a su cota definitiva por medio de gatos hidráulicos.

La elevación de estas partes se puede hacer simultáneamente con el deslizamiento de la torres de soporte.

4.3. Aplicaciones de los encofrados deslizantes horizontales

Las máquinas empleadas dentro de esta categoría, por la versatilidad que ofrece el diseño de sus modelos, permiten realizar las siguientes obras:

- Pavimentos de aeropuertos, calles, carreteras y estacionamientos, de diferentes dimensiones.
- Acabado de pavimentos en puentes.
- Veredas.
- Revestimiento de canales, de diferentes formas y dimensiones.
- Sardineles, bordes altos y/o contrafuertes pequeños para controlar el tráfico vehicular, bien sean rectos o curvos.
- Túneles.

4.4. Ventajas del empleo de encofrados deslizantes

Entre las principales ventajas que ofrece la construcción con encofrados deslizantes se tienen:

- a) Se realiza en simultáneo varias operaciones, que incluyen colocación de armadura, vaciado del concreto, colocación de insertos, acabado de paredes y curado, lo que permite establecer una cadena tecnológica continua y reducir los plazos de ejecución, lo cual no se consigue usando los encofrados convencionales de madera y/o metálicos.

- b) Por ser proceso continuo, permite que se mecanicen las diferentes operaciones, lo cual se refleja en una economía en mano de obra.
- c) Se suprime los tiempos muertos y los estrangulamientos, fijando una velocidad promedio de deslizamiento, en función a la cual se dimensionan previamente todos los medios que intervienen en el proceso constructivo. Con esto se logra reducir los costos por mano de obra, aumentando asimismo, la productividad de la obra y reduciendo los costos indirectos que dependen del tiempo.
- d) Se disminuye los riesgos de accidentes y se brinda una mayor seguridad al personal, porque todos los trabajos se realizan sobre plataformas provistas con todas las medidas e implementos de seguridad, lo cual también se ve reflejado en un mayor rendimiento del personal.
- e) Se consigue una gran velocidad de ejecución, alcanzando hasta 7.20 m de deslizamiento por día, lo cual no se consigue con los métodos convencionales de construcción.
- f) Se adquiere una mejor calidad en las construcciones como consecuencia del monolitismo alcanzado al suprimirse las juntas de construcción, lo cual se logra al colocar continuamente concreto sobre concreto fresco en capas de unos 20 cms, a medida que se monta el acero de refuerzo.
- g) Se logra una mayor densidad y estanqueidad de los elementos de concreto, producto del monolitismo y de una buena compactación. Esto es muy importante en estructuras que van a contener líquidos, cemento o granos, porque al suprimirse las juntas de construcción no es necesario el uso de rompeaguas, que con frecuencia presentan fallas en su colocación.
- h) Se consigue un mejor acabado completamente fusionado con las estructuras, porque el solaqueo de las paredes y la correcciones superficiales se realizan cuando el concreto se encuentra aun en su estado plástico.
- i) Se suprime el montaje de andamios para retoques y acabados en los muros, ya que estos se realizan a medida que avanza la construcción desde los andamios colgantes.
- j) Se asegura la continuidad en la ejecución de las paredes, incluso en climas fríos donde la temperatura desciende bajo los 15 °C, tomando las medidas de protección necesarias.
- k) Se puede llevar la estructura y/o encofrado de la losa del último nivel como parte de la plataforma superior de trabajo, simplificando el proceso constructivo y reduciendo la necesidad de equipos.
- l) Se hace posible la realización de obras de gran altura sin la necesidad de andamios (solo los de la plataforma de acceso) en un menor tiempo y de una

forma segura. Asimismo, se obtiene una economía en los materiales y mano de obra.

- m) Se puede llevar en el encofrado deslizante las plataformas para la elevación del concreto, lo cual resulta muy ventajoso en lugares en que no se cuenta con una bomba de concreto y no se dispone de una grúa.
- n) Se obtiene un gran número de reutilizaciones del encofrado, con lo cual en una obra llega a recuperar su costo de inversión. A lo cual se suma el valor por la reutilización posterior de varias de las piezas en otras obras.
- o) Permite tener piezas estandarizadas que se emplean en todas las construcciones como yugos metálicos, andamios colgantes, montantes (pericos), diagonales, barras de trepar, fundas de recuperación, sistema de elevación, escaleras de acceso, tablonas, etc., lo cual se manifiesta en un menor gasto de inversión.
- p) Se consigue un menor desperdicio de los materiales y por consiguiente una mayor economía, al estandarizar la mayoría de las piezas.

4.5. Desventajas y condiciones del empleo de los Encofrados Deslizantes.

Entre las desventajas y las condiciones de empleo que se deben tener presente al construir con encofrados deslizantes se tienen:

- a) Se generan restricciones de diseño arquitectónico importantes, debido a que la estructura por lo general debe estar compuesta por muros de concreto armado continuos en su altura y sin presentar elementos salientes. Asimismo, se restringe su aplicación en estructuras aporricadas, la cual solo es recomendable en casos excepcionales, por los problemas de ejecución que se generan y la mayor inversión que demandan.
- b) Como consecuencia de lo anterior se generan estructuras monótonas, constituidas por paredes continuas que se limitan a una arquitectura sencilla.
- c) El proyecto de la obra tiene que ser elaborado o adaptado en función al procedimientos de construcción con encofrados deslizantes.
- d) Se necesita una mano de obra calificada especializada y con experiencia, en cada una de las operaciones que componen la cadena tecnológica, para así poder tener un buen rendimiento y una excelente calidad.

- e) Igualmente, la obra debe contar con una buena organización y logística para que se puedan atender los requerimientos y dar solución a los problemas que se susciten.
- f) Se debe disponer de personal suficiente para cada uno de los turnos de trabajo, y mantener en stand-by a un determinado número, ante eventuales ausencias.
- g) La ejecución de estos trabajos debe estar dirigida por ingenieros calificados, que conozcan el método de los encofrados deslizantes y que tengan experiencia en la realización de este tipo de obras.
- h) Se requiere asegurar una continuidad de las obras con encofrados deslizantes, para poder mantener en la empresa al personal especializado.
- i) Se demanda una gran inversión inicial en cada obra, para la fabricación del encofrado, para lo cual la empresa contratista debe contar con liquidez y/o una cartera de proveedores que le faciliten crédito.
- j) En un inicio se requiere de una gran inversión en equipos, maquinarias menores, materiales y piezas estandarizadas, cuyo gastos se van amortizando y recuperando en cada una de las obras.
- k) Además, como la mayoría de trabajos se realizan a gran altura y la seguridad del personal es lo primordial, se justifica una fuerte inversión en equipos, materiales e implementos de seguridad. Sin embargo, estos no son gastos que se pierden porque están contemplados en el presupuesto de la obra y a la vez se recuperan en futuras obras.
- l) Todo el personal debe ser instruido en la técnica de los encofrados deslizantes, y debe ser consciente y disciplinado al realizar sus trabajos asignados, cumpliendo y respetando todas las normas de seguridad.
- m) Durante el deslizamiento se debe contar con suficiente liquidez para atender las eventualidades y necesidades que se generen y también, poder liquidar al personal de apoyo una vez que concluye el deslizamiento.
- n) Se debe solucionar con anticipación los problemas laborales que puedan generarse con el sindicato de construcción civil y definir las condiciones laborales, para evitar algún amotinamiento y la paralización de los trabajos, lo cual repercute en la calidad y costos de la obra.
- o) Se producen mayores dificultades en la colocación de la armadura de refuerzo horizontal, la cual solo se realiza un espacio libre de 50 cm. Por ello, se necesita contar con un buen número de ferreros experimentados y así evitar retrasos durante el deslizamiento.

- p) Se necesita tener varios equipos y generadores de energía en stand-by como reserva ante eventuales fallas de los equipos que están en operación. Esto genera que se incrementen los costos, porque se tiene maquinaria paralizada.
- q) La obra debe disponer con un suficiente espacio para almacenar todo el material y poder realizar el montaje de prueba del encofrado, caso contrario se debe recurrir a la utilización de un solar cercano a la obra.
- r) El método de los encofrados deslizantes se aplica a estructuras elevadas, por lo general de sección constante en su altura, que permiten que se amorticen y recuperen los gastos de la inversión inicial para que resulte más económico frente a los métodos convencionales.
- s) Existe un riesgo mayor en el control de la verticalidad de la estructura, porque si no se realiza a tiempo la medición y corrección adecuada de los desplomes, estos pueden incrementarse y ser difíciles de controlar.
- t) Se requiere contar con Topógrafos experimentados, que puedan trazar con rapidez y precisión, las cotas y ejes de ubicación de los vanos, de los insertos y marcos metálicos, de las losas, etc. Asimismo, que midan con precisión la cota y posición del encofrado deslizante, para poder realizar a tiempo las correcciones necesarias.

Figuras 4.1 - 4.3 - 4.9 - 4.14 :

Imágenes propias del autor

Figuras 4.2 - 4.4 - 4.5 - 4.6 - 4.7 - 4.8 - 4.10 - 4.11 - 4.12 - 4.13 :

Imágenes descargadas de internet.

CAPITULO V:

COMPARACION DE COSTOS Y MEMORIA DE CÁLCULO

5.1. Comparación del proceso constructivo con encofrados tradicionales y el sistema con encofrados deslizantes aplicado a estructuras tipo silos, reservorios, torres y chimeneas.

En general para considerar el uso de encofrados deslizantes y poder aprovechar al máximo las ventajas que ofrece el método, como se mencionó en el capítulo anterior, se requiere que las construcciones sean estructuras altas, donde el uso de encofrados convencionales es costoso y compleja su erección. Para saber si el uso de encofrados deslizantes resulta rentable frente a encofrados convencionales, se tiene que determinar la altura mínima de la estructura en que los costos de ambos métodos se equiparan y a partir de la cual, a medida que esta incrementa, se generan mayores beneficios con los encofrados deslizantes.

Con tal propósito se realizará la comparación de costos entre ambos métodos aplicados a estructuras tipo silos, reservorios, torres y chimenea, que por lo general presentan una geometría en planta constante en su altura. Asimismo, como ejemplo práctico de referencia se ha considerado el Silo de Homogenización de 4,500 TN ejecutado en el 2007 con encofrados deslizantes en la fábrica de Cemento Sur S.A en Caracoto-Juliaca-Puno.

Si se busca hacer una comparación precisa de costos entre ambos métodos, se tendrían que considerar las partidas afines del presupuesto que influyen en los costos, tales como: Movilización y desmovilización de equipos, implementos de seguridad, habilitación y colocación de acero, encofrado de las paredes, colocación de concreto y colocación de insertos metálicos, sumadas a los gastos generales que se involucran.

Además, hay que resaltar que en el sistema con encofrados deslizantes se obtiene un alto rendimiento en la partida de colocación de acero. Sin embargo, para fines prácticos de la presente comparación, solo se considerarán las partidas de

encofrado de las paredes y de colocación de concreto, para las cuales se han asumido una serie de consideraciones y parámetros:

- El concreto y el acero son suministrados por el propietario.
- Como no siempre se puede contar con una grúa torre, se está considerando para la colocación del concreto con encofrados deslizantes un winche para elevar el concreto y alquiler de una bomba de concreto cuando se emplea encofrados metálicos.
- El alquiler de la bomba de concreto es de S/. 800.00 por día, en función a la colocación de 30 m³ de concreto, el cual representa el volumen de concreto mínimo para el cual alquilan la bomba.
- Se va a asumir que el precio por movilización y desmovilización de la bomba de concreto es equivalente al precio de movilización y desmovilización del winche que se emplea para elevar el concreto en el sistema con encofrados deslizantes.
- Para la madera de andamiaje, pernos y espárragos se asume que se les da un uso total para unos 60 m. de altura.
- Al resto de materiales que se emplean en cada una de las partidas se les ha considerado que su uso es para una sola obra, en función a la altura, no considerando futuras reutilizaciones.
- En los encofrados metálicos se ha considerado el alquiler de tres juegos de anillos con paneles de 1.20 m de altura, para poder trepar a razón de 2.40 m por ciclo, quedando siempre atrapado un anillo con paneles de 1.20 m, que es el que nos permite trepar. Asimismo, se ha considerado el alquiler de 150 escuadras metálicas para que permitan armar la pasarela de andamios y aplomar los muros.
- El tiempo mínimo de alquiler del encofrado metálico es de un mes, por lo cual en la presente comparación se está cargando todo ese precio a la partida de encofrado de muros, si se le pudiera dar otros usos a ese material, el precio se prorratearía, permitiendo disminuir el precio unitario de la partida y obtener mayores ahorros.
- El precio mensual por alquiler de encofrado metálico se ha considerado en S/.45(m²) y el de las escuadras metálicas en S/.14.5(und).
- En los encofrados deslizantes para determinar el tiempo promedio de ejecución de trabajos se ha asumido una velocidad promedio de deslizamiento de 17.5 cm/h. Además, que el tiempo de montaje de todo el sistema es de 10 días y el tiempo por desmontaje es de 5 días.

- La comparación se aplica a estructuras tipo silos, reservorios, torres y chimeneas, de diámetro interior mayor a 10m y espesor de muros mayor a 25cm, considerando una velocidad promedio de izaje 17.5 cm/h.
- Asimismo, se han asumido una serie de valores sustentados por el tiempo promedio de ejecución de los trabajos y por la experiencia obtenida en campo, como se detalla en la siguiente tabla:

Alturas				
Descripción	0-12 m.	12-24 m.	24-36 m.	36-50m.
Para encofrados metálicos.				
1. Cuadrilla de Concreto	1.0 cap + 8.0 op + 4.0 of + 4.0 pe			
Rendimiento (m3/día)	34	34	34	34
2. Cuadrilla de Encofrado.	0.1 cap + 1.0 op + 1.0 of			
Rendimiento (m2/día)	9.0	8.5	8.0	7.5
3. Cuadrilla de Desencofrado.	0.1 cap + 1.0 op + 1.0 of			
Rendimiento (m2/día)	17	16	15	14
4. Cuadrilla de Solaqueo.	0.1 cap + 1.0 op + 0.50 pe			
Rendimiento (m2/día)	11.5	10.5	9.5	8.5
5. Cuadrilla de Escarificado.	0.1 cap + 1.0 op + 1.0 pe			
Rendimiento (m2/día)	15	15	15	15
6. Ciclo de encofrado por cada etapa de 2.40 m. (día)	3.0	3.5	4.0	4.5

Para encofrados deslizantes.				
1. Cuadrilla de concreto	1.0 cap + 8.0 op + 5.0 of + 10.0 pe			
Rendimiento (m3/día)	20	20	20	20
2. Cuadrilla de Encofrado	1.0 cap + 8.5 op + 2.0 of + 2.0 pe			
Rendimiento (m2/día)	134	134	134	134
3. Cuadrilla de desencofrado	1.0 cap + 9.0 op + 2.0 of + 4.0 pe			
Rendimiento (m2/día)	16	16	16	16
4. Cuadrilla de Habilitación del molde	1.0 cap + 8.0 op + 2.0 of + 2.0 pe			
Rendimiento (m2/día)	16	16	16	16
5. Velocidad Prom Izaje (cm/h)	17.5	17.5	17.5	17.5

Después de realizar una serie de iteraciones con los valores de la altura del silo, se determina que la altura en la que los costos totales de ambos métodos se aproximan, fluctúa entre los 11 y 13 m. de altura. A partir de ese intervalo, a medida que aumenta la altura del silo se hacen más notorias las diferencias de costos, resultando cada vez más económica la construcción con el sistema de encofrados deslizantes.

Por otro lado, hay que resaltar, que si se logra establecer una velocidad de izaje promedio mayor a los 17.5 cm/h y a esto se le suma el alto rendimiento obtenido en la colocación de acero, la diferencia de costos se inclina más a favor de los encofrados deslizantes.

También, como se puede observar, en las estructuras mayores a 15 m de altura los tiempos de ejecución de la obras con encofrados deslizantes son más reducidos que los tiempos de ejecución con encofrados metálicos. Esto se refleja, asimismo, en los costos de la obra porque conlleva a unos menores gastos generales.

Además, habría que volver a resaltar la principal ventaja de los encofrados deslizantes que es la ejecución continua y en simultáneo de varias operaciones, suprimiendo así los tiempos muertos y los estrangulamientos que se ve reflejado en una mayor economía y productividad de la mano de obra. Esta ventaja es más notoria, a medida que la estructura es más alta, cuya ejecución con encofrados metálicos sería más compleja y demandaría mayores tiempos de ejecución, lo que resulta en mayores gastos de mano de obra, debido a los tiempos muertos que se generan por las propias actividades secuenciales de este procedimiento constructivo.

Finalmente, en la mayoría de las estructuras tipo silos se busca obtener estructuras monolíticas que tengan estanqueidad en sus muros, para que impidan el paso de humedad y las filtraciones. Monolitismo que no se obtiene con los encofrados metálicos, ya que se presentan las llamadas juntas de construcción, que requieren de la colocación de membranas rompeaguas para impedir las filtraciones y tensores que atraviesan los muros que requieren sellado posterior. Estas membranas para que cumplan su función demandan de mayores cuidados a la hora de instalarlas y al colocar el concreto, lo cual se ve reflejado en un mayor gasto en mano de obra y en retraso de las demás actividades.

Para que se pueda comprender todo lo mencionado de una manera cuantitativa se adjunta a continuación la tabla resumen de resultados para diferentes alturas de la estructura. Asimismo, se adjunta la tabla del metrado de materiales y los análisis de precios unitarios para una altura de 12 m., la cual representa la altura a partir de la cual se hace rentable la construcción con encofrados deslizantes.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS

H (m)	AREA ENCOFR. (m2)	VOLUMEN CONCRETO (m3)	PRECIOS UNITARIOS						COSTO TOTAL (S/.)				TIEMPO DE EJECUCION (DÍA)	
			ENCOFRADO (S/.x m2)			CONCRETO (S/.x m3)			E.D	E.M	Δ	E.D	E.M	
			E.D	E.M	E.D	E.M	E.D	E.M						
														E.D
11.0	1,057.46	158.62	112.34	111.93	174.56	172.47	S/. 146,482	S/. 145,720	S/. 762	18	19			
12.0	1,153.59	173.04	108.56	109.83	174.56	170.70	S/. 155,435	S/. 156,238	-S/. 802	18	20			
13.0	1,249.73	187.46	105.36	108.43	174.56	170.15	S/. 164,388	S/. 167,402	-S/. 3,013	19	22			
14.0	1,345.86	201.88	102.61	107.23	174.56	169.67	S/. 173,342	S/. 178,570	-S/. 5,229	19	23			
16.0	1,538.12	230.72	98.15	105.29	174.56	168.90	S/. 191,248	S/. 200,917	-S/. 9,669	19	26			
18.0	1,730.39	259.56	94.69	103.79	174.56	168.27	S/. 209,155	S/. 223,266	-S/. 14,111	20	29			
20.0	1,922.65	288.40	91.91	103.60	174.56	167.80	S/. 227,061	S/. 247,589	-S/. 20,528	20	32			
22.0	2,114.92	317.24	89.64	103.55	174.56	167.41	S/. 244,967	S/. 272,101	-S/. 27,133	21	35			
24.0	2,307.19	346.08	87.75	103.50	174.56	167.06	S/. 262,874	S/. 296,601	-S/. 33,727	21	38			
25.0	2,403.32	360.50	86.92	103.75	174.56	167.41	S/. 271,827	S/. 309,695	-S/. 37,868	21	40			
26.0	2,499.45	374.92	86.15	103.99	174.56	167.73	S/. 280,780	S/. 322,795	-S/. 42,015	22	41			
28.0	2,691.72	403.76	84.78	104.41	174.56	168.28	S/. 298,687	S/. 348,995	-S/. 50,309	22	45			
31.0	2,980.11	447.02	83.06	104.96	174.56	168.98	S/. 325,547	S/. 388,337	-S/. 62,790	23	50			
34.0	3,268.51	490.28	81.63	105.42	174.56	169.56	S/. 352,406	S/. 427,709	-S/. 75,303	24	55			
36.0	3,460.78	519.12	80.82	105.69	174.56	169.89	S/. 370,313	S/. 453,966	-S/. 83,653	24	58			
38.0	3,653.04	547.96	80.09	106.32	174.56	170.83	S/. 388,219	S/. 481,985	-S/. 93,766	25	62			
41.0	3,941.44	591.22	79.13	107.16	174.56	172.07	S/. 415,079	S/. 524,081	-S/. 109,002	25	67			
44.0	4,229.84	634.48	78.30	107.89	174.56	173.13	S/. 441,938	S/. 566,219	-S/. 124,281	26	73			
46.0	4,422.11	663.32	77.80	108.34	174.56	173.76	S/. 459,845	S/. 594,345	-S/. 134,500	26	77			

E.D : ENCOFRADOS DESLIZANTES

E.M : ENCOFRADOS METALICOS

T/C US\$ = S/. 2.80

METRADO DE MATERIALES											
DATOS GENERALES											
Radio interior (m) = 7.50	↑ L Circunf. Int. (m) = 47.12										
Radio exterior (m) = 7.80	↑ L Circunf. Ext. (m) = 49.01										
Radio promedio (m) = 7.65	↑ L Circunf. Prom (m) = 48.07										
Altura de Deslizamiento	↑ H (m) = 12.00										
RESUMEN DE RESULTADOS											
DESCRIPCION	ENCOFRADO		CONCRETO		COSTO TOTAL C.ENCOFRADO + C.CONCRETO	Δ	TIEMPO DE EJECUCION (DIAS)				
	P.U (S/.x m2)	PARCIAL (S/.)	P.U (S/.x m3)	PARCIAL (S/.)							
ENCOFRADOS DESLIZANTES	108.56	125,229.8	174.56	30,205.3	S/. 155,435.2		18				
ENCOFRADOS METALICOS	109.83	126,699.8	170.70	29,537.8	S/. 156,237.6	-S/. 802.5	20				
USANDO ENCOFRADOS DESLIZANTES											
Descripcion	Nº	a (pulg)	b (pulg)	L (pie)	Parcial (pie 2)	% Desperd.	Sub-Total	Und	Total	Cant. (x m2 de encof.)	
Madera para el encofrado											
Tablones para Cerechas	Int.	80	2	12	8.00	1,280.0	7%	1,369.60	p2		
	Ext.	84	2	12	8.00	1,344.0	7%	1,438.08	p2		
Montantes (Pericos)	Int.	136	2	3	1.50	102.0	10%	112.20	p2		
	Ext.	141	2	3	1.50	105.8	10%	116.33	p2		
										3,967.36	3.0264

Diagonales	Int. Ext.	136 141	2 2	3 3	1.50 1.50	102.0 105.8	10% 10%	112.20 116.33	p2 p2	
Entablado	Int. Ext.	358 372	1 1	3 3	3.50 3.50	313.3 325.5	10% 10%	344.58 358.05	p2 p2	
Triplay de 12 mm	Int.	20					5%	21.00	pl	43.05
	Ext.	21					5%	22.05	pl	
Desmoldante		24					5%	24.80	Gl	24.80
Clavos de 2", 3", 4"		180					15%	207.00	Kg	207.00
Pernos de 1/2" x 5"		673					10%	740.30	Und	740.30
Esparragos de 3/4" x 30"		89					10%	97.90	Und	97.90
Madera Andamiaje								5,453.47		0.9455
Tablones de andamios	Int.	40	2	12	10.00	800.0	5%	840.00	p2	
	Ext.	63	2	12	10.00	1,260.0	5%	1,323.00	p2	
Andamios de Madera	41	41	2	4	8.00	218.7	10%	240.53	p2	
		41	2	4	10.00	273.3	10%	300.67	p2	
		164	1	6	5.00	410.0	10%	451.00	p2	
		82	1	6	6.00	246.0	10%	270.60	p2	
		41	2	6	6.00	246.0	10%	270.60	p2	
		41	2	4	4.00	109.3	10%	120.27	p2	

Plataforma Superior	124	1.5	12	8.00	1,488.0	10%	1,636.80	p2		
USANDO ENCOFRADOS METALICOS										
Descripcion	Nº		L (m)	H (m)	Parcial (m2)	% Desperd.	Sub-Total	Und	Total	Cant. (x m2 de encof.)
Paneles metalicos Int.	3		47.12	1.20	169.6	5%	178.13	m2	363.38	0.3150
Ext.	3		49.01	1.20	176.4	5%	185.25	m2		
Tensores	1,010					15%	1,161.50	Und	1,161.50	1.0069
Escuadras de apoyo	150						150.00	Und	150.00	0.1300
Desmoldante	12					10%	12.69	Gl	12.69	0.0110
Rollo de vaina plastica (x 150 m)	6					10%	7.05	Und	7.05	0.0061
Alambre Nº 08	461					5%	484.51	Kg	484.51	0.4200
Clavos de 2", 3", 4"	81					10%	88.83	Kg	88.83	0.0770
Madera Andamiaje									6,027.00	1.0449
Tablones de andamios Int.	140	2	12	10.00	2,800.0	5%	2,940.00	p2		
Ext.	147	2	12	10.00	2,940.0	5%	3,087.00	p2		

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
USANDO ENCOFRADOS METALICOS

DATOS GENERALES

Altura del Silo (m)	12.00	Volumen de concreto (m3)	173.04
Area de encofrado (m2)	1,153.59	Bomba Concreto (\$/.x Dia)	\$/. 800.0

Partida **COLOCACION DE CONCRETO CON BOMBA**
 Rendimiento m3/DIA **34.00** Costo unitario directo por : m3 **\$/. 170.70**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.00	0.2353	21.09	4.96
OPERARIO	hh	8.00	1.8824	17.31	32.58
OFICIAL	hh	4.00	0.9412	15.54	14.63
PEON	hh	4.00	0.9412	13.69	12.88
					65.06
Materiales					
CURADOR	gal		0.2200	20.00	4.40
					4.40
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	65.06	1.95
BOMBA DE CONCRETO	m3		1.0500	87.84	92.23
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	3.00	0.7059	10.00	7.06
					101.24

Partida **ENCOFRADO METALICO**
 Rendimiento m2/DIA **9.00** Costo unitario directo por : m2 **\$/. 109.83**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.10	0.0889	21.09	1.87
OPERARIO	hh	1.00	0.8889	17.31	15.39

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS USANDO ENCOFRADOS METALICOS					
OFICIAL	hh	1.00	0.8889	15.54	13.81
					31.07
Materiales					
CLAVOS PARA MADERA DE 3"	kg		0.0770	4.50	0.35
ALAMBRE NEGRO REC. N° 08	kg		0.4200	4.50	1.89
ENCOFRADO METALICO	m2		0.3150	54.00	17.01
TENSORES	u		1.0069	4.00	4.03
ESCUADRAS METALICAS	u		0.1300	15.95	2.07
ROLLO DE VAINA PLASTICA	u		0.0061	100.00	0.61
DESMOLDANTE EFCO	gal		0.0110	25.00	0.28
MADERA ANDAMIAJE	p2		1.0449	4.60	4.81
					31.04
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	31.07	0.93
ESCALERA DE ACCESO	mes		0.0100	300.00	3.00
					3.93
Subcontratos					
SC DESENCOFRADO DE MUROS	m2		1.0500	16.94	17.79
SC SOLAQUEO DE MUROS	m2		1.0500	23.30	24.46
SC ESCARIFICADO DE JUNTAS	m2		0.0650	23.52	1.53
					43.78
Partida SC DESENCOFRADO DE MUROS					
Rendimiento	m2/DIA	17.00	Costo unitario directo por : m2		S/. 16.94
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.10	0.0471	21.09	0.99
OPERARIO	hh	1.00	0.4706	17.31	8.15
OFICIAL	hh	1.00	0.4706	15.54	7.31
					16.45
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.45	0.49
					0.49

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 USANDO ENCOFRADOS METALICOS

Partida	SC SOLAQUEO DE MUROS				
Rendimiento	m2/DIA	11.50	Costo unitario directo por : m2	S/. 23.30	

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.10	0.0696	21.09	1.47
OPERARIO	hh	1.00	0.6957	17.31	12.04
PEON	hh	0.50	0.3478	13.69	4.76
					18.27
Materiales					
DISCO COPA DIAMANTADO	u		0.0111	90.00	1.00
					1.00
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.27	0.55
ESMERIL DE 4.5"	hm	0.50	0.3478	10.00	3.48
					4.03

Partida	SC ESCARIFICADO Y LIMPIEZA DE JUNTAS				
Rendimiento	m2/DIA	15.00	Costo unitario directo por : m2	S/. 23.52	

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.10	0.0533	21.09	1.12
OPERARIO	hh	1.00	0.5333	17.31	9.23
PEON	hh	1.00	0.5333	13.69	7.30
					17.66
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	17.66	0.53
MARTILLO ELECTRICO	hm	1.00	0.5333	10.00	5.33
					5.86

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
USANDO ENCOFRADOS DESLIZANTES**

Partida	COLOCACION DE CONCRETO				
Rendimiento	m3/DIA	20.00	Costo unitario directo por : m3	S/. 174.56	

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.00	0.4000	21.09	8.44
OPERARIO	hh	8.00	3.2000	17.31	55.39
OFICIAL	hh	5.00	2.0000	15.54	31.08
PEON	hh	10.00	4.0000	13.69	54.76
					149.67
Materiales					
CURADOR	gal		0.2200	20.00	4.40
					4.40
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	149.67	4.49
WINCHE ELECTRICO	hm	1.00	0.4000	20.00	8.00
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	2.00	0.8000	10.00	8.00
					20.49

Partida	ENCOFRADO DESLIZANTE				
Rendimiento	m2/DIA	134.00	Costo unitario directo por : m2	S/. 108.56	

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.00	0.0597	21.09	1.26
SOLDADOR	hh	0.50	0.0299	17.31	0.52
OPERARIO	hh	8.00	0.4776	17.31	8.27
OFICIAL	hh	2.00	0.1194	15.54	1.86
PEON	hh	2.00	0.1194	13.69	1.63
					13.53

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS USANDO ENCOFRADOS DESLIZANTES					
Materiales					
CLAVOS PARA MADERA DE 3"	kg		0.1794	4.50	0.81
PERNOS 1/2 X 4" CON TUERCA	u		0.1283	3.00	0.39
ESPARRAGOS 3/4 "X 30"	u		0.0170	10.00	0.17
DESMOLDANTE ZETA-LAC	gal		0.0215	80.00	1.72
MADERA ANDAMIAJE	p2		0.9455	4.60	4.35
MADERA TORNILLO INC. CORTE	p2		3.0264	5.00	15.13
TRIPLAY DE 12 mm	pl		0.0373	75.00	2.80
					25.36
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	13.53	0.41
ESCALERA DE ACCESO	mes		0.0100	300.00	3.00
CIRCULAR Y GARLOPA	hm	0.50	0.0299	15.00	0.45
SOLDADORA	hm	0.50	0.0299	12.00	0.36
ANDAMIO METALICO	hm	6.00	0.3582	1.40	0.50
WINCHE ELECTRICO	hm	0.50	0.0299	20.00	0.60
GATOS HIDRAULICOS	dm	44.00	0.3284	130.00	42.69
					48.00
Subcontratos					
SC DESENCOFRADO DE MOLDE	m2		0.0875	135.30	11.84
SC HABILITACION DEL MOLDE	m2		0.0875	112.29	9.82
					21.66
Partida SC DESENCOFRADO DEL MOLDE					
Rendimiento	m2/DIA	16.00	Costo unitario directo por : m2		S/. 135.30
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.00	0.5000	21.09	10.55
SOLDADOR	hh	1.00	0.5000	17.31	8.66
OPERARIO	hh	8.00	4.0000	17.31	69.24
OFICIAL	hh	2.00	1.0000	15.54	15.54
PEON	hh	4.00	2.0000	13.69	27.38
					131.36

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS USANDO ENCOFRADOS DESLIZANTES					
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	131.36	3.94
					3.94
Partida SC HABILITACION DEL MOLDE					
Rendimiento	m2/DIA	16.00	Costo unitario directo por : m2		S/. 112.29
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.00	0.5000	21.09	10.55
OPERARIO	hh	8.00	4.0000	17.31	69.24
OFICIAL	hh	2.00	1.0000	15.54	15.54
PEON	hh	2.00	1.0000	13.69	13.69
					109.02
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	109.02	3.27
					3.27

5.2. Memoria de cálculo de los encofrados deslizantes.

5.2.1. Datos generales

Triplay

Resistencia a la flexión.	$\sigma = 120 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia al corte.	$\tau = 10 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión perpendicular	$C_{\perp} = 18 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo de elasticidad	$E = 90,000 \text{ Kg/cm}^2$

Madera Tornillo

Resistencia a la flexión.	$\sigma = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 10\% \text{ (A.C)}$
Resistencia al corte.	$\tau = 8 \text{ Kg/cm}^2 + 10\% \text{ (A.C)}$
Resistencia a la compresión perpendicular	$C_{\perp} = 15 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión paralela.	$C_{//} = 80 \text{ Kg/cm}^2$
Resistencia a la tracción.	$T = 75 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo de elasticidad	$E_p = 55,000 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 90,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (A.C)}$

*A.C = Acción en conjunto, en los entablados, viguetas y vigas en celosía.

5.2.2. Fuerzas de Fricción.

La fuerza de rozamiento entre el panel del encofrado deslizante y el concreto, resulta ser la más importante para determinar la estabilidad del encofrado deslizante, para lo cual de una manera conservadora se usará la formula de propuesta por Tudor Dinescu:

$$F_r = \frac{2}{3} \times f \times h^2 \text{ (Tn/m)}, \text{ donde :}$$

- $f = 0.60$, coeficiente de rozamiento para encofrados de madera.
- $h = 1.05$, para el llenado inicial (Molde lleno).
- $h = 0.75$, durante el deslizamiento.

$$F_r = \frac{2}{3} \times 0.60 \times 1.05^2 = 0.441 \text{ Tn/m} = 441 \text{ Kg/m (Arranque)}$$

$$F_r = \frac{2}{3} \times 0.60 \times 0.75^2 = 0.225 \text{ Tn/m} = 225 \text{ Kg/m (Deslizamiento)}$$

5.2.3. Verificación de la capacidad de carga del encofrado deslizante

Cargas Muertas

Peso de la estructura metálica	48 m x 150 Kg/m =	7,200 Kg
Peso de la estructura del E.D	4,000 p2 x 1.3 Kg/p2 =	5,200 Kg
Peso de la pared del E.D	43 pl x 20 Kg/pl =	860 Kg
Peso de la madera en las plataformas	6,000 p2 x 1.3 Kg/p2 =	7,800 Kg
Peso de caballetes y yugos	44 und x 60 Kg/und =	2,640 Kg

Carga Permanente **23,700 Kg**

Cargas Vivas

Peso del acero (aprox. 120 barras de 1")	120 und x 36 Kg/und =	4,320 Kg
Peso de personal (aprox. 60 personas)	60 per x 90 Kg/per =	5,400 Kg
Peso de las barras de trepara (1 día)	48 und x 20 Kg/und =	960 Kg
F_r (Arranque)	441 Kg/m x 96.13 m =	42,394 Kg
F_r (Deslizamiento)	225 Kg/m x 96.13 m =	21,630 Kg

Carga Viva en el Arranque **53,074 Kg**

Carga Viva en el Deslizamiento **32,310 Kg**

Carga Total en el Arranque = 23,700 + 53,074 = **76,774 Kg**

Carga Total en el Deslizamiento = 23,700 + 32,310 = **55,800 Kg**

Para 44 gatos, con 3,000 Kg de capacidad cada uno, obtenemos una capacidad total de carga de 132,000 Kg, con lo que obtenemos:

$$F.S_{Arranque} = \frac{132,000}{76,774} = 1.72$$

$$F.S_{Deslizamiento} = \frac{132,000}{55,800} = 2.37$$

Con lo cual se comprueba la estabilidad del encofrado deslizante, siendo la carga máxima de trabajo por gato de aproximadamente 2 Tn, lo cual proporciona un buen margen de seguridad considerando que la distribución de las cargas no es uniforme, que los gatos por el uso ya no tienen la misma capacidad de carga y a su vez no presentan una elevación simultánea.

5.2.4. Empuje del concreto.

El A.C.I para determinar la presión lateral del concreto sobre el encofrado, en concretos vibrados realizados con encofrados deslizantes, propone la siguiente formula (ACI 347-27, Cap. 7 – 7.3.2.4):

$$P = 4.8 + \frac{524 \times R}{T + 17.8}$$

Donde:

- P = Presión lateral del concreto (KPa).
- R = Velocidad de llenado del concreto (m/h).
- T = Temperatura del concreto (°C).

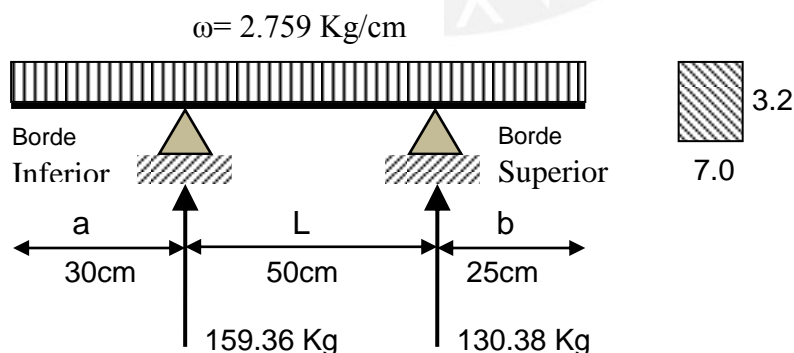
Considerando la velocidad máxima de llenado del molde de 1.0 m/h y una temperatura promedio del concreto de 20 °C, obtenemos:

$$P = 4.888 + \frac{0.962 \times 1.00}{20 + 17.8} = 18.66 \text{ KPa} = 0.1903 \text{ Kg/cm}^2$$

5.2.5. Estabilidad de los paneles del encofrado deslizante.

El panel del encofrado deslizante está compuesto por tablas de 20x70 mm espaciadas 145 mm entre sí, eje a eje, sobre las cuales se fija una plancha de triplay de Lupuna de 12 mm.

El encofrado se modela como una viga simplemente apoyada entre las cerchas, distanciadas entre sí 50 cm, eje a eje, con voladizos en sus extremos. Para efectos prácticos de diseño, se ha considerado que la tablas y el triplay forman una sección transversal rectangular de 20x32mm.



a) Verificación de la estabilidad del entablado:

- $P = 0.1903 \text{ Kg/cm}^2$
- $W = (0.1903 \text{ Kg/cm}^2) \times (14.5 \text{ cm}) = 2.759 \text{ Kg/cm}$

- Ancho de la Sección: $b = 7.0 \text{ cm}$
- Peralte de la Sección: $h = 3.2 \text{ cm}$
- Momento de inercia de la sección: $I = 19.11 \text{ cm}^4$
- El momento flector y la cortante máxima se dan en el borde inferior del encofrado ($a = 30 \text{ cm}$), y se calculan a la cara de apoyo de la tabla sobre las cercha ($a = 25 \text{ cm}$)

$$M_f = \frac{1}{2} W * (a + x_1)^2 - R_a * x_1 = \frac{1}{2} (2.759) x (30 + 5)^2 - (159.36) x (5)$$

$$M_f = 893.36 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

$$\sigma = \frac{6 \times M}{b \times h^2} = \frac{6 \times 893.36}{7 \times 3.2^2} = 74.78 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo que ese está aplicando al encofrado es menor esfuerzo resistente a flexión de la madera tornillo (90 Kg/cm^2), se verifica la estabilidad del entablado para el empuje del concreto.

$$V_{act} = W \times (a - x_1) = 2.759 x (30 - 5) = 68.99 \text{ Kg}$$

$$V_{Resist} = \frac{\tau \times A}{1.5} = \frac{8 \times 7 \times 3.2}{1.5} = 119.47 \text{ Kg}$$

Como $V_{act} < V_{Resist}$, se verifica la estabilidad del panel por corte.

Analizando con el programa SAP2000 la viga apoyada con voladizos en sus extremos, se obtiene que la deflexión máxima es:

$$\Delta_{max act} = 0.2931 \text{ cm}$$

Verificando el ACI 117-90, Sección 7.3, se observa que la tolerancia en las dimensiones de la sección transversal de las paredes ejecutadas con encofrados deslizantes son $+3/4"$ y $-3/8"$. Para efectos de diseño consideramos:

$$\Delta_{max adm} = \frac{1"}{8} = \frac{2.54}{8} = 0.3175 \text{ cm}$$

Como $\Delta_{max act} < \Delta_{max adm}$ se verifica la estabilidad del panel por deflexión.

b) Verificación de la estabilidad de panel de triplay de Lupuna del encofrado:

- $W = (0.1903 \text{ Kg/cm}^2) \times (105 \text{ cm}) = 19.98 \text{ Kg/cm}$
- Ancho del Triplay: $b = 105 \text{ cm}$
- Peralte del Triplay: $h = 1.2 \text{ cm}$
- Luz (L) = 14.5 cm ; Luz libre (L1) = 7.5 cm .
- Momento de inercia de la sección: $I = 15.12 \text{ cm}^4$

$$M_f = \frac{1}{10}(W \times L^2) = \frac{1}{10}(19.98) \times (14.5)^2 = 420.08 \text{ Kg} \times m$$

$$\sigma = \frac{6 \times M}{b \times h^2} = \frac{6 \times 420.08}{105 \times 1.2^2} = 16.67 \text{ Kg/cm}^2$$

Como $\sigma_{act} < \sigma_{Resist}(120 \text{ Kg/cm}^2)$, se verifica la estabilidad del triplay para el empuje del concreto.

$$V_{act} = \frac{5}{8} \times W \times L1 = \frac{5}{8} \times 19.98 \times 7.5 = 93.66 \text{ Kg}$$

$$V_{Resist} = \frac{\tau \times A}{1.5} = \frac{10 \times 105 \times 1.2}{1.5} = 840 \text{ Kg}$$

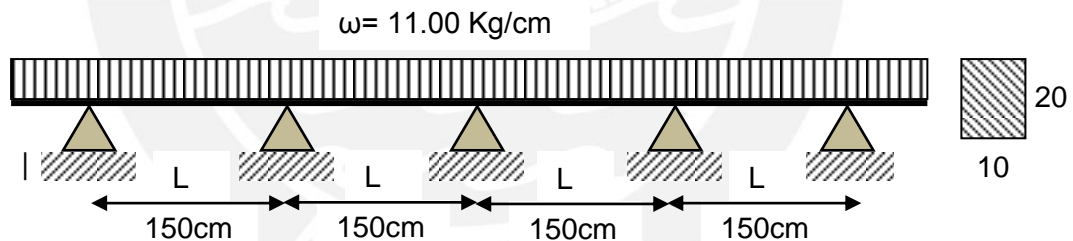
Como $V_{act} < V_{Resist}$, se verifica la estabilidad del panel por corte.

$$\Delta_{max act} = \frac{W \times L1^4}{185 \times E \times I} = \frac{19.98 \times 7.5^4}{185 \times 90,000 \times 15.12} = 0.00025 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max adm} = \frac{L1}{270} = \frac{7.5}{270} = 0.028 \text{ cm}$$

Como el $\Delta_{max act} < \Delta_{max adm}$ se verifica la estabilidad del panel por deflexión.

c) Verificación de la estabilidad de las Cerchas para la presión lateral del concreto:



- $W = \frac{159.36 \text{ Kg}}{14.5 \text{ cm}} = 11.00 \text{ Kg/cm}$
- Ancho del Cercha: $b = 10 \text{ cm}$
- Peralte del Cercha: $h = 20 \text{ cm}$
- Considerando que los yugos se encuentran espaciados entre sí 150 cm como máximo, Luz (L) = 150 cm
- Momento de inercia de la sección: $I = 6,666.67 \text{ cm}^4$

$$M_f = \frac{1}{10}(W \times L^2) = \frac{1}{10}(11.0) \times (150)^2 = 24,750 \text{ Kg} \times m$$

$$\sigma = \frac{6 \times M}{b \times h^2} = \frac{6 \times 24,750}{10 \times 20^2} = 37.13 \text{ Kg/cm}^2$$

Como $\sigma_{act} < \sigma_{Resist}$ (90 Kg/cm²), se verifica la estabilidad de la cercha para el empuje del concreto.

$$V_{act} = \frac{5}{8} \times W \times L1 = \frac{5}{8} \times 11 \times 150 = 1,031.25 \text{ Kg}$$

$$V_{Resist} = \frac{\tau \times A}{1.5} = \frac{8 \times 10 \times 20}{1.5} = 1,066.67 \text{ Kg}$$

Como $V_{act} < V_{Resist}$, se verifica la estabilidad de la cercha por corte.

$$\Delta_{max act} = \frac{W \times L1^4}{185 \times E \times I} = \frac{11.0 \times 150^4}{185 \times 90,000 \times 6,666.67} = 0.0502 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max adm} = \frac{1''}{8} = \frac{2.54}{8} = 0.3175 \text{ cm}$$

Como el $\Delta_{max act} < \Delta_{max adm}$ se verifica la estabilidad del panel por deflexión

Se observa que por fuerza cortante las cerchas del encofrado deslizante estarían trabajando en su límite, por lo cual se recomienda espaciar los yugos a una distancia menor de 1.50 (1.20m o 1.30m) y llenar el molde a una menor velocidad (30 - 50cm/h) para contar con un mayor factor de seguridad.

d) Verificación de la estabilidad de las Cerchas para las Carga de Trabajo:

Se va a verificar la estabilidad de las cerchas interiores del encofrado deslizante, las cuales soportan las mayores cargas. Estas cerchas, están sometida a las cargas debido al peso propio del encofrado, peso de la estructura metálica, a las fuerzas de rozamiento entre el encofrado y el concreto, y a una sobrecarga (200Kg/m²), como se detalla a continuación:

Cargas Muertas

Peso de la estructura metálica	150 Kg/ml =	150 Kg/m
Peso de la estructura del E.D	42 p2/ml x 1.3 Kg/p2 =	54.6 Kg/m
Peso de la pared del E.D	0.45 pl/ml x 20 Kg/pl =	9 Kg/m
Peso de la madera en las plataformas	80 p2/ml x 1.3 Kg/p2 =	103 Kg/m

Carga Permanente **317 Kg/m**

Cargas Vivas

Sobrecarga (200 Kg/m ²)	200 Kg/m ² x 2.50 m =	500 Kg/m
F _r (Arranque)	441 Kg/ml =	441 Kg/m
F _r (Deslizamiento)	225 Kg/ml =	225 Kg/m

Carga Viva en el Arranque

941 Kg/m

Carga Viva en el Deslizamiento

725 Kg/m

Carga Total en el Arranque = 317 + 941 = **1,258 Kg/m**

Carga Total en el Deslizamiento = 317 + 725 = **1,042 Kg/m**

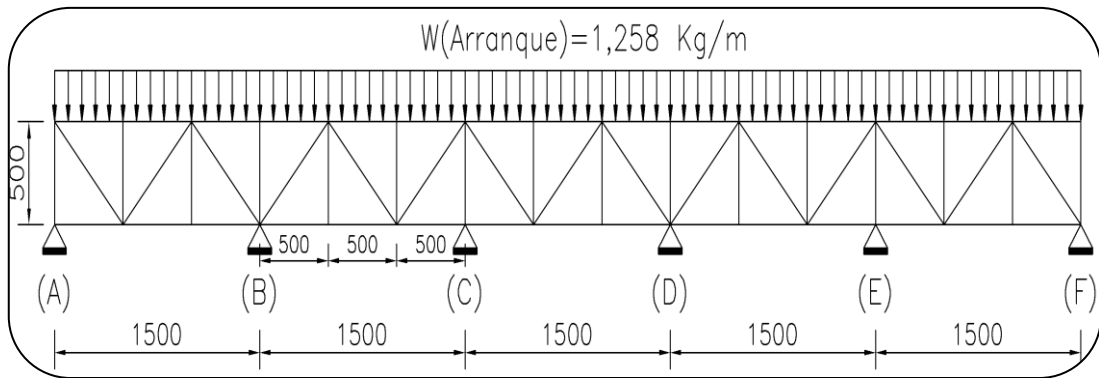


Fig. 5.1 Esquema de Viga Celosía de 05 tramos, sometida a una carga distribuida uniforme W

Las cerchas superior e inferior se encuentran unidas mediante montantes (2"x4") y diagonales (2"x3") formando una viga en celosía, la cual puede considerarse apoyada en los puntos en que el encofrado esta sostenido por los yugos metálicos.

Para efectos de diseño se va analizar una viga celosía de 05 tramos, con lo yugos espaciados 1.50 m entre sí, sometida a una carga uniformemente distribuida en el arranque del deslizamiento de $W = 1,258 \text{ Kg/m}$. (Fig. 5.1)

Antes de analizar la viga celosía, se determinan las fuerzas máximas que soportan en Tracción y Compresión, las montantes (2"x4"x40cm) y las diagonales (2"x3"x60cm) que conforman el reticulado de la viga celosía.

Hay que mencionar que casi todo el porcentaje de las fuerzas de Tracción que se generan son asumidas por los espárragos de 3/4", que unen los cordones superiores e inferiores, ubicados cada 1.20m en todo el perímetro del encofrado.

- Fuerzas máximas para elementos en Tracción:

$$F_T = \sigma_T * A$$

$$F_{T.Montante} = 75 * 5 * 10 = 3,750 \text{ Kg}$$

$$F_{T.Diagonal} = 75 * 5 * 7.5 = 2,812 \text{ Kg}$$

- Fuerzas máximas para elementos en Compresión:

$$\left(\lambda = \frac{L_{Ef}}{d}\right) < 10$$

$$F_C = \sigma_c * A$$

$$10 < \lambda < C_K$$

$$F_C = \sigma_c * A * \left[1 - \frac{1}{3} * \left(\frac{\lambda}{C_K}\right)^4\right]$$

$$\lambda_M = \frac{40}{5} = 8 < 10$$

$$F_{C.Montante} = 80 * 5 * 10 = 4,000 \text{ Kg}$$

$$\lambda_D = \frac{60}{5} = 12 < 18.42$$

$$F_{C.Diagonal} = 80 * 5 * 7.5 * \left[1 - \frac{1}{3} * \left(\frac{12}{18.42}\right)^4\right]$$

$$F_{C.Diagonal} = 3,000 * [0.93996] = 2,820 \text{ Kg}$$

Después de analizar la viga celosía se observa que las fuerzas de compresión y tracción que se generan en las montantes y diagonales (Fig. 5.2-5.3) son menores a las fuerzas permisibles, contando con un factor de seguridad mayor a 2.5, con lo que se verifica la estabilidad de las cerchas del encofrado deslizando para las cargas que se generan en el arranque.

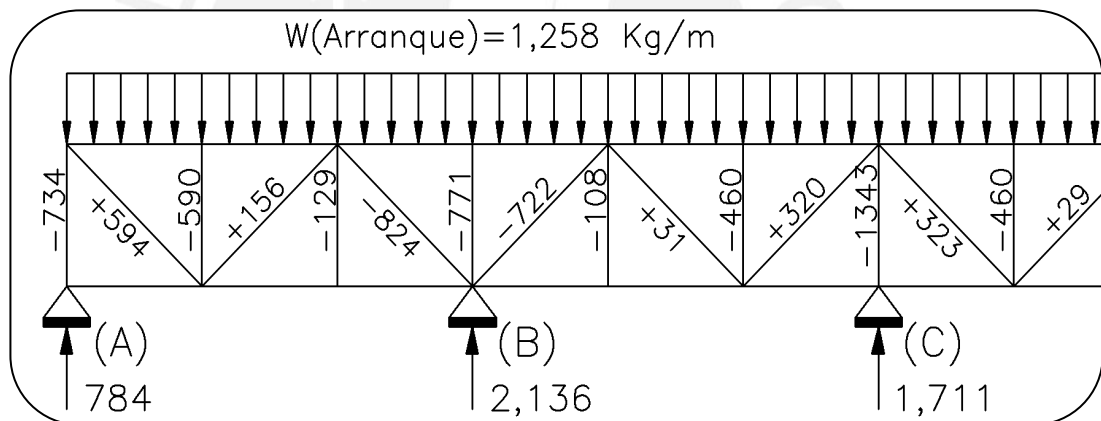


Fig. 5.2 Cargas Axiales y Reacciones que se generan en la Viga Celosía (Tramos Iniciales)

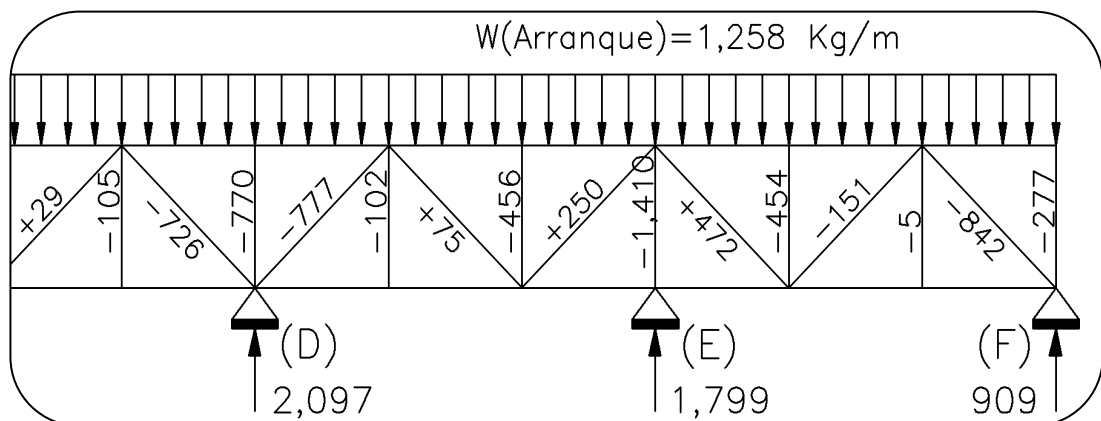


Fig. 5.3 Cargas Axiales y Reacciones que se generan en la Viga Celosía (Tramos Finales)

Asimismo, de los resultados se observa que la máxima reacción que se genera en uno de los apoyos interiores durante el arranque del deslizamiento es de 2.14 Tn (Fig. 5.2), con lo cual este gato estaría trabajando en el límite de su capacidad de carga. Por ello, se recomienda colocar los yugos a una distancia de 1.20m a 1.30m entre sí, para trabajar del lado de la seguridad en caso de que un gato falle, y los gatos adyacentes tengan que asumir toda la carga.

e) Verificación de la estabilidad de las Cerchas cuando un gato falla durante el deslizamiento:

Para efectos de diseño se va analizar una viga celosía de 06 tramos, con los yugos espaciados 1.25 m entre sí, sometida a una carga uniformemente distribuida durante el deslizamiento de $W = 1,042 \text{ Kg/m}$. (Fig. 5.4), donde el gato central (D) no está trabajando.

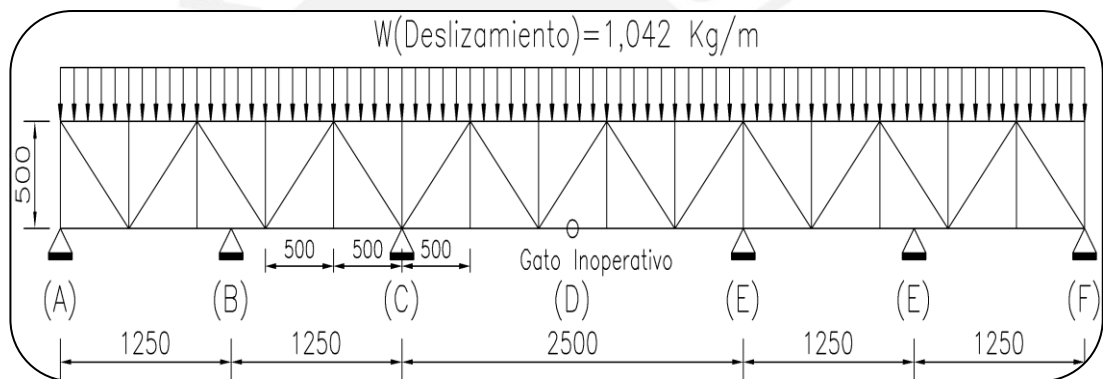


Fig. 5.4 Esquema de Viga Celosía de 05 tramos, sometida a una carga distribuida uniforme W

Después de analizar la viga celosía se observa que las fuerzas de compresión y tracción que se generan en las montantes y diagonales (Fig. 5.5-5.6) son menores a las fuerzas permisibles, contando con un factor de seguridad mayor a 2.0, con lo que se verifica la estabilidad de las cerchas del encofrado deslizante para las cargas que se generan durante el deslizamiento cuando una gato se encuentre inoperativo.

Asimismo, de los resultados se observa que la máxima reacción que se genera en uno de los apoyos interiores adyacentes al gato que falla durante el deslizamiento es de 2.24 Tn (Fig. 5.5), con lo cual se comprueba la estabilidad del encofrado. Sin embargo, se recomienda reemplazar el gato inoperativo en el menor tiempo posible para no esforzar mucho a los gatos adyacentes y continuar trabajando del lado de la seguridad.

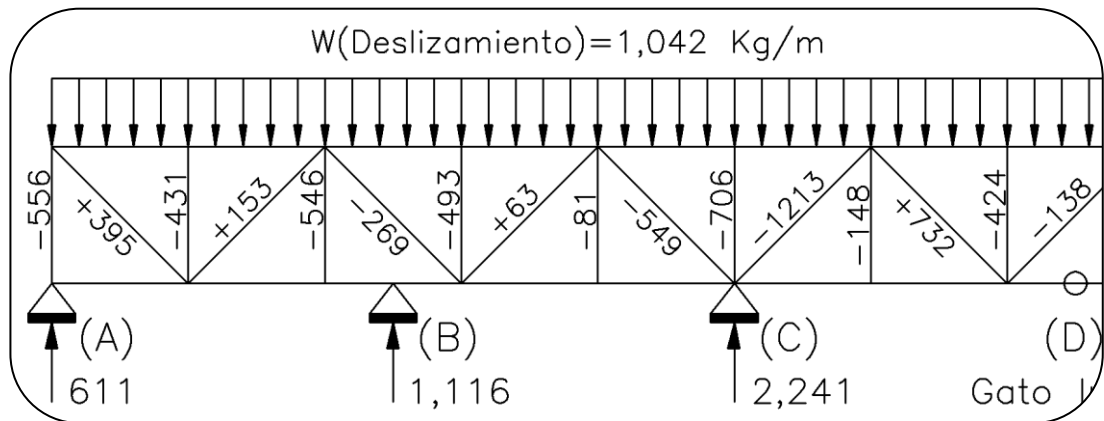


Fig. 5.5 Cargas Axiales y Reacciones que se generan en la Viga Celosía (Tramos Iniciales)

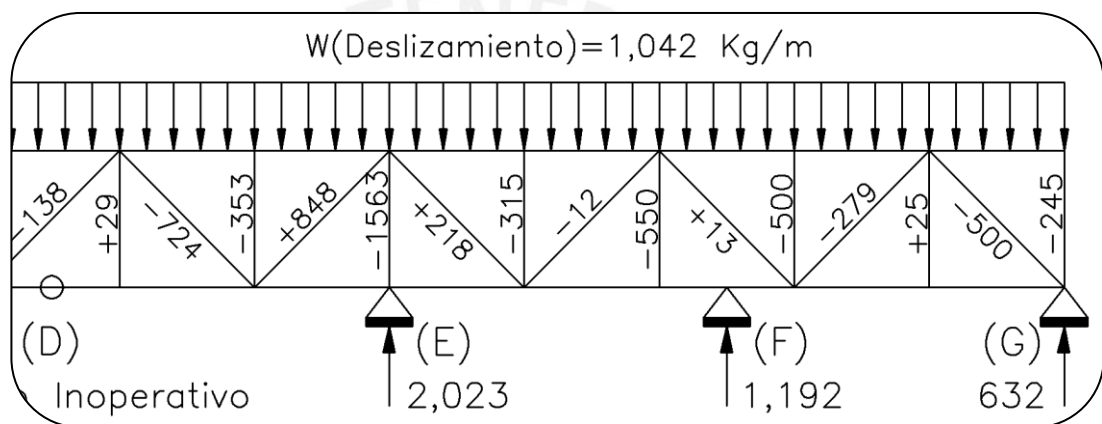


Fig. 5.6 Cargas Axiales y Reacciones que se generan en la Viga Celosía (Tramos Iniciales)

5.2.6. Verificación de pandeo en las barras de apoyo

El modelo a verificar será el de una barra empotrada con carga axial en el eje de ella misma, con extremo empotrado y el otro extremo con un apoyo simple (Fig. 5.1)

El AISC para estos casos considera un factor de esbeltez $K= 0.80$.

La esbeltez de la barra está definida por las siguientes fórmulas:

$$Esbeltez = \frac{K \times L}{r}$$

$$\lambda_c = \frac{K * L}{\pi * r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Donde :

- K: Factor de esbeltez = 0.80
- L: Longitud libre entre el gato y el concreto endurecido
- r: radio de giro de la barra = 0.25*D
- D: Diámetro de la barra = 25 mm.

- λ_c : Función de Esbeltez
- F_y : Resistencia a la fluencia, para el acero ASTM A50, $F_y = 3,515 \text{ Kg/cm}^2$
- E : Modulo de Elasticidad = $2,100,00 \text{ Kg/cm}^2$

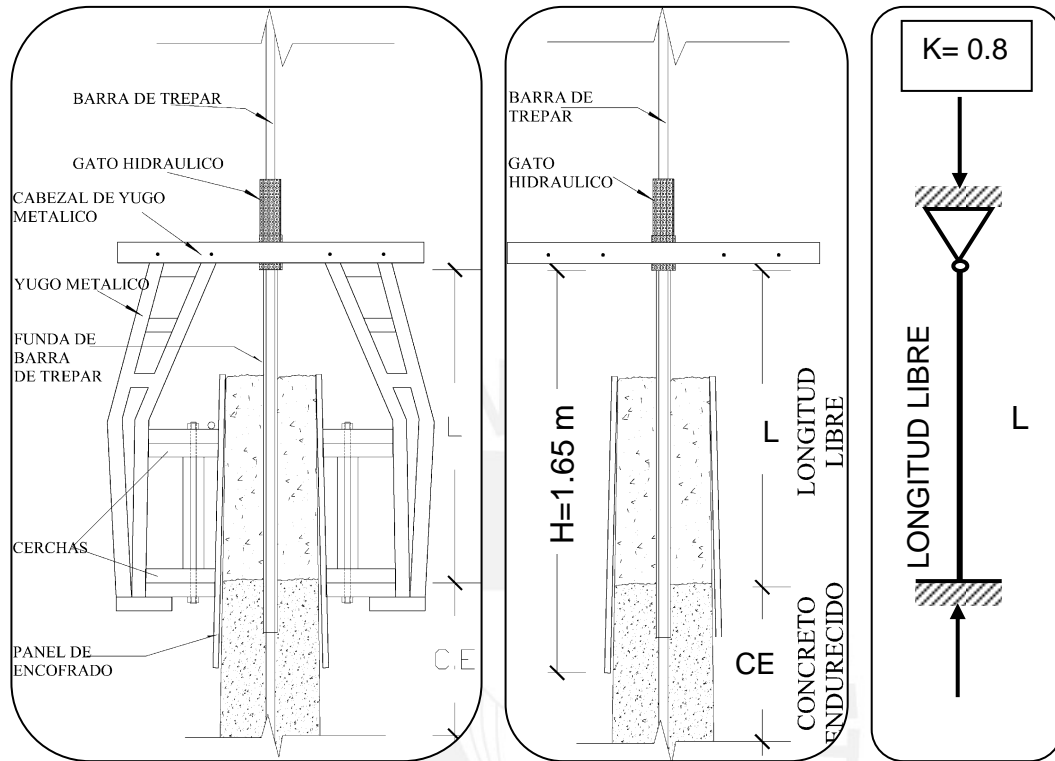


Fig. 5.4 Esquema de la Barra de Trepas, apoyada en el Gato y empotrada en el Concreto

a) Cuando la Barra de Trepas atraviesa vanos ($L=1.65\text{m}$)

$$\text{Esbeltez} = \frac{0.8 \times 1.65}{0.25 \times 0.025} = 211.20$$

$$\lambda_c = \frac{0.8 \times 1.65}{\pi \times 0.25 \times 0.025} \sqrt{\frac{3,515}{2,100,000}} = 2.7504$$

Cuando $\lambda_c \geq 1.5$ $\phi_c * F_{cr} = 0.85 * \frac{(0.877)}{\lambda_c^2} * F_y$

$$\phi_c * F_{cr} = 0.85 * \frac{(0.877)}{2.754^2} * 3,515 = 346.38 \text{ Kg/cm}^2$$

La fuerza máxima admisible de la barra es:

$$\phi * P_n = \phi_c * F_{cr} * \text{Area de la barra}$$

$$\phi * P_n = 346.38 * 4.91 = 1,700.7 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, para evitar que las barras de trepas fallen por pandeo cuando se atraviesan vanos, deben soportar cargas menores a 1.70 Tn y ser arriostradas contra la estructura que se va ejecutando, aproximadamente cada 60cm

b) Cuando hay 30cm de concreto endurecido en el molde (L=1.35m)

$$Esbeltz = \frac{0.8 \times 1.35}{0.25 \times 0.025} = 172.8$$

$$\lambda_c = \frac{0.8 \times 1.35}{\pi \times 0.25 \times 0.025} \sqrt{\frac{3,515}{2,100,000}} = 2.2503 > 1.5$$

$$\phi_c * F_{cr} = 0.85 * \frac{(0.877)}{2.2503^2} * 3,515 = 517.43 \text{ Kg/cm}^2$$

La fuerza máxima admisible de la barra es:

$$\phi * P_n = \phi_c * F_{cr} * \text{Area de la barra}$$

$$\phi * P_n = 517.43 * 4.91 = 2,540.6 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, para evitar que las barras de trepar fallen por pandeo, deben soportar cargas menores a 2.54 Tn y procurar llevar el molde con una fragua constante de 30cm. Sin embargo, como los gatos se calculan para trabajar con una carga de máxima 2 Tn, las barras no fallarían por Pandeo

Para el caso particular de células circulares aisladas de pequeño diámetro debe considerarse la tendencia al giro del encofrado, para lo cual se deben tomar las precauciones necesarias para controlar y/o evitar la rotación del encofrado. Por lo cual, no se tiene que sobrecargar las barras ya que su capacidad portante disminuye al aumentar su esbeltez, esto debido a que las cargas no se distribuyen uniformemente y generan componentes horizontales que acentúan la tendencia al giro.

Figuras 5.1 - 5.2 - 5.3 - 5.4 :

Imágenes propias del autor

CAPITULO VI:

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES A LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

En los últimos años se ha masificado la construcción de edificios multifamiliares debido a la creciente necesidad de una vivienda propia. Esta demanda a la fecha se mantiene, razón por la cual varias empresas inmobiliarias continúan invirtiendo en este rubro y promoviendo proyectos enfocados a los diferentes sectores socioeconómicos.

Por esta razón, el empleo de encofrados deslizantes a edificios multifamiliares de más de seis pisos resulta de gran interés por las ventajas que ofrece el método en construcciones elevadas y de sección constante en su altura.

Sin embargo, antes de aplicar los encofrados deslizantes a este rubro de la construcción hay que estudiarlos detenidamente, para considerarlos desde el momento del primer diseño.

Así, para poder aprovechar las ventajas que ofrecen los encofrados deslizantes se deben tener en cuenta una serie de consideraciones y condiciones, según se detalla a continuación:

6.1. Estructuración

- a) La estructura de la edificación debe ser celular, compuesta por placas de concreto armado, longitudinales y transversales que forman los ambientes de distribución en cada una de las plantas.
- b) Por lo general se recomienda colocar un concreto con un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ como mínimo.
- c) Para que la aplicación de los encofrados deslizantes resulte ventajosa, la estructura a la cual se aplique debe ser generalmente mayor a los 15m de altura (seis pisos como mínimo). En edificios de menor altura se tiene que analizar a detalle si resulta rentable la aplicación del método.

- d) Las placas de concreto armado que forman la estructura deben tener un espesor mínimo de 12-15 cm, el cual debe ser por lo general constante en toda la altura de la edificación.
- e) Las placas deben ser reforzadas siempre por dobles mallas de acero de refuerzo, para evitar que el encofrado desgarre al concreto durante el deslizamiento y para que la barra de trepar se encuentre confinada entre las dos mallas.
- f) Se debe realizar detenidamente una compatibilización de los planos de estructuras con los demás planos del proyecto, para verificar que las placas portantes principales no se vean afectadas por las instalaciones que puedan albergar.

6.2. Aspectos arquitectónicos

- a) En lo concerniente a factores arquitectónicos se deben evitar las proyecciones horizontales y verticales de la estructura, sobre todo es aconsejable evitar la ejecución de balcones por deslizamiento. Con lo cual los proyectos se limitan a una arquitectura más funcional, estilo minimalista.
- b) Si la arquitectura también cuenta con tabiques de ladrillo arcilla o sílico calcáreo para la distribución de los ambientes, se deben dejar ranuras de 2-3 cm de profundidad en las placas de concreto armado y/o alambre N° 08 en espera si así lo indica el diseño, para asegurar la estabilidad de estos tabiques.
- c) Para formar los vanos de las puertas y ventanas, como en el caso de las obras industriales se introducen marcos de madera con las dimensiones de los vanos, los cuales son retirados desde la plataforma interior. Por lo general las vigas dinteles de las puertas se ejecutan posteriormente en conjunto con las losas intermedias de cada nivel.
- d) El acabado de la fachada y de los muros interiores se realizará con una capa de enlucido o solaqueo con cal y cemento desde los andamios colgantes a medida que desliza el encofrado. Sólo se dejara sin acabado las zonas de apoyo de las losas de piso intermedias y las ranuras que se dejen durante el deslizamiento.

6.3. Sistema de encofrados deslizantes

- a) Se debe prestar mucha atención a la unión entre los muros, verificando que el encofrado sea bien rígido para poder soportar las solicitaciones. Para ello se

debe disponer correctamente la colocación de los yugos metálicos en las uniones entre muros, asimismo, se deben reforzar y arriostrar correctamente estas uniones, tanto exterior como interiormente.

- b) Las esquinas y aristas de unión de los paneles interiores y exteriores deben tener un acabado ochavado o achaflanado.
- c) La inclinación de los paneles del encofrado, se con sigue usando tablas en forma de cuña (Fig. 2.2), de 70 mm de ancho, con un espesor de 20mm en su parte inferior y 26 mm su parte superior. Estas tablas se colocan espaciadas 145 mm eje a eje y sobre ellas se fijan las planchas de triplay, como se ha mencionado en los capítulos precedentes.
- d) Se debe estandarizar las dimensiones de los paneles, de tal manera que se permita reutilizar la estructura de ellos en otras edificaciones con diferentes distribuciones de sus ambientes.

6.4. Instalaciones sanitarias

- a) Se tiene que estudiar en detalle el proyecto de instalaciones sanitarias y realizar la compatibilización con los demás planos del proyecto, verificando su distribución ordenada y que no afecten a la estructura de la edificación. Caso contrario, se debe modificar el proyecto en función a las necesidades que se plantean.
- b) Se debe prever en la distribución de los ambientes, por lo general, ductos donde vayan adosadas de manera ordenada las montantes principales de la red de desagüe y de agua.
- c) Asimismo, durante el deslizamiento, se tienen que dejar cajuelas para poder realizar posteriormente los empalmes en los nudos de las redes, la ubicación y instalación de las válvulas compuerta y de las mezcladoras de las duchas.
- d) También, se deben dejar ranuras verticales durante el deslizamiento para albergar a las tuberías verticales de agua y desagüe de los aparatos sanitarios, que serán colocadas posteriormente.

6.5. Instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones.

- a) El proyecto de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones también se debe estudiar detenidamente y realizar la compatibilización con los demás planos del proyecto, verificando que las montantes principales se encuentren

- distribuidas de manera ordenada, sin afectar a la estructura, sino prever con el calculista el refuerzo adicional que se requiera
- b) Durante el deslizamiento se colocan a la cota prevista las cajas de pase y las montantes principales y se pueden dejar cajuelas para posteriormente instalar las cajas de pase secundarias (de menores dimensiones) y demás accesorios.
 - c) Para las tuberías verticales por lo general se dejan ranuras verticales durante el deslizamiento para su posterior colocación.
 - d) La colocación de las tuberías horizontales no representa mayores problemas, ya que en su gran mayoría circulan por las losas de piso. Sin embargo, si se requiere colocar algunos tramos horizontales en los muros se dejarán durante el deslizamiento listones de madera y/o planchas de poliestireno expandido (tecnopor) a su cota prevista que serán retirados desde la plataforma inferior, cuando el concreto aun se encuentra en un estado plástico.

6.6. Losas de piso intermedias, su apoyo en los muros y su ejecución.

Para el apoyo de las losas intermedias se consulta con el ingeniero estructural cada una de las siguientes soluciones en función a las luces que se tengan cubrir en cada uno de los ambientes, detallándole bien el proceso constructivo con los encofrados deslizantes:

- a) Se dejan cajuelas de 20 cm de ancho, con el mismo peralte de la losa y el espesor de los muros, cada 0.60-1.00 m en todo el perímetro de los muros según lo indique el diseño. Estas cajuelas, se consiguen introduciendo moldes de madera fijados entre el refuerzo de las placas en la cota nivel de cada losa, las cuales son retiradas desde las plataformas inferiores. Asimismo, no se coloca el concreto en las vigas dinteles de las puertas, para conseguir una estructura monolítica en conjunto de todas las losas.
Estas cajuelas permiten armar las viguetas de apoyo de las losas armadas, ya que, a través de ellas se coloca todo el acero de refuerzo en la dirección longitudinal y transversal. De esta manera se consigue que enlacen las losas de cada uno de los ambientes, formando una losa continua.
- b) También, se pueden dejar barras de acero en espera de $D=1/2"$ o dowells con conectores mecánicos (Fig. 6.1-6.2), las cuales se colocan durante el deslizamiento de las paredes fijadas al refuerzo principal de las placas y protegidas con planchas de tecnopor. Una vez endurecidos los muros y

conforme se va realizando el encofrado de cada una de las losas intermedias, se descubren, enderezan y limpian las barras y/o dowells dejados en espera y a continuación se empalman con el acero de refuerzo de las losas.

- c) Asimismo, se puede usar en conjunto las dos soluciones mencionadas, según sean las luces de los ambientes a cubrir, pudiendo tener losas armadas en dos direcciones o losas nervadas. Por lo general en las obras de edificación de viviendas multifamiliares de 70-100 m² por departamento las luces de los ambientes son menores a 6 m, lo que permite tener losas planas armadas en dos direcciones con peralte de 12-15 cm

Cualquiera sea la solución que se determine a usar, se deben dejar ranuras horizontales de 3 cm de profundidad con el peralte de las losas en todo el perímetro de los muros (Fig. 6.2), para el apoyo de las losas, esto se consigue introduciendo listones de madera y/o planchas de tecnopor que son retiradas desde las plataformas inferiores. También, se puede prever la ejecución de molduras en todo el perímetro de las muros, a ser realizadas en conjunto con losas, lo cual nos permite darle un mejor acabado arquitectónico a los cielos rasos y cubrir ciertas imperfecciones que pudieran presentarse en la unión recta entre las losas y muros.



Fig. 6.1 Dowells con conectores mecánicos.



Fig. 6.2 Barras de acero en espera.

La ejecución de las losas intermedias se puede hacer usando encofrados convencionales, de abajo hacia arriba, desencofrando las losas 2-4 días después de haber colocado el concreto, pero dejándolas apuntaladas, con lo cual se tendría un ciclo de encofrado y desencofrado de aproximadamente 6-8 días.

Para evitar retrasos en la cadena tecnológica, se debe evaluar la posibilidad de contar con dos o tres juegos de encofrados para realizar la ejecución de las losas

en un menor tiempo sin estar supeditados al desencofrado de la losa precedente. Sin embargo, esto también está supeditado a los costos de la obra, y si el número de pisos del edificio permite amortizar dichos gastos.

Entre las soluciones de ejecución de los encofrados de las losas por métodos convencionales tenemos:

- a) Usando puntales y viguetas extensibles tipo Acrow sobre las cuales se apoyan paneles de triplay de Lupuna 18 mm protegido con laca desmoldante o mucho mejor si se emplea triplay Fenólico de 18mm, que tiene una mayor durabilidad.
- b) También, se puede emplear el sistema de encofrados metálicos EFCO usado para edificaciones, compuestos de puntales metálicos tipo trípode de 2.40 de altura, de las vigas metálicas principales “Z-Beam” a manera de soleras y de las vigas metálicas secundarias “E-Beam” cada 40 cm a manera de contrasoleras, sobre las que finalmente se apoyan directamente las planchas de triplay.
- c) Otra solución consiste en emplear encofrado metálico Ulma que consta de puntales metálicos, de vigas H de madera “Ulmaflex” como soleras y contrasoleras, sobre las cuales se apoyan directamente las planchas de triplay. Este sistema es muy similar al que proponen los encofrados metálicos Peri.

También, la ejecución de las losas intermedias se puede realizar de arriba hacia abajo, usando encofrados descendentes que se cuelgan en un inicio en las paredes de la construcción y luego en las losas superiores ya endurecidas por medio de tirantes metálicos. Su empleo supone una mayor inversión inicial en la estructura metálica y la superficie que conforma la plataforma de trabajo superior, la cual se va a usar como un encofrado que va descendiendo; sin embargo comparándolo con el sistema de encofrados metálicos no ofrece mayores ventajas. Asimismo, se pueden evaluar la colocación de losas y/o viguetas prefabricadas de concreto armado o pretensadas, lo cual a su vez implica disponer de una grúa de suficiente capacidad de carga.

6.7. Determinación del procedimiento de trabajo.

En las obras de edificación, desde las plataformas de trabajo que conforman el encofrado deslizante, además de las operaciones comunes ya descritas anteriormente para las obras industriales, se realizan una serie de operaciones adicionales. Se montan y desmontan los marcos de las puertas y ventanas, los

moldes de las cajuelas de los forjados y demás huecos, se realizan los acabados de la fachada y de los muros interiores, y también se pueden montar los conductos de las diferentes instalaciones. Todo esto termina de complementar la cadena tecnológica compleja, escalonada en vertical y en horizontal, que se presenta al ejecutar edificaciones con encofrados deslizantes.

Después de realizar el deslizamiento de las paredes de la edificación, se proceden a ejecutar las losas intermedias, las cuales se descomponen en una serie de partidas elementales como encofrado, colocación del acero de refuerzo, colocación del concreto y desencofrado, las cuales conforman una segunda cadena tecnológica escalonada en vertical que termina de definir el plazo de ejecución del casco vestido de la obra.

Asimismo, se deben organizar, escalonadas en vertical, el resto de las operaciones que determinarán la ruta crítica de la ejecución de la obra, agrupadas en:

- Instalaciones sanitarias.
- Instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones.
- Resanes y enlucido de las paredes.
- Acabados de pisos, zócalos y contrazócalos.
- Carpintería de madera y de melanina.
- Carpintería de aluminio y vidrios.
- Pintura en muros interiores y exteriores.
- Pintura de puertas.
- Instalación de aparatos sanitarios.

Figuras 6.1 - 6.2 :

Imágenes propias del autor

CAPITULO VII:

CUIDADOS ESPECIALES EN EL USO DE ENCOFRADOS DESLIZANTES Y LA FORMA DE CONTROLARLOS

Durante la ejecución de las paredes con encofrados deslizantes pueden aparecer defectos por causa de errores previos al inicio del deslizamiento, durante el montaje y armado del sistema de encofrado deslizantes, o por errores momentáneos y/o problemas que se van presentando durante el deslizamiento, los cuales en su mayoría pueden ser evitados llevando un buen y correcto control de calidad de todo el proceso.

Los defectos típicos que se presentan son los referentes al concreto, como: roturas, segregaciones, arrastres, zonas macroporosas, cuyas causas son muy variadas. Sin embargo, estos pueden ser arreglados desde las plataformas inferiores cuando el concreto aun se encuentra en un estado plástico, picando las zonas que los presentan y reemplazándola por un concreto de buena calidad, sin que esto constituya un punto débil de la estructura.

Como se ha tratado en un capítulo anterior, la ejecución de las paredes con encofrados deslizantes está caracterizada por su gran velocidad, la cual se logra al concentrar en una misma cadena tecnológica varias operaciones que se van realizando en simultáneo. Por lo cual, los defectos y/o problemas que pudieran presentarse, se deben identificar y corregir inmediatamente y en forma acertada, para evitar que se hagan más graves y puedan generar la suspensión de los trabajos.

Si bien, cada construcción es independiente entre sí, los problemas y defectos que pueden presentarse son típicos, y las medidas correctivas son similares. Por eso, a continuación se detallaran los problemas que mayormente se presentan en las obras ejecutadas con encofrados deslizantes y las soluciones que se les puede dar:

a) Avería de una grúa o del winche de elevación:

Se procederá a utilizar el medio de elevación de reserva y se continuara con el deslizamiento a la cadencia que este lo permita, la cual debe ser superior a la

cadencia mínima que impida que el molde se pegue y a su vez permita colocar el concreto sin que haya iniciado el proceso de fragua de la capa precedente.

Si la avería es general y/o solo se cuenta con un medio de elevación, se nivelará la última capa de concreto y se continuará deslizando el molde en vacío hasta que haya fraguado el concreto, luego se paralizará el deslizamiento. Una vez que se haya reparado el medio de elevación y verificado su correcto funcionamiento, se reanudará el deslizamiento, para lo cual previamente se ha debido limpiar todo el molde y las plataformas de trabajos de los desperdicios de concreto y se tendrán presente las mismas consideraciones al inicio del llenado del molde.

Se recomienda consultar previamente con el calculista si alguna zona de la estructura requiere de algún refuerzo adicional, si se llega a producir una parada del molde en ella.

b) Avería de la instalación eléctrica:

Se procederá a la reparación de la avería, y si se trata de una falta de alimentación se pondrá en funcionamiento el generador eléctrico de reserva, evitando que la interrupción de energía eléctrica dure más de media hora. Si la avería eléctrica es general con bombas de mano se irá elevando el encofrado para evitar que se pegue al concreto.

c) Avería de una bomba de aceite:

Se continuará la elevación por medio de la segunda bomba, sirviéndose del circuito que conecta las dos bombas entre sí, y se reparará o reemplazará la bomba averiada.

d) Avería de un gato:

La cual se puede deber a una pieza interna en mal estado producto de un mal mantenimiento o al propio desgaste por el uso. Cualquiera fuera la causa se debe reemplazar el gato por uno en buen estado, para lo cual primero se deben transmitir las cargas a los gatos vecinos mediante vigas metálicas o de madera.

La operación de desmontar y reemplazar el gato, operación que no debe durar más de media hora.

e) Pérdida del control de nivel y desplome de las paredes:

Se determina la resultante del desplazamiento del molde y se traza una línea perpendicular a esta resultante para determinar hacia qué lado está inclinado el

molde. Luego se bloquean las gatas que han adelantado más y se continúan elevando el resto de gatas, durante dos o más elevaciones, hasta equilibrar el sistema. Las elevaciones para corregir el sistema deben realizarse paulatinamente, verificando cada 1-2 m como se van corrigiendo la inclinación. Esta tendencia a la inclinación, generalmente, se acentúa más hacia el lado más cargado, donde se encuentra la plataforma de elevación del concreto, producto de la distribución no uniforme de las cargas.

Si no se puede corregir totalmente la inclinación de las paredes, se debe tratar de controlar para evitar que esta aumente y se salga de los límites permisibles indicados en el Capítulo 3-3.4.

f) Giro del molde en células circulares:

Al medir la posición horizontal de los ejes principales que controlan el deslizamiento, se constata también cuanto han girado estos respecto a su posición inicial, y que sentido se está acentuando esta tendencia al giro. El giro en las estructuras circulares se debe a varios factores como a la distribución no uniforme de las cargas, a la colocación y circulación del concreto en un solo sentido, al montaje inclinado de las barras y gatos, y también a la colocación del acero horizontal en espiral siguiendo un mismo sentido.

Para controlar y corregir esta tendencia al giro se deben usar tragables (tirfors) y/o teclas. Los cuales son fijados al molde y a un punto de la estructura o algún punto fijo exterior, y el cable se va soltando paulatinamente conforme va deslizando el encofrado. Se debe controlar como se va corrigiendo el giro cada dos horas, por lo general, para evitar que el sentido del giro se invierta.

Asimismo, se deben invertir la circulación del personal para colocar el concreto hasta que el giro se estabilice y luego rotar la circulación del personal cada dos horas.

El giro debe ser controlado de tal manera que no excedan los límites permisibles indicados en el capítulo 3-3.4, para así también, evitar que se pandeen las barras o queden atrapadas dentro de los muros.

g) Pandeo de las barras de apoyo:

Las barras que atraviesan los vanos son las que presentan una mayor tendencia al pandeo, y cuanto mayor es la dimensión del vano resulta más complicado controlar esta tendencia al pandeo. En algunos casos a pesar del apuntamiento y las medidas de control aplicadas, las barras fallan por pandeo.

Cuando las barras pandean, estas deben ser cambiadas, para lo cual se debe apuntalar bien el vano y el dintel de este, transmitir las cargas a los gatos vecinos y proceder a desmontar las barras que hayan pandeado y a reemplazarlas por otras barras apoyadas sobre una plancha metálica que distribuya la carga en la zona de concreto ya fraguado.

Asimismo, se debe determinar la causa de la falla de las barras, verificar, reforzar, apuntalar y arriostrar correctamente las barras que no han fallado.

h) Surcos verticales en las paredes:

Los cuales aparecen a la altura de las piezas de separación para mantener el recubrimiento de concreto en el acero de refuerzo.

La causa puede ser la longitud excesiva de las piezas o la velocidad reducida del deslizamiento del encofrado, para lo cual se debe limitar la longitud de estas piezas a 15-25 cm y aumentar la velocidad del deslizamiento, de tal manera que se corresponda con la calidad del concreto y las condiciones ambientales.

Estos surcos verticales se arreglan desde la plataforma inferior usando un mortero de cemento para cubrirlos y resanarlos.

i) Zonas de concreto porosas y con cangrejas:

Las cuales por lo general se presentan en las zonas que no han sido compactadas de la manera adecuada. Para controlar estas fallas, se debe indicar al capataz de vaciado que verifique y controle que se vibre correctamente el concreto y asimismo concientizar al personal a que cumplan correctamente sus funciones.

Para arreglar y reparar estos defectos que se han producido, se debe retirar el concreto superficial que se encuentra suelto y pañetear esas zonas con un concreto de la misma calidad. Si la zona porosa y segregada es de cierta consideración se debe evaluar el colocar un grouting de mayor calidad usando un encofrado fijo o usar un mortero de reparación (SikaRep).

Las medidas correctivas, según sea el grado de los defectos, se deben tener claras y definidas antes de iniciar el deslizamiento, para que estén aprobadas por el calculista y por la supervisión.

j) La forma en planta del encofrado cambia:

Para evitar que la forma del encofrado cambie y también para controlarla, sobre todo en las células circulares, adicional a haber dispuesto vigas metálicas interiores que soportan la plataforma y rigidizan el encofrado, es recomendable

el empleo de tirantes radiales los cuales se mantienen tensos o flojos según se requiera, el principio de funcionamiento es igual al aro de una bicicleta.

k) Lluvias y/o granizadas:

Si el deslizamiento de las paredes se va a realizar en una temporada donde son frecuentes las lluvias y/o granizadas, se debe prever con anticipación el suministro, habilitación, montaje y colocación de un toldo que proteja las plataformas interiores y exteriores de trabajo. Asimismo, la plataforma de trabajo superior debería tener una inclinación contraria a las paredes de concreto, para evitar que el agua drene hacia el molde. También, se debe evaluar con anticipación la calidad y dosificación del concreto que se va a emplear, usando de preferencia un concreto seco, y manteniendo lleno el molde en todo momento.

l) Climas fríos:

Se debe proteger al concreto del intemperismo hasta que supere su resistencia crítica de 35 Kg/cm², para lo cual se cubren las plataformas exteriores con una manta de yute o geotextil, y a la vez se colocan estufas eléctricas distribuidas en todo el perímetro para mantener la temperatura del concreto a unos 13 °C, según lo indicado en la norma ACI 306 R-88.

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES

- La altura mínima a partir de cual resulta rentable construir estructuras celulares tipo silos, chimeneas y/o reservorios de agua elevados comparando la aplicación de los encofrados deslizantes frente a los encofrados metálicos es de 11-13 m. Sin embargo, para que se aprecie una mayor economía en los costos, para que se pueda obtener un mayor beneficio de las ventajas que ofrece el método y se obtenga un reducción de los tiempos de ejecución, se recomienda aplicar el método de los encofrados deslizantes a estructuras mayores a los 15 m de altura.
- Colocando los gatos espaciados cada 1.20 m entre si y uno adicional en cada punto de apoyo de las vigas metálicas principales nos aseguramos que las gatos tengan una carga máxima de 2 Tn en su punto más crítico, que es al momento del arranque del deslizamiento. Se recomienda no cargar los gatos más de 2 Tn, debido a que la distribución de las cargas no es uniforme y porque los gatos presentan un desgaste por su uso. Esto se ha evaluado para un silo con 30 cm de espesor en sus paredes y un diámetro promedio de 15 m, sin embargo es válido para estructuras de dimensiones similares.
- Se recomienda aplicar los encofrados deslizantes a la construcción de edificios multifamiliares de más de siete plantas, cuya estructura este constituida por placas de concreto armado de 15 cm de espesor y cuya sección en planta sea uniforme en la altura, teniendo en cuenta las consideraciones que se han indicado.
- En general se recomienda la aplicación de los encofrados deslizantes a estructuras elevadas, que presenten una sección en planta uniforme en el

desarrollo de su altura, para así se pueda obtener un mayor beneficio de las ventajas que ofrece el método. Lo cual se refleja principalmente en una mayor productividad, una economía en los costos y una mejor calidad de las obras.

- Se deben emplear los winches para elevar el concreto, siempre y cuando puedan satisfacer en todo instante la demanda máxima del volumen de concreto para una velocidad de 20-25 cm/h. Si no, se debería utilizar una bomba de concreto o grúas.
- Para estructuras de gran altura, se recomienda usar una grúa torre, para facilitar el suministro del acero de refuerzo y el concreto.
- El éxito y la calidad de una obra depende mucho de la manera cómo ha sido organizada la ejecución de los trabajos y de una buena logística. Esto se refleja mas en las obras ejecutadas con encofrados deslizantes, que representan una cadena tecnológica compleja que involucra varias operaciones realizadas en simultaneo, para lo cual se debe realizar un correcto control de calidad a lo largo del todo el proceso, teniendo presente las consideraciones que se han detallado, y se debe contar con un personal técnico y obrero especializado en este tipo de trabajos.
- Todo proyecto debe ser estudiado a detalle antes del inicio de los trabajos, realizando una compatibilización entre todos los planos, para que se pueda adaptar y/o modificar en función al proceso constructivo con encofrados deslizantes. Asimismo, para poder identificar y solucionar los problemas, inconvenientes y zonas críticas que se pudieran presentar y determinar la secuencia constructiva de los trabajos, identificando la ruta crítica de todo el proceso.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- [ACI PERU, 2001] ACI PERU (2001), Normas Peruanas de Estructuras.
- [CAPECO 1979] CAMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCION (1979),
Construcción de Estructuras, Manual de Obra.
- [DINESCU, 1970] TUDOR DINESCU, ANDREI SANDRU Y
CONSTANTIN RADULESCU (1970), Los Encofrados Deslizantes, Técnica
y Utilización.
- [EL PERUANO, 2006] EL PERUANO (2006), Reglamento Nacional de
Edificaciones.
- [PADT-REFORT, 1984] JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984),
Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.
- [PASQUEL, 1998] ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL (1998), Tópicos de
Tecnología del Concreto.
- [PEURIFOY, 1967] R. L. PEURIFOY (1967), Encofrados para Estructuras
de Hormigón, McGraw-Hill.
- [SALAZAR, 1998] JESUS RAMOS SALAZAR (1998), Costos y
Presupuestos en Edificación, Cámara Peruana de la Construcción.
- [ZAPATA, 1997] LUIS F. ZAPATA BAGLIETTO (1997), Diseño
Estructural en Acero.
- [AISC, 1994] AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
(1994), Manual of Steel Construction, Load & Resistance Factor Design

PUBLICACIONES

- [ACI 117-90, 2006] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2006), Manual
of Concrete Practice, ACI 117-90 Standard Specifications for Tolerances
for Concrete Construction and Materials.
- [ACI 301-05, 2006] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2006), Manual
of Concrete Practice, ACI 301-05 Specifications for Structural Concrete.
- [ACI 306 R-88, 2002] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1997), Manual of
Concrete Practice, ACI 306 R-88 Concreto en Clima Frio, Traducción del
ACI Perú (2002).
- [ACI 347-04, 2006] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2006), Manual
of Concrete Practice, ACI 347-04 Guide to Formwork for Concrete.

- [ACI 313-97, 2006] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2006), Manual of Concrete Practice, ACI 313-97 Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials.
- [LLAVE, 1989] ALBERTO LLAVE ESPINOSA (1989), Reservorio Elevado en la Universidad de Piura, El Ingeniero Civil N° 62, 6-9, Set.-Oct. 1989.
- [LLAVE, 1992] ALBERTO LLAVE ESPINOSA (1992), Silos de Concreto: Enfoque Constructivo, El Ingeniero Civil N° 80, 20-24, Set.-Oct. 1992.

REFERENCIAS DE INTERNET

- http://images.google.com.pe/imgres?imgurl=http://www.mamut.com/homepages/Norway/1/9/meridianfoto/2003_tvsd0249_600b_p.jpg&imgrefurl=http://www.mamut.com/homepages/Norway/1/9/meridianfoto/subdet234.htm&h=447&w=604&sz=95&hl=es&start=3&um=1&tbnid=ZxMQ6O6RcAbqbM:&tbnh=100&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dbygging%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN
- <http://www.slipform-int.com/index.htm>
- <http://www.ima.umn.edu/~arnold/disasters/sleipner.html>
- <http://www.bygging-uddemann.se/>
- <http://www.scanada.com/sliform/projects/proj02.html>
- http://www.gleitbau.com/en/news/as_actualsolutions.asp
- <http://www.gomaco.com/Resources/newgengp2600fourtrack.html>
- <http://www.concretepavingcont.com/PhotosCPC.htm>
- <http://www.efcoforms.com/>
- <http://www.ulma-c.com.pe/6/Productos.aspx>