UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

"INFLUENCIA DE LOS SUB-SISTEMAS TEMPORALES DE SOPORTE (ENCOFRADOS) EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO DURANTE EL VACIADO Y POSTERIOR FRAGUADO DE LA SUPERESTRUCTURA"

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN CIVIL

REALIZADO POR	GARCES ROA, KEVIN A. GARCIA GAMEZ, VIRGINIA N.
PROFESOR GUIA	ING. JOSE MANUEL VELASQUEZ
FECHA	SEPTIEMBRE 2012

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
CENTRO CULTURAL PADRE CARLOS G. PLAZA S.J.
BIBLIOTECA CENTRAL - SALA P. PLAZA S.J.
PLANTA BAJA - SALA - TESIS

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

"INFLUENCIA DE LOS SUB-SISTEMAS TEMPORALES DE SOPORTE (ENCOFRADOS) EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO DURANTE EL VACIADO Y POSTERIOR FRAGUADO DE LA SUPERESTRUCTURA"

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECISIETE PUNTOS.

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: José M. Velasquez	Nombre: JORGE A. NORIEGA H	Nombre: VINCENZO BONADIO

REALIZADO POR	GARCES ROA, KEVIN A. GARCIA GAMEZ, VIRGINIA N.
PROFESOR GUIA	ING. JOSE MANUEL VELASQUEZ
FECHA	SEPTIEMBRE 2012

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado para poder estar cumpliendo hoy en día esta meta tan importante en mi vida. Pero antes que nada a DIOS, por darme la fortaleza y ganas para hacer este sueño realidad, y mantenerme firme en mi camino a pesar de los momentos difíciles y de adversidad.

A mis padres Alida y Pedro, a quienes agradezco de todo corazón por su cariño y comprensión, además por creer en mí y darme la oportunidad de lograr el sueño que he perseguido desde niño, el cual es ser un gran INGENIERO CIVIL. También por educarme con buenos principios, los cuales me han permitido permanecer por el buen camino en todo momento.

A mi hermana Kizzy, por ser un gran ejemplo de hermana mayor, sirviéndome de apoyo incondicional, y darme la oportunidad de contar con ella en todo momento, alentándome siempre para seguir adelante.

A mi sobrino Juan Diego, quien con su inocencia ha llenado a la familia de muchas alegrías en todo momento, se lo dedico además para que vea en mí un ejemplo a seguir y siempre se guíe por el buen camino.

Kevin A. Garcés R.

Ante todo gracias a DIOS, porque hizo realidad este sueño, por todo el amor con el que rodea y porque me tienes en tus manos.

Gracias a mis padres por ayudarme cada día a cruzar con confianza el camino de la superación, porque con su apoyo y aliento hoy he logrado dos de mis mas grandes metas en la vida, la culminación de mi carrera profesional y el hacerlos sentirse orgullosos de esta persona

que los ama. Todos mis esfuerzos y logros serán también suyos e inspirados en ustedes Florangel Gámez y Virgilio García "mi colega", no me equivoco al decir que son los mejores padres.

Gracias a mi hermano Jhomelger por ser mi apoyo en todo momento, mi confidente y mi ejemplo a seguir, y mi hermano Jean Carlos por siempre estar cuando lo necesito. Los amo.

A mi tía Ana Gámez porque siempre me ha apoyado también este logro te pertenece.

Miguel Ángel, Jean Carlos, Hilary y Michelle mis bellos sobrinos que me alegran mis días con sus elocuencias e inocencia. Mariamónica que es como mi hermana y mi cuñada Carmen Cristina que ambas me han ayudado con consejos y siempre apoyándome en todo momento.

A mis Amigos y demás Familiares que en uno y otro momento me han ayudado desinteresadamente en etapas de mi vida.

Virginia N. García G.

Le damos las infinitas gracias al Ing. José Manuel Velásquez, por haber aceptado realizar junto a nosotros este Trabajo Especial de Grado y brindarnos todos sus conocimientos que ha adquirido a lo largo de su prestigiosa trayectoria profesional.

Al profesor Ricardo Rivas, por toda la colaboración prestada para que se culminara este TEG.

A la UCAB, por ser nuestra casa de estudio y brindarnos la oportunidad de concluir nuestra carrera profesional.

SINOPSIS

Este trabajo especial de grado se realiza con la intención de abordar un tema al que no se le presta mucha atención en el país al momento de una construcción, como lo es el encofrado y el desencofrado.

Esta investigación busca ofrecer al personal encargado del montaje de estos elementos de soporte temporal, una serie de información, la cual le puede ser de gran utilidad al momento de diseñar, colocar y desmontar dichos encofrados.

En la primera parte de este trabajo, se realiza una explicación de los encofrados y de todos los elementos que lo conforman, también de los diferentes tipos que se pueden utilizar dependiendo de los requerimientos de la obra, bien sean de madera o metálicos, detallando sus ventajas y desventajas para cada uno, además de su aplicabilidad para diferentes métodos constructivos. Otro punto estudiado en esta primera parte, se basa en el conocimiento de todas las cargas que soportan estos elementos, lo cual es de gran importancia para su buen diseño.

Posteriormente se podrá encontrar un capítulo que explica, cómo se realiza el diseño de cada uno de los elementos que conforman el sistema de encofrado, detallando bases de criterios y condiciones necesarias que se deben cumplir para garantizar la seguridad de los elementos.

Para finalizar se realiza un estudio del desencofrado de la estructura, describiendo los cálculos necesarios para la determinación del tiempo mínimo al cual se debe retirar el encofrado, de manera de no permitir flechas excesivas que perjudiquen el comportamiento de la estructura o fallas en los elementos, los cuales pueden ocasionar un desplome en el caso más desfavorable. Adicionalmente se realizan ejemplos de cálculos de encofrados para vigas y losas, y del tiempo mínimo para desencofrarlas, de manera de reflejar los resultados de esta investigación.

Índice General

CONTENIDO **Pág**

Agradecimientos ..... **i**

Sinopsis..... **iii**

Introducción **1**

Capítulo I. El problema

I.1 Planteamiento del Problema..... **3**

I.2 Objetivos de la investigación..... **4**

I.2.1 Objetivo General **4**

I.2.2 Objetivos Específicos **4**

I.3 Justificación **5**

I.4 Alcances y Limitaciones **6**

Capítulo II. Marco Teórico

II.1 Antecedentes **7**

II.2 Elementos involucrados en los encofrados..... **8**

II.2.1 Encofrados..... **8**

II.2.1.1 Encofrados deslizantes..... **9**

II.2.1.2 Encofrados tipo túnel..... **9**

II.2.2 Piezas de moldeo..... **9**

II.2.3 Piezas de refuerzo..... **9**

II.2.4 Traviesas..... **10**

II.2.5 Cepos..... **10**

II.2.5.1 Pletinas de corbata..... **10**

II.2.6 Codales..... **10**

II.2.7 Camones..... **11**

II.2.8 Tensores..... **11**

II.2.9 Zunchos..... **12**

II.2.10 Parales..... 12
II.2.11 Largueros..... 12
II.2.12 Tornapuntas..... 12
II.2.13 Piezas de soporte y apuntalamiento..... 13
II.2.14 Puntales..... 13
II.2.14.1 Muletas..... 13
II.2.15 Guías o cuartones..... 14
II.2.16 Piezas de arriostramiento..... 14
II.2.17 Arriostramiento de puntales..... 14
II.2.18 Arriostramiento de los moldes..... 14
II.3 Función de los encofrados, Requisitos que deben cumplir..... 15
II.3.1 Objetivo básico de los encofrados..... 15
II.3.2 Precauciones de seguridad..... 15
II.3.3 Problemas en los encofrados..... 16
II.4 Cargas que actúan en los encofrados..... 18
II.4.1 Peso del concreto..... 18
II.4.2 Cargas de construcción..... 18
II.4.3 Peso de los encofrados..... 19
II.4.4 Transferencia de presiones o cargas producidas por el concreto..... 19
II.5 Encofrado de columnas..... 20
II.5.1 Columnas de sección cuadrada y/o rectangular..... 21
II.5.1.1 La verticalidad de las pilas..... 25
II.5.2 Pilares de sección circular..... 25
II.6 Encofrados de vigas..... 26
II.6.1 Vigas exteriores o de fachada..... 26
II.6.2 Vigas interiores..... 27
II.6.3 Seguridad en el encofrado de vigas..... 28
II.7 Encofrados de escaleras..... 29
II.7.1 Escaleras rectas..... 30

II.7.2 Escaleras curvas..... 32
II.8 Situación actual en Venezuela de los encofrados..... 33
II.9 Sistemas de encofrados..... 35
II.9.1 Sistemas de encofrados de madera..... 36
II.9.1.1 Requisitos..... 37
II.9.1.2 Tipos de maderas establecidas en la norma Venezolana..... 37
II.9.1.3 Ventajas..... 38
II.9.1.4 Desventajas..... 38
II.9.2 Sistemas de encofrados metálicos..... 38
II.9.2.1 Ventajas..... 39
II.9.2.2 Desventajas..... 39
II.9.3 Sistemas de encofrados basado en paneles metálicos..... 39
II.9.3.1 Ventajas..... 40
II.9.3.2 Desventajas..... 41
II.9.4 Sistemas de encofrados basado en mesa..... 41
II.9.5 Sistemas de encofrados deslizantes..... 43
II.9.5.1 Ventajas..... 44
II.9.5.2 Desventajas..... 45
II.9.6 Sistemas de encofrados tipo túnel..... 45
II.9.6.1 Ventajas..... 46
II.9.6.2 Desventajas..... 47
II.10 Desencofrado de las estructuras..... 47
II.10.1 Generalidades..... 47
II.10.2 Requisitos del desencofrado..... 49
II.10.3 Tiempos mínimos para desencofrar..... 50
Capítulo III. Marco Metodológico
III.1 Tipo de investigación..... 51
III.1.1 Investigación de tipo Documental..... 51
III.1.2 Investigación de tipo Exploratoria..... 51

III.2 Procedimiento..... 52

Capítulo IV. Diseño de encofrados

IV.1 Criterios de diseño..... 53

IV.2 Diseño de encofrado de madera para losas..... 54

IV.2.1 Notación..... 54

IV.2.2 Cálculo de la separación entre los cuartones..... 54

IV.2.2.1 Capacidad a flexión..... 56

IV.2.2.2 Capacidad a corte..... 57

IV.2.2.3 Flecha..... 58

IV.2.2.4 Separación de los cuartones (L) 59

IV.3 Diseño de puntales..... 60

IV.3.1 Notación..... 60

IV.3.2 Capacidad del puntal..... 60

IV.3.3 Distancia entre puntales..... 65

IV.4 Diseño de vigas..... 68

IV.4.1 Notación..... 68

IV.4.2 Criterios de diseño..... 68

IV.4.3 Cálculo de la separación de los puntales..... 69

IV.4.4 Tabla de resultados..... 70

IV.5 Diseño de columnas..... 73

IV.5.1 Notación..... 73

IV.5.2 Criterios de diseño..... 73

IV.5.3 Cálculo de la separación de los cepos según el entablado..... 74

IV.5.4 Calculo de la separación de los cepos según su resistencia..... 77

IV.6 Ejemplos..... 79

IV.6.1 Losa nervada..... 79

IV.6.2 Losa reticular..... 82

Capítulo V. Desencofrado..... 85

V.1 Generalidades..... 85

V.2 Notación..... **86**
V.3 Criterios de diseño..... **86**
V.4 Fórmulas..... **87**
V.5 Resultados..... **88**
V.6 Ejemplo..... **88**
Conclusiones..... **91**
Recomendaciones..... **93**
Bibliografía..... **95**

Índice de Anexos

	CONTENIDO	**Pág**
Anexo 1	Norma Venezolana COVENIN 2244-91. *Encofrados y Requisitos de Seguridad*.....	**97**
Anexo 2	Norma Venezolana COVENIN 1753-2006. *Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.* Capítulo 6.....	**123**
Anexo 3	Folletos de las empresas Andamios Dalmine S.A y Efco de Venezuela....	**129**

Índice de Tablas y Gráficos

	CONTENIDO	**Pág**
Gráfico IV.1	Cargas admisibles en puntales (l= 2,40 mts). Sección rectangular de 10x5 cms eje X-X.....	**63**
Gráfico IV.1	Cargas admisibles en puntales (l= 2,40 mts). Sección rectangular de 10x5 cms eje Y-Y.....	**63**
Tabla II.1	Número de puntales de seguridad para vigas. Referencia: Norma COVENIN 2244-91.....	**50**

Tabla II.2 Tiempos mínimos para desencofrar. Referencia: Norma COVENIN 2244-91 ..... **59**
Tabla IV.1 Separación de cuartones losas macizas para espesor de la madera 2,5 cms. **59**
Tabla IV.2 Separación de cuartones losas macizas para espesor de la madera 3 cms... **59**
Tabla IV.3 Separación de cuartones losas nervadas para espesor de la madera 2,5 cms **59**
Tabla IV.4 Separación de cuartones losas nervadas para espesor de la madera 3 cms... **59**
Tabla IV.5 Separación de cuartones losa reticular para espesor de la madera 2,5 cms. **60**
Tabla IV.6 Separación de cuartones losa reticular para espesor de la madera 3 cms... **60**
Tabla IV.7 Detallado de Puntal extensibles y sus partes. Referencia: Andamios Dalmine S.A **64**
Tabla IV.8 Separación de puntales losas macizas para espesor de la madera 2,5 cms.. **66**
Tabla IV.9 Separación de puntales losas macizas para espesor de la madera 3 cms ... **66**
Tabla IV.10 Separación de puntales losas nervadas para espesor de la madera 2,5 cms. **66**
Tabla IV.11 Separación de puntales losas nervadas para espesor de la madera 3cms **67**
Tabla IV.12 Separación de puntales losa reticular para espesor de la madera 2,5 cms.. **67**
Tabla IV.13 Separación de puntales losa reticular para espesor de la madera 3 cms.... **67**
Tabla IV.14 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms..... **70**
Tabla IV.15 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms..... **70**
Tabla IV.16 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms..... **71**
Tabla IV.17 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms..... **71**
Tabla IV.18 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms..... **71**
Tabla IV.19 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms..... **72**

Tabla IV.20 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms..... **72**
Tabla IV.21 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms..... **72**
Tabla IV.22 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms..... **72**
Tabla IV.23 Separación de cepos para columnas de 2,50 metros y diferentes espesores del entablado..... **76**
Tabla IV.24 Separación de cepos para columnas de 3,50 metros y diferentes espesores del entablado..... **76**
Tabla IV.25 Separación de cepos para columnas de 4,50 metros y diferentes espesores del entablado..... **76**
Tabla IV.26 Separación de los cepos según la resistencia, utilizando un solo cepo para anchos de columnas de 40, 50, 60 y 70 cms..... **78**
Tabla IV.27 Separación de los cepos según la resistencia, utilizando dos cepos para anchos de columnas de 70, 80, 90 y 100 cms..... **78**
Tabla IV.28 Resumen de cálculos para losa nervada..... **82**
Tabla IV.29 Resumen de cálculos para losa reticulada..... **84**
Tabla V.1 Resultados para el desencofrado de estructuras tipo Túnel..... **88**

Índice de Figuras

CONTENIDO **Pág**

Figura II.1 Detallado de un Encofrado. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **8**
Figura II.2 Detallado de Codales. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **10**
Figura II.3 Detallado de Camones. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **11**
Figura II.4 Representación de Encofrados de Columnas Circulares. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **11**

Figura II.5 Detallado de Puntales. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **13**
Figura II.6 Arriostramiento de Puntales. Referencia: Norma COVENIN 2244-91..... **14**
Figura II.7 Sección transversal de Columna Encofrada. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **21**
Figura II.8 Empuje sobre Columna. Referencia: "Encofrados" de José Griñan..... **22**
Figura II.9 Encofrado de Columna con cuatro (4) marcos de Refuerzo Referencia: "Encofrados" de José Griñan..... **23**
Figura II.10 Encofrado de Columna con seis (6) marcos de Refuerzo. Referencia: "Encofrados" de José Griñan..... **23**
Figura II.11 Encofrado de Columna con dos (2) Cuartones y cuatro (4) Tablas. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **24**
Figura II.12 Encofrado de Columna con dos (2) Cuartones y Cepos. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **24**
Figura II.13 Encofrado de Columna con dos (2) Cuartones y Alambre de Atirantar. Referencia: "Encofrados" de José Griñan..... **24**
Figura II.14 Encofrado de Columna Circular con Camones. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **25**
Figura II.15 Encofrado de Vigas Exteriores. Referencia: "Encofrados" de José Griñan. **27**
Figura II.16 Encofrado de Vigas Interiores. Referencia: "Encofrados" de José Griñan.. **28**
Figura II.17 Detallado de Escaleras de Tramo Recto. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **29**
Figura II.18 Encofrado de Escaleras. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **30**
Figura II.19 Detallado del Encofrado Paralelo a las Escaleras. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **31**
Figura II.20 Detallado de Bridas para moldeo de Escalones. Referencia: "Encofrados" de José Griñan **32**
Figura II.21 Detallado de Escaleras Curvas. Referencia: "Encofrados" de José Griñan. **33**
Figura II.22 Esquema de Encofrado de Madera..... **36**
Figura II.23 Detalle de Encofrado de Paneles Metálicos..... **40**

Figura II.24	Encofrado Tipo Mesa.....	**42**
Figura II.25	Detalle de Encofrado de Mesa Inclinada Referencia: EFCO de Venezuela	**42**
Figura II.26	Construcción utilizando Encofrado Deslizantes.....	**44**
Figura II.27	Encofrado tipo Túnel.....	**46**
Figura IV.1	Losa Reticular Típica.....	**55**
Figura IV.2	Esquema Básico de un Tablero para Encofrar Losas.....	**55**
Figura IV.3	Detalle de Puntales, Cuartones, Losa y la Carga Distribuida.....	**56**
Figura IV.4	Diagrama de Momento del Encofrado.....	**56**
Figura IV.5	Esquema de Entablado.....	**57**
Figura IV.6	Sección transversal del Puntal y su Esbeltez.....	**61**
Figura IV.7	Detallado de Puntal extensible y sus partes. Referencia: Andamios Dalmine, S.A.....	**64**
Figura IV.8	Detalle del área tributaria de la viga	**69**
Figura IV.9	Detalle de la carga sobre el cuartón de la viga.....	**69**
Figura IV.10	Distribución de Presiones Laterales en una columna.....	**74**
Figura IV.11	Deformación del tablero debido a las presiones laterales.....	**75**
Figura IV.12	Detalle del área tributaria que actúa sobre el cepo.....	**77**
Figura IV.13	Ejemplo losa Nervada.....	**79**
Figura IV.14	Ejemplo losa Reticular.....	**82**
Figura V.1	Detalle de encofrado del nivel a vaciar y puntales de seguridad en nivel inferior.....	**85**
Figura V.2	Ejemplo para desencofrado de una viga.....	**89**

INTRODUCCIÓN

Los encofrados de las estructuras de concreto armado, representan una parte muy importante de la construcción, y su estudio es de gran importancia tanto por los servicios que proporcionan como la influencia que tiene su valor en el costo total de una obra.

Frecuentemente resulta más costoso el encofrado que el concreto utilizado en obra, y es por ello que se hace necesario realizar un estudio, el cual nos brinde información del tipo de encofrado a utilizar, así como el tipo de material del cual está hecho.

Además de brindarnos esta información, el estudio técnico de los elementos que conforman dichos encofrados ayudará a los ingenieros, maestros de obras y carpinteros a tener un alto grado de confiabilidad, garantía de seguridad y resistencia.

Actualmente en Venezuela la elaboración de los encofrados son realizados generalmente por los maestros de obra y carpinteros, pero indiscutiblemente un obrero que sea un buen albañil o carpintero, no quiere decir que está calificado o que sea capaz de ejercer la labor de realizar un buen encofrado que se encuentre entre las exigencias que requiere la técnica del mismo.

Un buen carpintero hará un encofrado, si es el caso, perfecto, desde el punto de vista estético del molde, es decir, de distribución de piezas y de adecuada conexión, pero si no está bien calculado para resistir las solicitaciones a las que se encontrara sometida en el proceso de vaciado y posterior fraguado del concreto, no nos servirá de nada que estéticamente este perfecto. Por ende es necesario que la persona que se encargue de realizar este trabajo estudie sobre las técnicas constructivas y no se guie únicamente por la experiencia que ha adquirido a lo largo de los años.

Por otra parte, no se puede dejar a un lado el desencofrado. No es solo realizar un molde perfecto, desde el punto de vista mecánico y técnico, sino hay que tomar en cuenta que, luego de haber realizado el encofrado su trabajo, es decir, que el concreto ya tenga la resistencia necesaria tal que soporte por si solo las solicitaciones a las que se encontrará sometido, se procede a retirar el molde con facilidad, sin operaciones complicadas, sin dañar la madera o el material usado, ya que se debe procurar sacar dichos elementos totalmente intactos, por ende, es de gran importancia conocer el tiempo al cual se pueda realizar el desencofrado de la superestructura, para lo cual debemos realizar un estudio de la resistencia que posee el concreto en obra, ya que no será equivalente a la que se obtiene en el laboratorio a partir de los cilindros ensayados.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

I.1- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El presente TRABAJO ESPECIAL DE GRADO se basa fundamentalmente en la búsqueda de los posibles efectos que pudieran estar relacionados con las fallas de los encofrados, que han generado ordenes de demoliciones en los últimos 5 años según informes de laboratorios reconocidos en el país (reportes internos del laboratorio de materiales UCAB) y mediante algunas investigaciones previas se encontró que con relación al diseño de los encofrados y desencofrados, no se toman en cuenta ciertos parámetros importantes a la hora de encofrar una estructura.

Dichos informes reflejan que estos problemas están ocurriendo con mayor frecuencia en obras, lo cual, se puede deber a la calidad de los materiales que se utilizan actualmente, y también se pueden relacionar con el tiempo de desencofrado, el cual se ha instalado como "costumbre operacional" por los maestros de obra o Ingenieros residentes sin tener estudios más detallados de las condiciones verdaderas a las cuales se encuentra el concreto vaciado en obra.

La resistencia del concreto en la estructura puede que no sea equivalente a lo obtenido en el laboratorio con cilindros normalizados de ensayo. Las buenas prácticas de trabajo para la manipulación, el vaciado, la compactación y el curado del concreto en la estructura deben asegurar que la información reportada por el laboratorio no difiera de los valores verdaderos en campo. Esto solo se puede asegurar si las condiciones de preparación, manejo, curado y vigilancia, son las mismas o similares entre las probetas y la obra. Los principios del diseño estructural reconocen esto y el código ACI de la edificación (ACI-318), cuenta con un proceso de aseguramiento para la estructura durante la construcción.

En Venezuela, la información y los procesos de decisión para la determinación de los tiempos de desencofrados y la evaluación de los tipos de encofrado no ha sido estudiado en profundidad y es por ello, que surge la necesidad de realizar un estudio del comportamiento del concreto armado en una superestructura y su capacidad de soporte ante las solicitaciones a las cuales está sometido durante la etapa de construcción, para evitar de esta manera problemas, tales como: falta de adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto debido a posibles deslizamientos internos de las cabillas, los cuales quedarán en evidencia ante una eventualidad de grandes solicitaciones (sismo) y el problema de flechas excesivas visibles al usuario, creando problemas de inseguridad en dichas personas.

I.2- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.2.1 - OBJETIVO GENERAL

Determinar si las condiciones del concreto de una superestructura en la etapa de construcción, una vez retirados los subsistemas temporales de soporte (encofrados), son las necesarias para que pueda resistir las solicitaciones a las cuales se encuentra temporalmente sometida la estructura, y la evaluación de las posibles consecuencias que ocasionaría un desencofrado temprano sin haber obtenido la resistencia del concreto armado necesaria para tener una buena capacidad de soporte.

I.2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluación de los diferentes tipos de encofrados (metálicos, madera y mixtos), desempeño, eficiencia, y condición de estabilidad en la etapa de construcción de la superestructura.

2. Caracterizar los problemas que se ocasionan por un temprano desencofrado en el concreto armado, tales como: la falta de adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, flecha instantánea, flecha diferida, fisuramiento y fluencias.

I.3- JUSTIFICACIÓN

Se ha realizado una serie de investigaciones, manifestando que Venezuela cuenta con la norma COVENIN 2244-91 la cual ofrece algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de encofrar y requisitos mínimos de seguridad en lo relativo a materiales y diseño que deben cumplir los encofrados, pero no especifica profundamente las características que debe tener dichos encofrados, ni cómo se debe diseñar para las solicitaciones a las que se encuentra sometido. Es por ello que surge la necesidad de realizar un estudio que considere todas las variables involucradas con el tema de los encofrados durante la etapa de construcción de una obra civil, así como el tiempo que dichos elementos deben otorgarle soporte al concreto, ya que se ha visto que la mala ejecución o evaluación de los elementos que conforman el sistema de soporte ha ocasionado problemas con las estructuras.

Este estudio tiene como uno de los objetivos lograr que en el país se tomen en cuenta nuevas normas para el diseño de los encofrados y el tiempo de soporte que le ofrece a la superestructura, ya que es de gran importancia, y es por ello que debe ser diseñado siguiendo unas normas, que permitan tener un alto grado de confiabilidad durante la etapa de construcción.

Debido a esto parece muy justificable realizar una investigación y evaluación a fondo de los subsistemas temporales de soporte (encofrados) para así evitar que ocurran con mayor frecuencia los problemas en las superestructuras, debido a los sistemas que se utilizan, que a pesar de realizar su trabajo no ofrecen la seguridad ni confiabilidad a los constructores como lo son los encofrados de madera tradicionales, pero a pesar de esto se siguen usando.

I.4 – ALCANCES Y LIMITACIONES

- Este trabajo especial de grado logra presentar el estudio y evaluación de los subsistemas temporales de soportes (encofrados) para la superestructura.

- Las experiencias documentales en Venezuela son casi inexistentes y los muy pocos trabajos encontrados no tienen el debido respaldo técnico e innovador, lo cual obligó a utilizar referencias tecnológicas de otros países que tienen información mucho más avanzada sobre los subsistemas temporales de soportes (encofrados).

- Las informaciones generales de las empresas encargadas de la distribución y elaboración de los encofrados en Venezuela, es de un reducido grupo que ofrecen los productos, pero se deben trabajar con estas empresas ya que son las que suministran los encofrados a nivel de las obras de gran envergadura en el país.

- Esta investigación tendrá como principal estudio los encofrados en superestructuras de planta rectangular o cuadrada primordialmente, pero haciendo referencias de otros encofrados como las plantas circulares.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

II.1 – ANTECEDENTES

Para cumplir con los objetivos propuestos para este Trabajo Especial de Grado fué necesario recurrir a fuentes de información, que suministraron una serie de datos de gran importancia, los cuales sirven de bases teóricas y de complemento en la siguiente investigación.

Dicha información fue tomada de Trabajos Especiales de Grado de años anteriores, en los que se realizaron estudios de los encofrados, al igual que se propone en este estudio de grado. Estos trabajos son:

Titulo de la Investigación	Área de estudio, tutor y autores	Fecha e Institución	Aportes
DISEÑO DE SISTEMAS DE ENCOFRADOS	**Ingeniería**, **Tutor**: Ing. José Antonio Noriega H., **Autor**: Pérez G. Andrés E	Mayo 1994, UCAB	• Marco Teórico • Bases para el cálculo de encofrados
MANUAL DE ENCOFRADOS PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	**Ingeniería**, **Tutor**: Ing. Bonadío Vincenzo., **Autor**: Faustino B. Gabriel	Noviembre 1995, UCAB	• Marco Teórico • Bases para el cálculo de encofrados

II.2 – ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LOS ENCOFRADOS

Según la norma COVENIN 2244-91 de encofrados y requisitos de seguridad aprobada en la fecha de 05-06-1991 por la comisión de normas industriales (articulo 3, pagina 1), se obtienen las siguientes definiciones de los términos que se emplearán en esta investigación. (Ver Anexo 1).

II.2.1 – ENCOFRADOS

Son aquellos moldes y dispositivos utilizados con la finalidad de confinar y amoldar el concreto en estado fluido al ser vaciado, para evitar la segregación de éste y el escurrimiento de la lechada del mismo, manteniéndose así las líneas y niveles correspondientes de acuerdo con lo señalado en los planos estructurales del proyecto (ver Figura II.1).

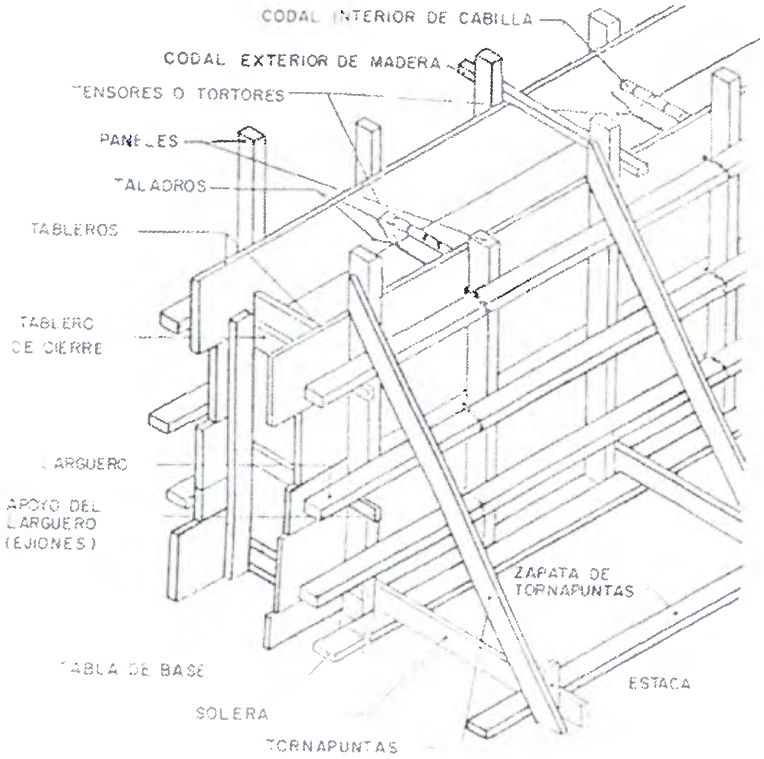


Figura II.1. Detallado de un encofrado. Referencia: Norma COVENIN 2244-91

II.2.1.1 - ENCOFRADOS DESLIZANTES

Son aquellos encofrados construidos a base de moldes, con un entablado de madera, marco y refuerzos, colocándoles componentes metálicos, estructurales o tubulares como elementos de agarre, tienen la propiedad de ir desplazándose hacia las áreas por encofrar, una vez fraguado el concreto del anterior. Son usados en estructuras muy grandes y de mucha altura tales como: silos, torres y otros.

II.2.1.2 - ENCOFRADOS TIPO TÚNEL

Son encofrados metálicos en forma de "U" invertida, que encofran simultáneamente paredes y techos mediante laminas metálicas soportadas internamente por una estructura de tubos rectangulares. El conjunto de la estructura tubular y láminas conforman una unidad metálica funcional retráctil que descansa sobre ruedas.

II.2.2 - PIEZAS DE MOLDEO

Son aquellas que van en contacto directo con el concreto y le dan la forma requerida al elemento por construir. Dependiendo de su material de construcción y su forma, estas piezas reciben otras denominaciones como: tableros, paneles, retículos, cajones o formaletas.

II.2.3 - PIEZAS DE REFUERZO

Son piezas que contrarrestan la presión ejercida por el concreto sobre las piezas de moldeo. Según su función pueden ser: traviesas, cepos, pletinas de corbatas, codales, camones, tensores y zunchos.

II.2.4 – TRAVIESAS

Son aquellos elementos que impiden que se deformen los tableros y sirven para el ensamblado de éstos. Pueden servir de apoyo a otros elementos llamados Cepos. La separación de las traviesas va en función directa de las presiones que tengan que resistir.

II.2.5 – CEPOS

Son aquellas pletinas de hierro o de madera colocadas en los encofrados de columnas y otros elementos similares, con el fin de reforzarlos. Generalmente se apoyan sobre traviesas y ayudan a contrarrestar el empuje producido por el concreto, evitando así la flexión de los tableros y la posible rotura del encofrado.

II.2.5.1 - PLETINAS DE CORBATA

Son cepos metálicos con doblez en uno de sus extremos por donde se introduce otra pletina; pasando cada pletina por el doblez de la otra formando un marco.

II.2.6 – CODALES

Son aquellas piezas destinadas a garantizar la separación correcta entre tableros, evitando su deformación al ser vaciado el concreto (ver Figuras II.1 y II.2)

Figura II.2. Detallado de Codales
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

II.2.7 – CAMONES

Son aquellos elementos que forman los marcos para columnas circulares u otros encofrados; se componen de dos tablas ensambladas por medio de traviesas. No son elementos de resistencia (ver Figuras II.3 y II.4).

Figura II.3. Detallado de Camones.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

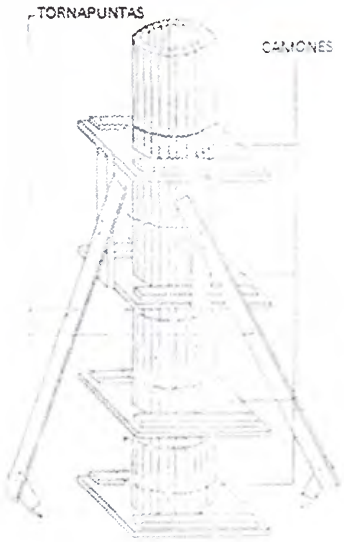


Figura II.4. Representación de Encofrados de Columnas Circulares.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

II.2.8 – TENSORES

Son elementos principales de resistencia, generalmente de alambre o cabilla sujetando los tableros. Cuando se colocan tensores debe colocarse un codal en el interior de los tableros, con el propósito de no permitir que éstos se deformen debido a una tensión excesiva, además de garantizar la separación de los tableros. (Ver Figura II.1).

II.2.9 – ZUNCHOS

Son arcos circulares o similares que se colocan alrededor de la columna para contrarrestar el empuje del concreto sobre los tableros. Cumplen la misma función que los Cepos en las columnas rectangulares.

II.2.10 – PARALES

Son elementos formados por listones colocados en forma vertical, que permiten que los tableros para encofrar muros, sean clavados sobre ellos. En columnas, se utilizan para soporte o base de los tensores, además de refuerzo para prevenir deformaciones longitudinales del elemento (Ver Figura II.1).

II.2.11 – LARGUEROS

Son aquellos elementos formados por listones colocados en forma horizontal, que permiten que los tableros para encofrar muros, sean clavados sobre ellos. Su comportamiento es similar al de los parales, se utilizan en pantallas y vigas (Ver Figura II.1).

II.2.12 – TORNAPUNTAS

Son aquellos listones inclinados que se colocan para mantener la estabilidad del encofrado en piezas verticales como columnas o muros, y por otro lado sirven para contrarrestar las fuerzas que actúan sobre el encofrado debido al concreto vaciado. (Ver Figuras II.1 y II.4).

II.2.13 - PIEZAS DE SOPORTE Y APUNTALAMIENTO

Son aquellas que reciben las cargas producidas por el peso propio de los moldes, así como también del concreto que se habrá de vaciar. Según su función pueden ser: puntales, muletas y guías o cuartones.

II.2.14 - PUNTALES

Son aquellas piezas metálicas o de madera colocadas verticalmente o inclinadas, generalmente usadas para soportar encofrados de losas y vigas (ver Figura II.5).

II.2.14.1 - MULETAS

Son aquellos puntales con travesaños en su parte superior y dos piezas de arriostramiento que lo refuerzan, generalmente usadas para soportar vigas medianas (Ver Figura II.5).

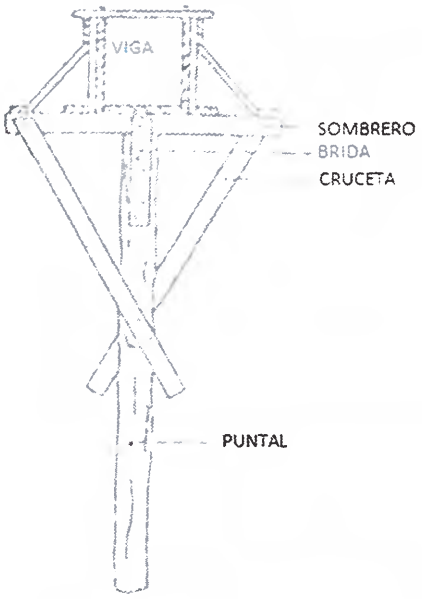


Figura II.5. Detallado de Puntales.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

II.2.15 - GUÍAS O CUARTONES

También llamadas traviesas o largueros, son elementos colocados perpendicularmente uno contra otro y sobre los cuales se apoyan los moldes de losa y vigas de gran tamaño, éstas pueden ser superiores o inferiores.

II.2.16 - PIEZAS DE ARRIOSTRAMIENTO

Son aquellas que proporcionan estabilidad y garantizan mayor seguridad a las piezas que conforman los encofrados, ya sean los propios moldes o puntales. Generalmente son cuartones o listones de madera, tubos de hierro o piezas metálicas diseñadas para tal fin, según su uso puede ser para puntales o para moldes.

II.2.17 - ARRIOSTRAMIENTO DE PUNTALES

Es aquel que se construye con los elementos en forma de "X" (cruces de San Andrés) o en forma horizontal, colocando las riostras perpendiculares entre sí. (Ver Figura II.6).

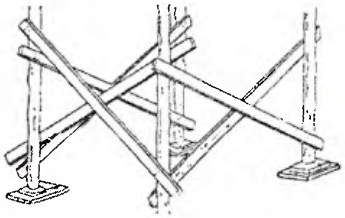


Figura II.6. Arriostramiento de Puntales.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

II.2.18 - ARRIOSTRAMIENTO DE LOS MOLDES

Es aquel que se hace en el encofrado que no lleva puntales, como en el caso de columnas y otros elementos parecidos; el arriostramiento podrá ser en sentido horizontal entrelazando los elementos entre sí, o por medio de puntales inclinados (tornapuntas). (Ver Figura II.4).

II.3 - FUNCIÓN DE LOS ENCOFRADOS. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR

II.3.1 OBJETIVO BASICO DE LOS ENCOFRADOS.

Los encofrados son utilizados para confeccionar el concreto y permitir que las losas, vigas, columnas, entre otros elementos, mantengan su forma hasta que el concreto pueda soportarse por sí mismo, los mismos que, a modo de moldes, permiten adquirir las formas y medidas que indiquen los respectivos planos de la superestructura. Dichos encofrados deben ser diseñados de manera que ofrezcan seguridad mientras soportan las cargas verticales y horizontales a las que están sometidos, las cuales deben ser transmitidas a los elementos que ya poseen una resistencia necesaria para tal fin.

Los encofrados no deben ser considerados como simples moldes, se tienen que diseñar como una estructura que se va a someter a diversos tipos de cargas y acciones que, usualmente, son de significativas magnitudes. Para cumplir esto deben poseer gran Rigidez.

Existen tres parámetros principales a tenerse en cuenta al momento del diseño y construcción del encofrado: seguridad, precisión en las medidas y economía. De los tres parámetros señalados anteriormente, el más importante es la seguridad, ya que los accidentes en su gran mayoría ocasionados en obra son debido a fallas de los encofrados.

II.3.2 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

El uso de los encofrados debe ofrecer un alto grado de confiabilidad y seguridad, tanto a los constructores como a los obreros, debido a que son los que están más en obra. Pero la responsabilidad está del lado de la constructora, la cual es sancionada legalmente en caso de un accidente. Es por ello que se debe realizar un análisis de seguridad, siendo este el más económico, pero no por ello despreciable, ya que es este el que nos otorga una serie de

información de gran utilidad para lograr un exitoso proyecto, no solo en planificación, sino en ejecución, lo cual es el fin de la constructora.

Los problemas que se producen en los encofrados se pueden atribuir a errores humanos, el uso de equipo o materiales deficientes o a la omisión de cargas para el cual se diseña; es por ello que se recomienda una adecuada supervisión en el diseño y constante chequeo en obra de manera de asegurar el buen estado de los materiales, la buena conexión de los encofrados, y el debido apuntalamiento de manera de mantener la seguridad en todo momento.

La supervisión en obra es de gran importancia, y sobre todo durante el vaciado, ya que es en este momento cuando los subsistemas temporales de soporte son más susceptibles, debido a que están recibiendo toda la carga sobre ellos, además que se debe tener precaución al usar vibradores, los cuales pueden ocasionar problemas al encofrado, generando cualquier deslizamiento o deflexiones inapropiadas si éste no está bien estructurado, es por ello, que se debe prestar mucha atención en esta etapa.

II.3.3 PROBLEMAS EN LOS ENCOFRADOS

Como se ha mencionado anteriormente, una de las causas más comunes en obra se debe a problemas ocasionados por la mala disposición de los encofrados, los cuales pueden fallar provocando la caída de cualquier elemento recién vaciado. Algunas de estos invenientes se pueden atribuir al incorrecto uso de los puntales, también al hecho de querer realizar un desencofrado prematuro, como un deseo para la economía de la constructora, el cual puede causar una deformación que termina por arquear o deformar los elementos.

El inadecuado desencofrado y apuntalamiento pueden causar problemas en el concreto, como lo es, el desarrollo de grietas, que deben ser analizadas y tratadas de tal manera que no ocasionen inconvenientes en la estructura una vez finalizada.

Además de los problemas que se mencionaron anteriormente, hay otras posibles causas, comenzando desde el diseño inicial, y el montaje de los encofrados. Las fuerzas que causan las diversas formas de falla no siempre es causa de las sobrecargas verticales, sino que además se debe tener en cuenta una serie de parámetros para garantizar un óptimo funcionamiento de los encofrados.

Una de causas más comunes de falla se debe a un error al calcular las cargas actuante sobre el encofrado; este punto es de gran importancia, debido a que no solo se trata de calcular el peso del concreto del elemento que se está vaciando, sino que además de esto se debe considerar una carga variable, la cual se debe al uso de maquinarias utilizadas para el vaciado como trompos además de los propios materiales de construcción, y a la presencia del personal que se encuentre trabajando.

Otro punto a tener en cuenta y por el que posiblemente fallan los encofrados, es por el inadecuado apuntalamiento; los puntales deben estar colocados de tal manera que la carga atribuida a cada uno sea inferior que la máxima permitida, y para ello se debe tener en cuenta a la hora del diseño, el material del encofrado y sus propiedades, de manera que se pueda optimizar la cantidad de puntales a utilizar, siempre y cuando se mantenga un respectivo factor de seguridad, además de esto, debemos considerar los refuerzos horizontales y transversales de los elementos utilizados para encofrar.

Es de gran importancia conocer la temperatura a la que se realiza un vaciado y considerarla a lo largo de éste, ya que si es muy baja (por debajo de 10 °C aproximadamente), se debe tener una consideración debido que el concreto tarda más tiempo en fraguar, por lo que se debe dejar mayor tiempo los subsistemas temporales de soporte.

II.4 – CARGAS QUE ACTUAN EN LOS ENCOFRADOS

Los encofrados se diseñan para resistir cargas verticales y horizontales que se le apliquen hasta el momento en que puedan ser resistidas por la estructura en sí.

Las cargas verticales están constituidas por el peso propio del concreto, del encofrado, del acero y de las cargas vivas de construcción; Mientras que las horizontales se debe a la presión lateral ejercida por el concreto cuando está fresco, siendo más significante en elementos verticales.

II.4.1 - PESO DEL CONCRETO

Como se mencionó anteriormente, los encofrados deben ser considerados como estructuras; en efecto, en tanto el concreto no alcance las resistencias mínimas exigibles para proceder a desencofrar, los encofrados tienen que ser suficientemente resistentes para soportar el peso del concreto. Esto ocurre en los encofrados de vigas y losas.

Pues bien, el concreto es un material de considerable peso. Un metro cúbico de concreto pesa 2,400 kg; por ejemplo, un metro cuadrado de losa de concreto maciza de 0.15 m de espesor pesa 360 kg aproximadamente, el cual si consideramos toda el área de una losa a la hora de un vaciado, obtenemos un gran peso el cual es soportado únicamente por el encofrado, y es por ello que se debe realizar un estudio de dichos soportes para así poder tener un alto grado de confiabilidad mientras estos elementos soportan tales cargas.

II.4.2 - CARGAS DE CONSTRUCCIÓN

Adicionalmente al peso del concreto, los encofrados deben soportar las cargas temporales de construcción; éstas corresponden al peso de los trabajadores que participan en el vaciado de las losas, vigas y del equipo empleado para tal procedimiento.

Para establecer estas cargas vivas mencionadas es usual adoptar, como equivalente, una carga uniformemente repartida en toda el área de los encofrados. Según la norma ACI-347 (1994, capitulo 2, pág. 6), se debe considerar una carga variable para encofrados convencionales y vaciados con equipo convencional un valor de 250 kg/m^2, magnitud que debe sumarse al peso del concreto, mientras que en el caso de usar equipos motorizados para ejecutar el vaciado, es necesario tomar una carga mínima de 375 kg/m^2 para el diseño de los encofrados. Esta norma también hace mención sobre la carga mínima total que se debe tener en cuenta a la hora de un diseño, la cual es de 500 kg/m^2 si consideramos la carga permanente y variable en conjunto, valor que se eleva a 600 kg/m^2 en caso de utilizar equipos motorizados.

II.4.3 - PESO DE LOS ENCOFRADOS

En encofrados de madera, el peso propio de los mismos tiene poca significación en relación al peso del concreto y cargas de construcción. En el caso de encofrados metálicos por ejemplo, encofrados de techos con viguetas metálicas extensibles, el peso que aportan debe tenerse en cuenta.

El peso propio de encofrados de techos con viguetas metálicas es aproximadamente 50 kg por metro cuadrado de techo. El peso exacto debe establecerse a partir de la información que proporcionen los proveedores de este tipo de encofrados.

II.4.4 – TRANSFERENCIA DE PRESIONES O CARGAS PRODUCIDAS POR EL CONCRETO

Las presiones o cargas producidas por el concreto una vez vaciado, se distribuyen a través varios niveles, es decir, actúan primero sobre la superficie del molde o formaletas, luego sobre las correas, camones, traviesas y cepos, según sea el caso, para luego transferir la carga a los puntales o andamios, llegando finalmente al suelo o a la superficie de soporte.

Se puede decir que la transferencia de carga se clasifica en varios niveles, a los cuales se le imponen las cargas, y éstos a su vez distribuyen dicha carga al siguiente nivel. Tales niveles se pueden clasificar como primarios, secundarios y terciarios.

En el nivel primario entran en juego las piezas de moldeo o formaletas; dichas piezas reciben toda la carga impuesta por el concreto recién vaciado, la cual es expresada en unidades de kg/m^2, y la distribuyen al siguiente nivel, el cual está constituido por las piezas de refuerzo, las cuales son: traviesas, zunchos, cepos, largueros, parales, entre otros.

En este nivel es donde el sistema temporal de soporte comienza a resistir el empuje producido por el concreto fresco. Finalmente las cargas son transmitidas al tercer nivel, en el cual trabajan las piezas de soporte y apuntalamientos, los cuales a su vez están formados por los puntales, tornapuntas y andamios. Los elementos de este nivel trabajan prácticamente bajo carga axial por lo que deben ser diseñados para tal fin.

Los niveles antes mencionados son los de transferencia interna en todo el conjunto de los subsistemas temporales de soporte, pero una vez que la carga es absorbida por el tercer nivel, éste debe transferirla a otro elemento el cual ya no pertenece a los encofrados.

Dicho elemento puede ser un nivel de la superestructura construido anteriormente, el cual ya cuenta con la resistencia necesaria para soportar las cargas impuestas, o al mismo terreno sobre el cual se construye la obra.

II.5 – ENCOFRADO DE COLUMNAS

Se puede decir que el primer encofrado en poner a trabajar es el de las columnas, en todas las obras se encuentran este tipo de elemento en un gran número y es de vital importancia en todas las construcciones.

En este estudio se tomarán en cuenta dos tipos de columnas; los de sección cuadrada o rectangular, es decir que su sección transversal o vista en planta es un cuadrado y/o rectángulo, y por otra parte los pilares circulares.

No se tomará en cuenta la clasificación según sus dimensiones, es decir, existen columnas gruesas, medias y ligeras, pero todo los descrito es aplicable para estos tres tipos ya que, aunque no van a resistir los mismos empujes, se rigen por los mismos criterios. Solo se tomará en cuenta que por mayor seguridad, las columnas medias y gruesas dispondrán de un mayor atirantado, un mayor refuerzo, atirantados cruzados, doble zunchos, menor separación entre los cepos, y las tornapuntas tendrán un mejor arriostramiento, evitando así que se desplome la pila.

II.5.1 COLUMNAS DE SECCION CUADRADA Y/O RECTANGULAR

Las columnas de sección rectangular o cuadrada, el molde se realiza con cuatro (4) tableros como se indican en la Figura II.7.

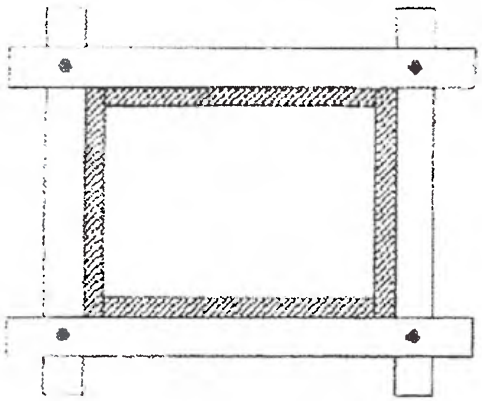


Figura II.7. Sección Transversal de Columna Encofrada.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

Estos tableros son piezas rígidas, para que al concreto no se deforme, difíciles de arreglar, y las juntas de dichos elementos deben estar muy bien cerradas, ya que pueden formarse huecos u oquedad.

Las zonas donde sufren mayores esfuerzos los encofrados, "sin duda alguna, en la parte baja del pilar. En el extremo superior, el empuje del hormigón es nulo y en la base, el empuje es el máximo" (José Griñan, 1985, 17ª edición, pág. 48). En la Figura II.8 se establece la manera en que la columna actúa sobre el encofrado.

Los marcos que mantienen la sección transversal de la pila son las bridas o cepos, estos se utilizan para impedir que los tableros cedan al empuje y se deforme la sección transversal de la columna que se está vaciando. Dichos cepos o bridas se reparten a lo largo de la columna en el tercio inferior mas juntas y se van separando a medida que se va distanciando de la base. Esto se hace de acuerdo a lo que se explicó anteriormente de los esfuerzos que ejerce el concreto sobre el molde (Figura II.8).

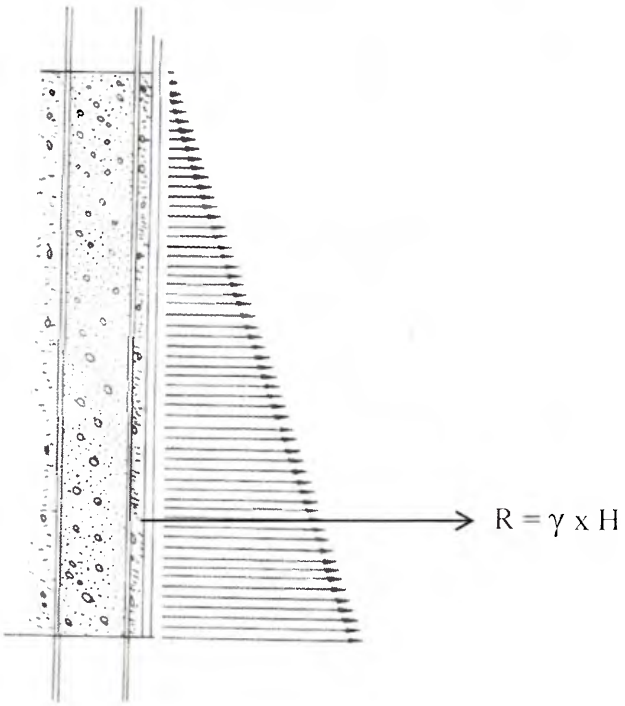


Figura II.8. Empuje sobre Columna. Referencia: "Encofrados" de José Griñan

Existen diversos tipos de estos marcos:

1. Los de tablas sencillas que son cuatro tablas, como se muestra en la Figura II.9.
2. Los que son con tablas dobles, es decir, seis tablas, como se ve en la Figura II.10.
3. Los de cartón y doble tabla, es decir, dos cuartones y cuatro tablas, como se indica en la Figura II.11.
4. Dos cuartones y cepos o zunchos de hierro Figura II.12.
5. Dos cuartones y alambre de atirantar, como mostramos en la Figura II.13.

Indiscutiblemente, el mejor material para realizar los encofrados por el fácil manejo, rapidez y su uso ilimitado, son los de hierro, ya que la madera hoy en día su costo es elevado y si el personal encargado para el desencofrado no es cuidadoso en realizar este trabajo puede dañarse la madera y por ende el encofrado no se podrá reutilizar con facilidad.

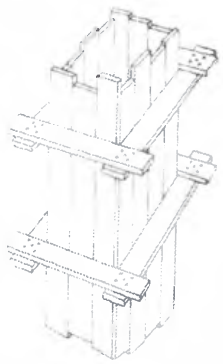


Figura II.9. Encofrado de Columna con 4 marcos de refuerzo.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

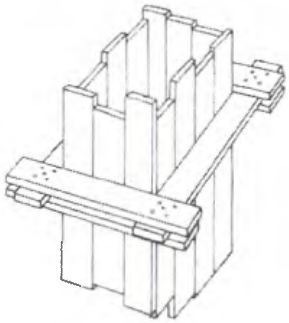


Figura II.10. Encofrado de Columna con 6 marcos de refuerzo.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

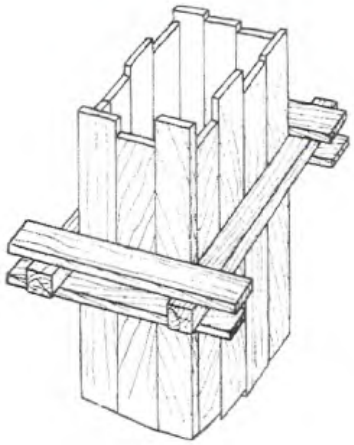


Figura II.11. Encofrado de Columna con dos cuartones y cuatro tablas.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

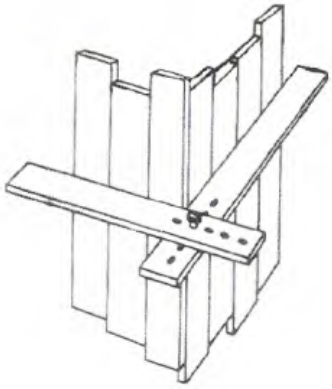


Figura II.12. Encofrado de Columna con dos cuartones y cepos.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

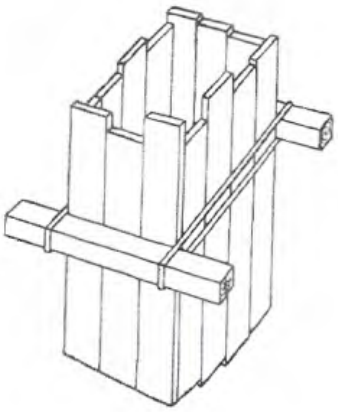


Figura II.13. Encofrado de Columna con dos cuartones y alambre de atirantar.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

II.5.1.1 – LA VERTICALIDAD DE LAS PILAS

Esta operación se va realizando a medida que se ubican los tableros, mediante el uso de aplomado, debido a que un pilar torcido muestra deficiencia falta de precisión. Para poder fijar el pilar o la columna en la posición de aplome a la hora del vaciado, se pueden colocar tornapuntas, las cuales fijan la perfecta posición del elemento.

II.5.2 PILARES DE SECCION CIRCULAR

Para realizar estos encofrados se requiere utilizar los camones, los cuales son los que otorgan "la forma" circular que se debe adoptar (Figura II.14), pero no dan rigidez.

Para darle rigidez a estos encofrados, se utilizan generalmente los zunchos, que son los aros de hierro. Dichos zunchos deberán estar más juntos en la parte inferior que en la parte superior, debido a que abajo se generan mayores esfuerzos en el encofrado como se había explicado en la sección rectangular, y dicha ley de esfuerzos se muestra en la Figura II.8, lo cual también se aplica en este tipo de pila.

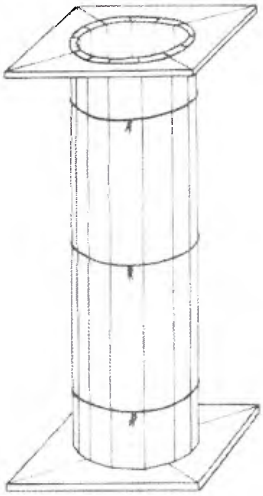


Figura II.14. Encofrado de columna circular con camones.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

"Los zunchos se colocaran en la mitad inferior a distancias que oscilan entre los 40 y 50 cms, separándose gradualmente conforme la altura es mayor, pero sin que la separación máxima alcance los 70 cms" (José Griñan, 1985, 17ª edición, pág. 61)

II.6 – ENCOFRADOS DE VIGAS

Las vigas son las piezas horizontales que descansan sobre las columnas, o bien sobre muros de mampostería, ladrillos, etc; cuando se trata de encofrados de dichos elementos, debemos mencionar que no todas las vigas se tratan por igual, es decir, el encofrado en cada una será diferente de acuerdo a su ubicación en planta

Basándonos en lo expuesto anteriormente, podemos realizar una clasificación de las vigas que se encuentran en una planta a la hora de realizar su encofrado, y donde encontramos las vigas exteriores o de fachada y las vigas de interiores., y las cuales serán detalladas a continuación.

II.6.1 – VIGAS EXTERIORES O DE FACHADA

Esta clase de vigas están caracterizadas por tener en uno de sus lados los muros o paredes de la fachada, los cuales se encuentran en el perímetro de la superestructura, y por otro lado recibir la carga de la losa de su nivel.

Debido a esta característica antes mencionada, los tableros laterales presentan una diferencia de altura, ya que por la cara externa se debe encofrar toda la altura de la viga, por lo que el tablero tendrá la altura total de la viga, mientras que por su lado interno será de menor altura, debido a que se le debe disminuir la altura de la losa. Para entender mejor esta descripción se presenta la Figura II.15, la cual muestra una sección transversal de estas vigas.

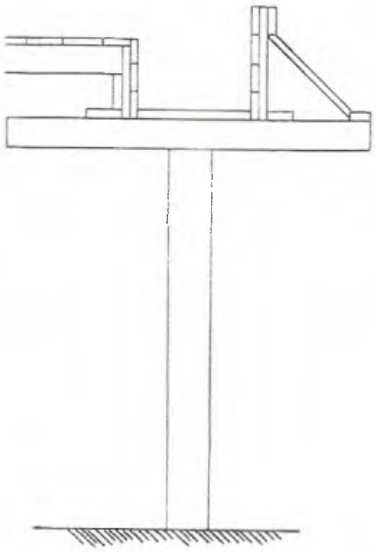


Figura II.15. Encofrado de Vigas Exteriores.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

II.6.2 – VIGAS INTERIORES

El encofrado de estas vigas generalmente consta de dos tableros y uno de fondo al igual que las vigas exteriores, pero a diferencia de las vigas exteriores o de fachada, una viga interna se caracteriza por tener que soportar la losa de su nivel por ambos costados.

Debido a su condición los tableros laterales necesarios para encofrar esta viga serán de igual altura, y cuya magnitud viene dada por la altura total de la viga menos el espesor de la losa.

En la Figura II.16 se puede ver la sección transversal de una viga interna y se puede observar los elementos involucrados en el encofrado.

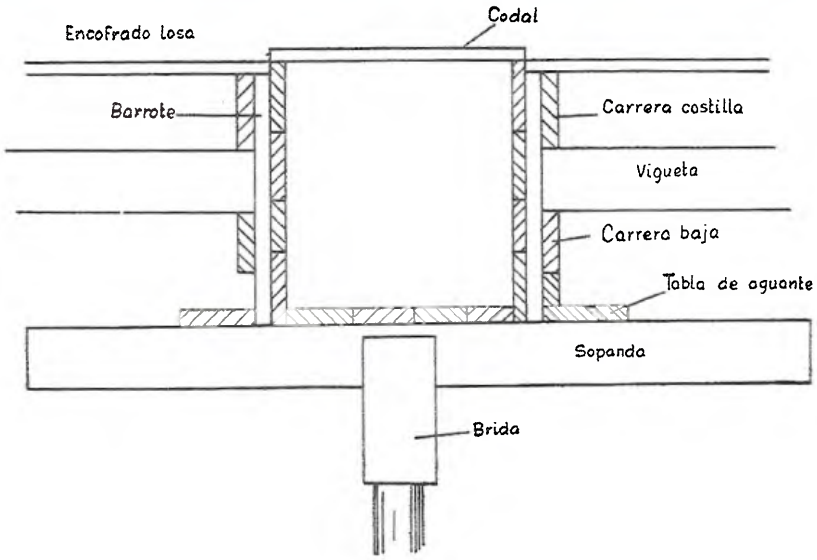


Figura II.16. Encofrado de Vigas Interiores. Referencia: "Encofrados" de José Griñan

II.6.3 – SEGURIDAD EN EL ENCOFRADO DE VIGAS

Una vez calculado el peso por metro lineal de la viga y colocado su respectivo encofrado, se debe garantizar la estabilidad de dichos elementos de soporte. Para ello se debe realizar un buen apuntalamiento, por lo cual es necesario rechazar todo aquel puntal que este bien derecho, ya que por ser elementos esbeltos pueden flexionar ante la carga recibida.

Además de lo mencionado, se debe realizar un arriostramiento de los puntales, para lo cual basta con clavar tablas a media altura de manera que se una cada puntal con el más cercano, tanto en el sentido de la viga a la que soporta, como en el sentido perpendicular con la viga siguiente. Gracias a este modo de arriostrar los puntales se puede evitar que dichos elementos pandeen, asegurando así un buen funcionamiento del encofrado, y garantizando en todo momento la seguridad.

II.7 –ENCOFRADOS DE ESCALERAS

Cuando se habla de escaleras y de su encofrado, se debe prestar mucha atención a este tema, porque tal vez sean estos elementos de obra donde el encofrador encontrará más dificultades, y es aquí donde existe cierta complejidad de formas. Dicha persona es la encargada de ingeniarse la forma más adecuada para obtener un buen molde que cumpla con los requerimientos de la obra, todo esto a partir de un plano establecido. Se puede decir que esta persona es quien proyecta el encofrado, lo prepara y lo dispone en obra, con sencillez, economía y fácil ejecución.

Existe una gran variedad de escaleras, y una dificultad asociada a cada una; existen escaleras muy sencillas de encofrar, como las de tramos rectos para comunicar dos niveles la cual se observa en la Figura II.17, como también escaleras que requieren un complejo procedimiento de encofrado, como lo son las escaleras curvas con escalones compensados.

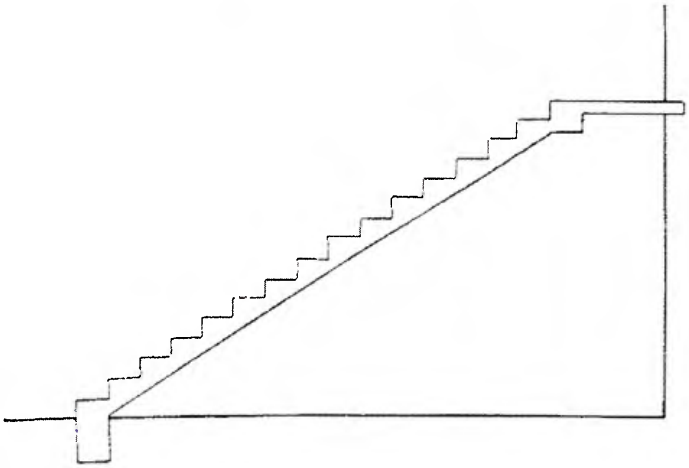


Figura II.17. Detallado de Escaleras de tramo recto.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

Para entender mejor cada tipo de escaleras, se dividirán en dos grandes grupos los cuales son: escaleras rectas y escaleras curvas.

II.7.1 ESCALERAS RECTAS

Este es el tipo de escaleras más sencillo, y su construcción se hace a partir de los planos, de manera de conocer sus características primordiales como número de peldaños, huella y contrahuella, espesor de losa, etc. Conocido esto se procede a realizar el encofrado, en el cual debemos darle soporte a la losa de la escalera, la cual va inclinada naturalmente y cuya pendiente se conoce como pendiente de escalera.

Como es común que estas escaleras no tengan grandes anchos, los tableros de losa cuyas tablas se colocan a lo ancho, van embarrotados con solo dos barrotes, los cuales descansan sobre los puntales que también van inclinados, de manera que formen un ángulo recto con dichos barrotes. En la Figura II.18 se puede detallar mejor esta descripción.

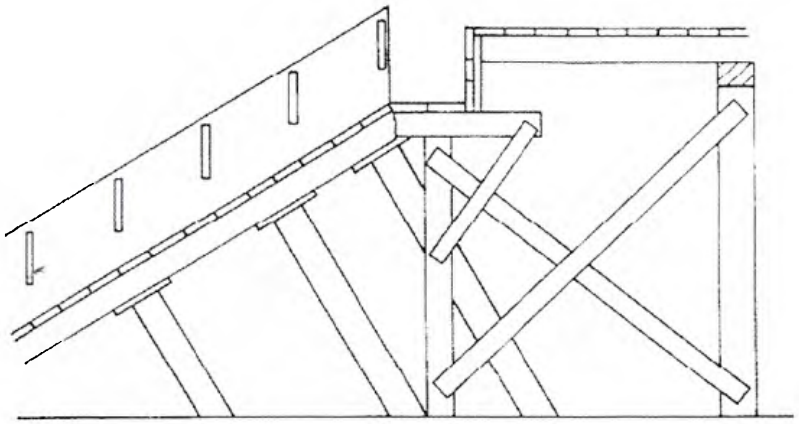


Figura II.18. Encofrado de Escaleras. Referencia: "Encofrados" de José Griñan

Una vez construido el soporte de la losa, se procede a su apuntalamiento. Lo ideal es colocar los puntales como se menciono anteriormente, es decir, que formen 90 grados con los barrotes, pero en caso de que no se pueda, se deben colocar con alguna inclinación y en última instancia se colocaran verticales.

Cuando dichos puntales se colocan inclinados, se le debe hacer un corte en ángulo al pie, de manera de tener mayor contacto con el suelo, y además se le debe colocar tras ellos una tabla clavada al suelo, para así impedir un posible desplazamiento y de esta manera asegurar el elemento.

Luego de apuntalado todo el soporte de la base se procede a encofrar los escalones. Este tablero lateral se formará con tablas dirigidas en el sentido de la pendiente como se muestra en la Figura II.19.

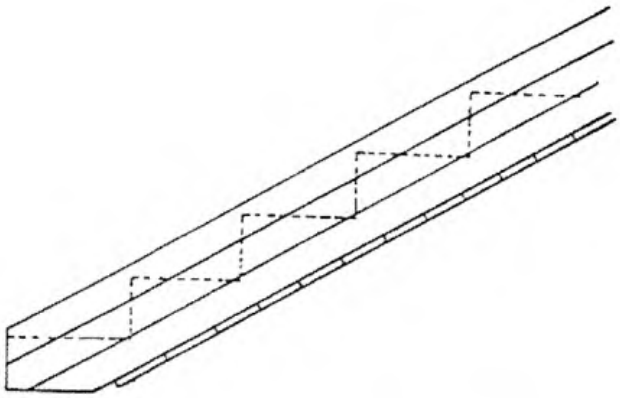


Figura II.19. Detallado del Encofrado Paralelo a las Escaleras.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

La altura de este tablero tiene que ser la necesaria para que apoyadas sobre el tablero de la losa sume el espesor de ésta mas la altura de la contrahuella. En la parte interior de este encofrado se colocan unas bridas, las cuales le darán forma a cada peldaño, y cuya distancia entre ellas será la longitud de la huella, la representación de dicho procedimiento se muestra en la Figura II.20.

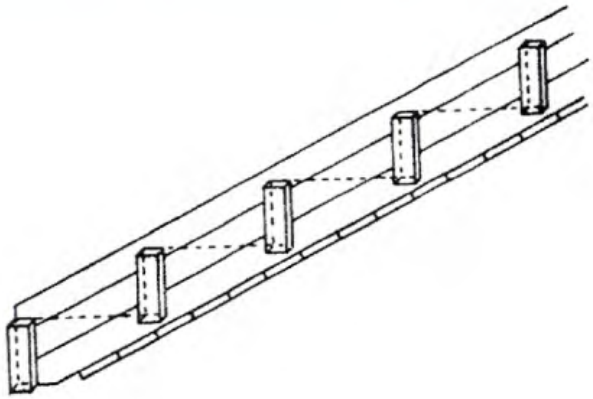


Figura II.20. Detallado de Bridas para Moldeo de Escalones.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

II.7.2 ESCALERAS CURVAS

Este tipo de escaleras surgen principalmente por el hecho de no disponer del espacio necesario para hacer un tramo recto, y es por ello que se incluyen las curvas para lograr el objetivo de estos elementos. Debido a esto los escalones ya no tendrán forma rectangular, sino que adoptarán una forma trapecial, de manera que la planta adopta un tramo semicircular como en mostrado en la Figura II.21.

Los escalones al tener forma trapecial, ya no tendrán una huella uniforme, es decir, tendrán mayor huella en el lado exterior y menor en su lado interior, y esto obliga a tener una variante a la hora del diseño, ya que debemos garantizar una correcta huella para el usuario, y es por esto que se decide colocar una "línea de huella", la cual es la línea imaginaria por donde se supone que debe caminar la persona, y es en esta línea donde se debe colocar una misma medida en todos los peldaños, esta línea de huella se puede observar en la Figura II.21.

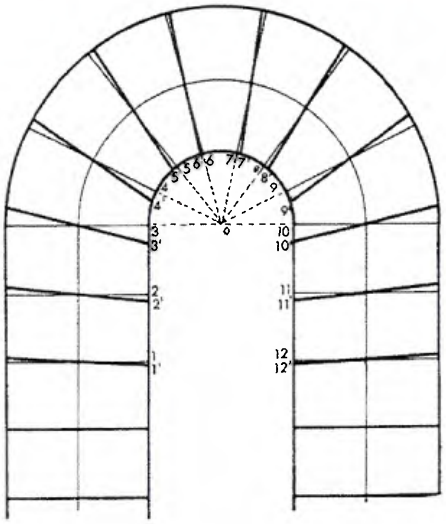


Figura II.21. Detallado de Escaleras Curvas.
Referencia: "Encofrados" de José Griñan

El procedimiento de encofrado es parecido al de las escaleras en tramos rectos, solo que esta vez se debe hacer un juego con las tablas de manera de garantizar que la curva adquiera la forma deseada. Por otra parte no hay variación en el apuntalamiento, el cual se debe tratar de colocar con los puntales perpendiculares a la losa.

II.8 – SITUACION ACTUAL EN VENEZUELA DE LOS ENCOFRADOS

En Venezuela actualmente se cuenta con una sola normativa acerca de la elaboración de los encofrados, tipo de elementos y tiempo de desencofrados; la misma es la COVENIN 2244-91. Encofrados y Requisitos de Seguridad, aprobada en 1991, desde entonces no ha tenido ninguna modificación.

Hoy en día existen muchos problemas con los encofrados debido a que las construcciones ameritan una mayor rapidez de elaboración y los diseños que están predominando son por las grandes luces, mayores alturas entre pisos y volados de dimensiones considerables, por lo cual se requiere de nuevas técnicas, nuevos requisitos para los encofrados y tiempos de desencofrados. Como se comentó anteriormente en Venezuela los

encargados de la elaboración de los encofrados de madera son los maestros de obra y/o carpinteros, que solo se rigen por la experiencia que el campo laboral les ha ofrecido, lo cual no debería ser porque los subsistemas temporales de soportes son básicamente una estructura la cual estará sometida a unos esfuerzos y la misma debería estar diseñada para soportarlos, es por ellos que las personas encargadas de ejecutar una obra se cercioren de que el encofrado de madera sea bien diseñado.

Con lo que respecta a los encofrados metálicos se tiene una gama alta de empresas que laboran en el país con grandes experiencias nacionales e internacionales en los diversos tipos de sistemas que ofrecen. A continuación se nombraran algunas de las empresas con mayor renombre en Venezuela, y algunas de ellas ofrecieron ayuda con información, catálogos, folletos e indicaciones técnicas para esta investigación, algunos de los mismos se pueden encontrar en el anexo 3:

- Empresas con sede en el país

  - FICS, una Empresa Venezolana que laboran en desde el año 1975 en el País.
  - ANDAMIOS DALMINE, S.A Fue fundada en 1947 por la PONTEGGI DALMINE, Empresa líder en su ramo en Italia. adquirida en 1998 por DESICA con 100% del Capital Venezolano.
  - EFCO DE VENEZUELA, C.A Empresa Internacional, cuenta con plantas en los Estados Unidos, Canadá y Venezuela, y oficinas de ventas en casi todo el Mundo.

- Empresas Internacionales

  - FORSA, Empresa Colombiana.
  - KWIKFORM, S.A Empresa Europea con sede en Caracas, Venezuela.
  - ALUMA SYSTEMS

Todas las empresas mencionadas anteriormente ofrecen diversos tipos de encofrados metálicos entre los cuales se pueden mencionar: mesas metálicas, encofrados deslizantes, encofrados tipo túnel, paneles metálicos, los cuales se van a describir posteriormente.

Para los encofrados de madera se pueden conseguir los diversos elementos en los aserraderos, pero el costo hoy en día es elevado, el cual puede ser 15.000 Bs/m^3

Hay que realizar un estudio de mercado y las necesidades de la empresa para poder seleccionar el tipo de encofrado, debido a que si es una obra medianamente pequeña no ameritaría el costo inicial que implican los encofrados metálicos, pero si las dimensiones, el tamaño y las cantidades de reúso son significativas si es conveniente utilizar otro tipo de encofrado mas automatizado, con un mejor acabado y que ofrecen una mayor seguridad ante la realización de la obra.

Por lo que se ha descrito anteriormente se puede decir que los encofrados son de gran importancia, debido a que si se diseñan correctamente el encofrado y se respetan los tiempo de desencofrado, se puede garantizar una estructura que podrá soportar las cargas a las cuales pueda estar sometida y para lo cual fue diseñada.

Se van a describir a continuación cada uno de los tipos de encofrado y en el Anexos 2 podrán consultar algunos de los catálogos y folletos facilitados por varias de las empresas antes mencionadas.

II.9 – SISTEMAS DE ENCOFRADOS

Seleccionar el tipo de encofrado es de vital importancia cuando se está proyectando una obra que se realizará en concreto armado, debido a que dependiendo del diseño estructural de la obra, un sistema de encofrado puede adaptarse mejor que otro y con esto se tiene un mejor ahorro de dinero y tiempo.

A continuación se van a describir los sistemas de encofrados más usados en Venezuela, y con los cuales se realizan los cálculos y diseños en este Trabajo Especial de Grado.

II.9.1. SISTEMAS DE ENCOFRADOS DE MADERA

Este sistema de encofrado es el más utilizado en Venezuela hoy en día, debido a que como son los maestros de obra y/o carpinteros quienes lo realizan, se disminuyen de esta manera el costo que genera diseñar estos sistemas, lo cual es el interés fundamental de la constructora encargada de ejecutar el proyecto.

En los últimos 5 años se han presentado numerosos problemas, debido a que no existe una adecuada supervisión, ya que dichos encofrados no se diseñan eficazmente para las cargas a las cuales se verá sometido el elemento de soporte durante el vaciado y posterior fraguado, además de que no se usa el tipo de madera que se indican en la norma Venezolana (Anexo 1).

En la Figura II.22 se muestra un esquema del encofrado de madera, donde se pueden observar los puntales, arriostramiento, cepos, traviesas, encofrado de vigas, columnas entre otros elementos que conforman este sistema.

Figura II.22. Esquema de Encofrado de Madera.

II.9.1.1 REQUISITOS

En la norma venezolana 2244-91, artículo 6, pág. 9 (Anexo 1) se establecen unas características particulares que se deben cumplir para un buen encofrado:

- La madera debe ser de una blanda consistencia, permitiendo de esta manera el fácil clavado sin que se raje.
- Los tableros no deben deformarse sufriendo torcedura, se deben conservar húmedos para evitar que se doblen, debido al hinchamiento que se producirá al vaciar el concreto.
- Los cuartones deben ser de madera más resistente que las tablas por la función que estos desempeñan y no deben conservar humedad.
- Las Viguetas por ser piezas destinadas a puntales, deben ser de madera dura.

II.9.1.2 - TIPOS DE MADERAS ESTABLECIDAS EN LA NORMA VENEZOLANA

En la norma venezolana COVENIN 2244-91 articulo 5, pág. 8, se establecen los diferentes tipos de maderas a utilizar para los encofrados.

- Saqui – Saqui (ceiba): Es un tipo de madera fina y sin repelo, de fibra larga regularmente abierta la cual la hace ser blanda. Conserva gran cantidad de humedad en su interior, lo que evita que al recibir la humedad del concreto se deforme y pueda aprovecharse varias veces. Esta madera reúne todas las condiciones requeridas para tableros y todo tipo de formaletas. Este tipo de madera actualmente se encuentra prohibida por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.
- Moreillo (Aurora o Aurora rosada): Es una madera semidura de fibras regularmente compactas. Se utiliza para guías, parales, largueros, tornapuntas y otros. No se recomienda utilizar en tablas, ya que se dificulta el clavado y tiende a rajarse y torcerse

fácilmente. Esta madera es la más usada en el País para la realización de cuartones y puntales

- Mangle: Es una madera muy dura y con gran contracción. Se utiliza para puntales.

II.9.1.3 – VENTAJAS

- Facilidad de manejo, debido a que su peso es relativamente bajo.
- Debido a su gran capacidad de adaptabilidad, se pueden construir diversas formas arquitectónicas.
- Es reutilizable si se conserva adecuadamente.
- La madera presenta una alta resistencia con relación a su peso.
- Si el encofrado presenta partes deterioradas, pueden ser reemplazadas con facilidad.

II.9.1.4 – DESVENTAJAS

- Generan un alto grado de inseguridad, debido a la gran cantidad de puntales que colocan.
- Las maderas que se indicaron en el punto II.8.1.2 tienen un alto costo en el mercado hoy en día.
- El tiempo que se requiere para encofrar los elementos de concreto armado son prolongados si lo comparamos con otros sistemas para encofrar.

II.9.2 – SISTEMAS DE ENCOFRADOS METÁLICOS

Estos tipos de encofrados están formados por un cierto número de piezas rígidas, las mismas sólo se adaptan a una forma específica, debido a esto están muy limitados a las múltiples formas a resultar de un mismo elemento o tablero, en comparación con los elementos de madera.

En el encofrado metálico cada una de las piezas sólo sirve para un cierto molde para el cuál fue diseñado, no se puede usar en otro elemento a menos en casos excepcionales.

II.9.2.1 – VENTAJAS

- Estos encofrados son de uso prácticamente ilimitado, ya que, si se mantiene adecuadamente no va a presentar deterioros significativos.
- El acabado que ellos usualmente dejan es liso.
- Mayor facilidad para encofrar y desencofrar los elementos.

II.9.2.2 – DESVENTAJAS

- El peso es muy elevado y por eso se requiere el uso de aparatos como grúa para su traslado.
- No es adaptable a diversas dimensiones y formas, lo cual es una gran ventaja para los encofrados de madera.

II.9.3 – SISTEMA DE ENCOFRADOS BASADO EN PANELES METALICOS

Este sistema como su nombre lo indica está conformado por paneles los cuales se unen entre sí por medio de pernos. Está conformado por piezas similares que el de madera, pero con la diferencia que en este encofrado son realizadas en metal.

El Ingeniero proyectista que desee utilizar este tipo de sistema deberá consultar a las empresas encargadas mencionadas en el punto II.8, cuales son las medidas que tienen de los encofrados, debido a que es más económico alquilar los elementos que ya existen, que mandar

a hacerlos bajo las medidas que se requieran en ese proyecto, que luego para poder reutilizar el próximo proyecto tiene que basarse en las medidas del que ya se realizó.

Bajo la utilización de este sistema se pueden encofrar con mayor rapidez las columnas rectangulares y circulares, vigas, muros, silos, losas, entre otros elementos más complejos que se puedan realizar bajo pedido. El modo de ensamblaje es fácil, ya que solo hay que unir con pernos los elementos hasta conseguir la forma deseada.

En la Figura II.23 se índica un esquema de como es un encofrado basado en los paneles metálicos.

Figura II.23. Detalle de Encofrado de Paneles Metálicos.

II.9.3.1 - VENTAJAS

- Tienen grandes resistencias, permitiendo así un gran número de reúsos sin deterioros significativos, si se tienen las precauciones mínimas y mantenimiento de los mismos.
- Debido a su fácil manejo, permite encofrar las superficies y con una mayor rapidez.
- Una gran ventaja es que estos encofrados se arman una sola vez y si el proyecto es el mismo en cada nivel, solo lo suben y se vuelve a utilizar sin ser desarmado.

- Según el sistema de EFCO existen algunos sistemas de paneles manuales, los cuales permiten que una sola persona lleve a cabo el montaje, sin requerir a un compañero para realizar este trabajo.
- No requieren soportes en madera

II.9.3.2 – DESVENTAJAS

- Si el encofrado no se va a reutilizar en la construcción, esto no es conveniente, ya que resultaría muy costoso.
- Si se desean ejecutar estructuras poco típicas hay que realizar la construcciones de los paneles y resultaría un incremento notable en el costo.

II.9.4 – SISTEMA DE ENCOFRADOS DE MESA

Están compuestos por una plataforma de metal o madera, el cuál permitirá transmitir las cargas al piso, un carro y pies telescópicos roscados, para poder movilizar el encofrado y nivelarlo. Algunas de las mesas pueden requerir un marco para arriostrar si se desea utilizar para grandes alturas. Se pueden utilizar cabezales oscilantes para poder inclinar la superficie de la mesa, esto reduce la capacidad de soporte de los postes que sostienen el sistema.

Una gran ventaja de este sistema es que pueden ser movilizadas de un vaciado a otro sin necesidad de desarmar y volver a armar, pero hace falta el uso de una grúa para tal fin.

Se utiliza únicamente para encofrar losas macizas. En la Figura II.24 se indica este tipo de encofrado.

La Empresa EFCO de Venezuela ofrece un tipo de mesa de cabeza oscilante el cual se muestra en la Figura II.25

Figura II.24. Encofrado Tipo Mesa.

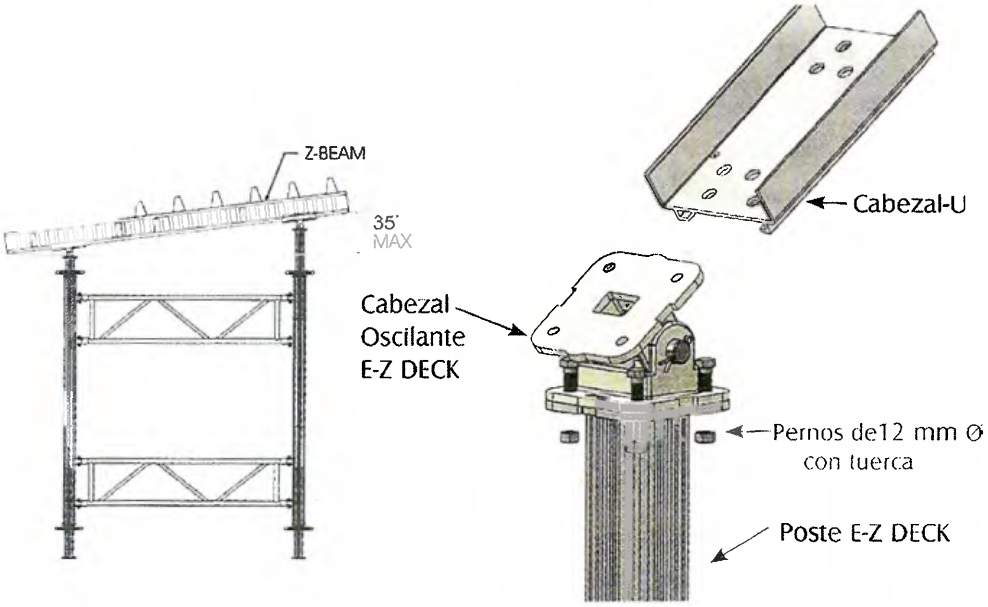


Figura II.25. Detalle de Encofrado de Mesa Inclinada. Referencia: EFCO de Venezuela

II.9.5 – SISTEMA DE ENCOFRADOS DESLIZANTES

La técnica de encofrados deslizantes es aplicable a la construcción de obras esbeltas de concreto armado, en las que se encuentran pilas de puentes, silos, tanques de almacenamiento, entre otras, con la particularidad de que a diferencia de los sistemas convencionales de construcción donde las actividades de armado del acero, encofrado y vaciado de concreto son secuenciales, en este sistema se consigue adaptar un método el cual logra realizar estos tres pasos de forma continua y solidaria.

Dichos encofrados se van desplazando de forma continua hacia la dirección deseada para dejar espacio a la nueva mezcla a ser vertida. Al ser un desplazamiento continuo, este método se realiza sin esperar que el concreto termine de fraguar, para ello se debe realizar un estudio de cuál debe ser la velocidad de ascenso, de manera que el tipo de concreto vaciado pueda alcanzar un endurecimiento para soportarse por sí solo. La velocidad de dichos encofrados varía entre 5 y 25 cm/hora y se debe adaptar a la velocidad de fraguado la cual suele estar entre 3 y 10 horas en función de los requerimientos de la obra.

Los paneles del encofrado usualmente están entre 1 y 2 metros de altura, y para ascender todo este sistema de utilizan unos gatos hidráulicos los cuales se apoyas en unos tubos que le sirven de guía y los cuales quedan empotrados en el elemento que se está vaciando. Por debajo de la plataforma donde se encuentra todo el sistema deslizante, se encuentra una plataforma secundaria a unos 3 metros aproximadamente, y en la cual se encuentra un personal encargado de controlar la calidad del concreto, de realizar eventuales arreglos y de perfeccionar la superficie a la salida del encofrado.

En la siguiente Figura II.26 se muestra una construcción utilizando el método de encofrados deslizantes.

Figura II.26. Construcción utilizando Encofrados Deslizantes.

II.9.5.1 – VENTAJAS

Este sistema de encofrados posee una serie de ventajas a la hora de construir los elementos antes mencionados, y algunas de las cuales son las siguientes:

- Rapidez de construcción; ya que se hace un vaciado continuo, y al ser un solo encofrado el que va ascendiendo se disminuyen los tiempos de montaje y desmontaje de dichos elementos.
- Economía de medios auxiliares; debido a que no se necesitan andamios o puntales extras a los que posee la plataforma deslizante. También a que con un solo juego de encofrados se puede construir toda la estructura, independientemente de su altura.
- Economía de mano de obra; ya que se realiza el encofrado una sola vez, y no hay que montar y desmontar repetidamente en cada nivel como se hace con los sistemas convencionales.

II.9.5.2 – DESVENTAJAS

Por otra parte estos sistemas presentan algunas desventajas, entre algunas de ellas se encuentran las siguientes:

- No son utilizables en caso de estructuras de poca altura, además que existe una restricción importante en diseños arquitectónicos, debido a que la estructura por lo general debe estar compuesta por muros de concreto armado continuos en su altura, sin presentar elementos salientes.
- Se debe disponer del personal necesario para cumplir cada turno, de manera de realizar la construcción continuamente.
- Se debe contar con un personal calificado, tanto ingenieros como obreros, de manera de garantizar el buen desempeño de este método constructivo.
- Existe un riesgo mayor en el control de la verticalidad de la estructura, porque si no se realiza continuamente la medición y corrección adecuada, puede ser difícil de controlar lo que puede llevar a un desplome.

II.9.6 – SISTEMA DE ENCOFRADOS TIPO TUNEL

El encofrado tipo túnel es un sistema industrializado el cual se utiliza para realizar construcciones mediante muros y losas de concreto armado. Estos encofrados están formados por paneles generalmente metálicos, los cuales forma una "U" invertida que puede ser uniendo dos paneles en forma de "L" invertida, y los cuales producen al unirlos un túnel, y por ello se debe su nombre.

Dichos paneles no son usados como los tradicionales para columnas y vigas, sino que con este método se construye toda la estructura mediante muros de concreto armado los cuales

forman las paredes, y losas macizas, para lo cual se colocan estos encofrados y luego se procede a realizar un vaciado general de todo el nivel. Este sistema permite construir estructuras con luces hasta de 5 metros entre muros.

Los paneles que forman este encofrado son articulados de manera de poder plegarlos a la hora de realizar el desencofrado. En la Figura II.27 podemos observar estos elementos.

Figura II.27. Encofrado tipo Túnel.

II.9.6.1 – VENTAJAS

- Es un sistema que constructivamente es rápido de ejecutar, ya que se utilizan encofrados de acero con forma de "U Invertida" que dispuestos en el sitio permiten vaciar los muros y las losas de manera simultánea.

- Por el tipo de encofrado, el sistema permite que se construyan varios edificios simultáneamente, ya que mientras un edificio se va desencofrando, se puede ir encofrando el otro y así cumplir con los tiempos de fraguado del concreto.

- Comparado a un sistema aporticado tradicional, el sistema Tipo Túnel puede costar mucho menos. Además de su rápida ejecución, el hecho de ya tener muros permite un ahorro en costos en la construcción de las paredes de bloques y el friso de las mismas.

- Termina siendo una estructura mucho más liviana que el sistema aporticado, y gracias a su rigidez lateral se pueden llegar a construir edificios de más de 30 pisos de altura.

II.9.6.2 – DESVENTAJAS

- Estos encofrados limitan un poco su uso, debido a que se requiere la disposición de grandes cantidades dependiendo de las luces que posea la estructura.

- Requieren gran mantenimiento y un amplio deposito donde almacenarlos mientras no se usan

- Por la continuidad de los muros en toda su longitud, existirán grandes limitaciones en cuanto a la distribución de los espacios internos de cada planta, por lo que su uso principal es de viviendas multifamiliares y hoteles.

II.10 – DESENCOFRADO DE LAS ESTRUCTURAS

II.10.1 GENERALIDADES

En este procedimiento es donde se retiran todos aquellos elementos utilizados temporalmente para confeccionar el concreto y darle soporte mientras adquiría su resistencia después del fraguado para soportarse por sí solo. Dicho procedimiento es de gran importancia

debido a que se debe realizar a un tiempo tal que el concreto, una vez retirado el encofrado, no presente problemas como flechas significativas, ocasionando grietas, las cuales causan rechazo en las personas.

Para evitar los problemas antes mencionados, lo correcto es hacerle pruebas al concreto mediante los ensayos de cilindros en el laboratorio, de manera de verificar que el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria. Este ensayo no siempre guarda relación exacta con el comportamiento del concreto en obra, porque se debe mencionar que dichos cilindros están en condiciones ideales, mientras que en obra no sucede esto.

Al momento de ensayar los cilindros, éstos deben indicar que el concreto esta alrededor del 70% de su resistencia de diseño, de manera de tener capacidad de soportar su propio peso, ya que en esta etapa aun no se encuentran todas las cargas de diseño actuando, y es por ello que basta con llegar a dicho porcentaje para realizar el desencofrado de elementos sometidos a flexión, mientras que en el caso de elementos sometidos a fuerza axial como es el caso de las columnas, este tiempo se puede reducir.

Como se acaba de mencionar, los cilindros no guardan mucha relación con lo que sucede realmente en obra con el concreto vaciado, y es por ello que se han adoptado otros métodos para conocer realmente la resistencia de concreto al momento de tomar decisiones en cuanto al estado de la estructura, en caso de no obtener la resistencia necesaria, y entre los cuales se encuentra la extracción de núcleos, la cual se considera la prueba más concluyente para determinar la resistencia real del concreto ya fraguado.

Esta prueba consiste en la extracción de cilindros de concreto de los elementos ya fraguados a los cuales se le va a medir su resistencia, y el procedimiento se hace mediante el uso de una broca cilíndrica hueca en cuyo extremo posee incrustaciones de diamantes muy finos, los cuales mediante abrasión desgastan el concreto, hasta obtener un cilindros al cual se le mide su resistencia mediante el ensayo de compresión en laboratorio, y el cual nos arroja

con mayor exactitud la resistencia que posee el elemento ya vaciado. La desventaja de este método es el costo, el cual es elevado debido al equipo necesario para realizar la extracción, lo que hace que se utilice únicamente cuando existen problemas en un elemento vaciado y se desea saber si amerita su demolición.

II.10.2 – REQUISITOS DEL DESENCOFRADO

Existe una serie de condiciones a tener en cuenta al momento de realizar un desencofrado, las cuales se deben cumplir para garantizar un buen funcionamiento de la superestructura, la cual no presente problemas o se vea en riesgo debido a un error en este procedimiento. Entre estas condiciones tenemos lo siguiente:

- El procedimiento se debe realizar con el mayor cuidado para no deteriorar los moldes, evitando violentas sacudidas.
- Al realizar el desencofrado se deben dejar en el centro de las luces algunos "puntales de seguridad", los cuales deben permanecer durante 8 días para obras convencionales.
- En losas de más de 3 metros de luz, se debe dejar un puntal de seguridad en el centro de la losa, y a partir de éste se dejaran puntales a una distancia máxima de 3 metros entre sí.
- En vigas de menos de 3 metros de luz, se debe dejar un puntal de seguridad en el centro de la misma.
- En vigas de más de 3 metros de luz se deberá usar el número de puntales de seguridad señalado en la siguiente tabla.
- Se debe utilizar un lubricante al momento de encofrar, de manera que al retirar los moldes se puede hacer fácilmente, sin deteriorar tanto el elemento vaciado como el mismo molde.

Tabla N° II.1: Número de puntales de seguridad para vigas.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

Luz de viga (metros)	Numero de puntales de seguridad
3 a 6	2
6 a 8	3
8 a 10	4

II.10.3 - TIEMPOS MINIMOS PARA DESENCOFRAR

Es de gran importancia conocer el tiempo exacto al cual se puede realizar el desencofrado, para lo cual, lo ideal es hacerle las pruebas necesarias y mencionadas anteriormente al concreto, a fin de determinar este parámetro fundamental. Como en el país no siempre se hacen tales estudios, la norma venezolana COVENIN 2244-91 articulo 6, pág. 16 ha establecido unos tiempos mínimos para el retiro de los encofrados, y los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° II.2: Tiempos mínimos para desencofrar.
Referencia: Norma COVENIN 2244-91

Clase de cemento	Costados de vigas, pilares y muros	Losas con luz igual o menor a 3 metros	Losas con luz mayor a 3 metros pero menor a 5 metros y vigas con luces menor o igual a 6 metros	Losas con luz mayor a 5 metros y vigas con luz mayor a 6 metros
Portland	2 días	6 días	12 días	Longitud X 2.50 días
De alta resistencia	1 día	2 días	6 días	Longitud X 1.10 días

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

III.1 - TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se puede catalogar de la siguiente manera:

III.1.1 - INVESTIGACIÓN DE TIPO DOCUMENTAL.

Este trabajo especial de grado se cataloga como documental, debido a que está basado en un marco teórico conceptual para formar un cuerpo de ideas sobre el tema que se desea estudiar, siendo en este caso los ENCOFRADOS. Además de esto recopila una serie de información de diferentes fuentes para crear ciertos parámetros, que tengan un alto grado de aplicabilidad, ante la situación actual de este tema en el País.

III.1.2 - INVESTIGACIÓN DE TIPO EXPLORATORIA.

Además de catalogarla como documental, es de gran importancia destacar que se considera como exploratoria, debido a que la información con la que cuenta el país sobre este tema es muy escasa, lo que produjo que se realizara una búsqueda detallada, para lo cual fue necesario consultar Normas de otros Países, a manera de tener ciertas bases de criterios al momento de calcular y diseñar los encofrados.

III.2 - PROCEDIMIENTO

Al momento de realizar este Trabajo especial de Grado, por ser de tipo documental, el procedimiento de investigación se basó en realizar una búsqueda mediante diferentes fuentes bibliográficas, entre las cuales se destaca la Norma ACI-347, el libro "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino" y una serie de textos de diferentes Países, los cuales presentan grandiosa información para el diseño de estos elementos, además de otorgar la mayor parte de los criterios en los cuales se basan los cálculos establecidos en esta investigación.

Además de contar con la información de estas fuentes bibliográficas, el Ing. José Manuel Velásquez nos brindó, gracias a su amplia experiencia en el campo laboral que ha adquirido a lo largo de su prestigiosa carrera profesional, una serie de criterios que sirvieron de complemento a lo establecido en las Normas, para la realización de los cálculos.

Luego de efectuados los cálculos, se procede a realizar una serie de comparaciones entre los valores obtenidos, de manera de aportar valiosas conclusiones y recomendaciones de gran aplicabilidad en el campo laboral, tanto para carpinteros y maestros de obras, como para Ingenieros Civiles.

CAPITULO IV

DISEÑO DE ENCOFRADOS

IV.1 - CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación se van describir los criterios que serán utilizados en este capítulo para el diseño de cada uno de los subsistemas temporales de soporte.

Para los cálculos de los encofrados de madera se tomarán las tensiones admisibles establecidas para el tipo "C" (Manual Andino, capítulo 7, pág. 7-4), en las cuales se encuentra el Mureillo (Aurora), madera utilizada por los diferentes aserraderos en el País, en dicho manual, capítulo 3, pág. 3-24, también se pueden ver por países el nombre de las maderas y dentro de que tipo se encuentran catalogadas. Dichas tensiones admisibles son las siguientes:

- Tensión admisible para flexión (σ) = 75 Kg / cm^2
- Tensión admisible para corte (t) = 8 Kg / cm^2
- Módulo de Elasticidad (E) = 55000 Kg / cm^2

Estos valores serán tomados tanto para el diseño de los cuartones como para el de los puntales

El peso específico del concreto para losas se tomará 2400 Kg / m^3 para el caso de vigas 2500 Kg / m^3 y columnas se utilizará 2200 Kg / m^3, el peso propio de la madera para el encofrado se despreciaran debido a que es muy pequeño comparado con el peso del concreto que tendrá q soportar el subsistema temporal.

La flecha máxima permitida en los cálculos será de L/200. Estos cálculos de los encofrados se basarán en la Teoría Elástica, donde la carga será proporcional a las deformaciones.

Se tomara un valor de 100 Kg / m^2 como carga variable que actúa sobre el encofrado (personal y equipos utilizados), y un factor de impacto de 1.30, recomendada por el Ing. José Manuel Velásquez.

IV.2 - DISEÑO DEL ENCOFRADO DE MADERA PARA LOSAS

IV.2.1 - NOTACIÓN

σ = Tensión admisible para flexión de la madera (Kg/cm^2)

t = Tensión admisible para corte de la madera (Kg/cm^2)

E = Modulo de Elasticidad de la madera (Kg/cm^2)

Wm = Carga por metro incrementada con el factor de impacto (Kg/m)

D = Espesor de la madera (cm)

B = Ancho de la sección (cm)

L = Separación entre las cuartones (mts)

Lp = Separación entre los puntales (mts)

I = Inercia de la sección (cm^4)

C.V = Carga Viva (kg/m^2)

F.I = Factor de Impacto

IV.2.2 – CALCULO DE LA SEPARACIÓN ENTRE LOS CUARTONES

En este punto se van a describir las fórmulas a utilizar, pero se realizarán los cálculos sugerido por el Ing. José Manuel Velásquez solo para los tipos de losas macizas de 15 cms, 20 cms y 25 cms de espesor, losas nervadas en una dirección de 20 cms, 25 cms y 30 cms de espesor con peso propio de 270, 310 y 360 Kg/m^2 respectivamente, y losa reticular típica mostrada en la Figura IV.1, con un peso propio de 275 Kg/m^2.

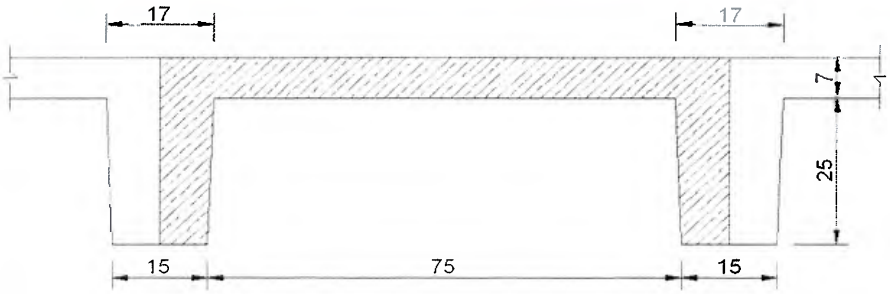


Figura IV.1. Losa Reticular Típica

En la Figura IV.2 y IV.3 se muestra el esquema típico de un encofrado y en las mismas se pueden detallar las partes que serán estudiadas en este capítulo, este tipo de encofrado será evaluado para los efectos de flexión, corte y flecha, considerándolo como una viga que soportará una carga uniformemente distribuida a todo lo largo y ancho de la misma.

A continuación se establecerán las fórmulas utilizadas para evaluar los efectos antes indicados.

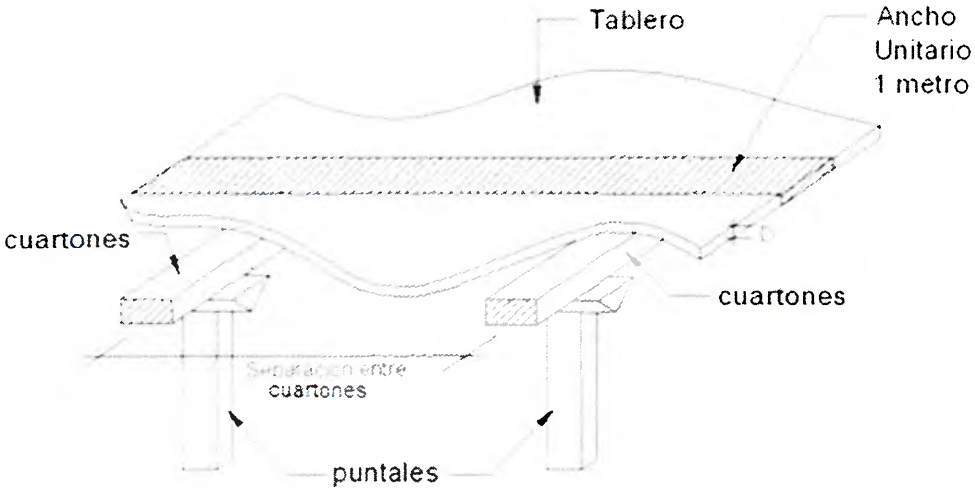


Figura IV.2. Esquema Básico de un Tablero para Encofrar Losas.

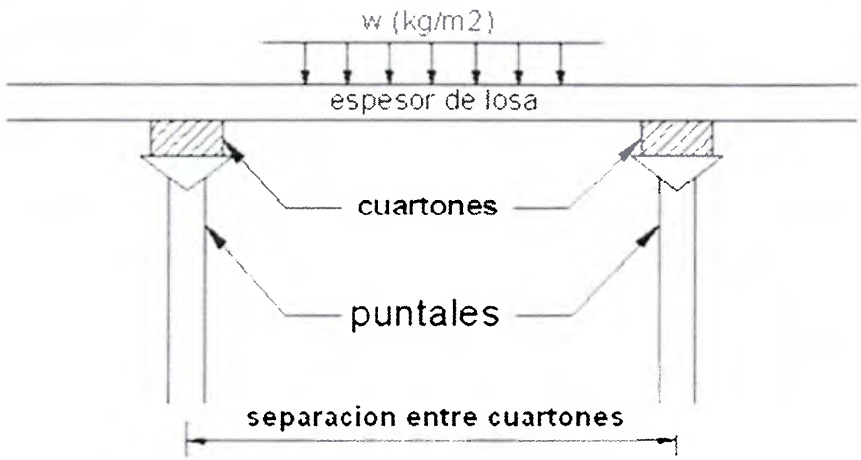


Figura IV.3. Detalle de puntales, cuartones, losa y la carga distribuida.

IV.2.2.1 – CAPACIDAD A FLEXIÓN

En la Figura IV.4 se muestra el esquema de cómo es el momento al cual estará trabajando el encofrado. El momento máximo a utilizar será:

$$M\ (máx.) = (Wm \times L^2) / 10 \qquad (4.1)$$

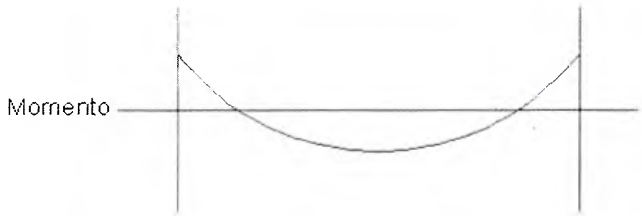


Figura IV.4. Diagrama de Momento del Encofrado

La Capacidad Resistente (Figura IV.5) será expresada bajo la siguiente Fórmula:

$$\sigma\ (adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\ (adm) * S \qquad (4.2)$$

Siendo S el modulo de sección: $S = (B \times D^2) / 6$ (4.3)

$$\sigma\ (adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\ (adm) * (B \times D^2) / 6 \qquad (4.4.1)$$

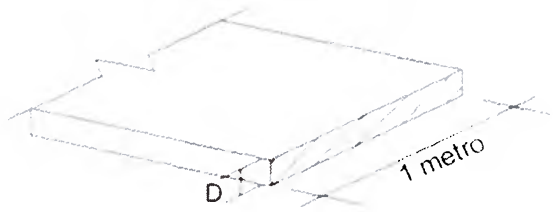


Figura IV.5. Esquema del Entablado

Igualando las Ecuaciones 4.1 y 4.4.1 antes expresadas se obtiene la Fórmula que a utilizar para el cálculo de la separación de los cuartones para el efecto de flexión:

$$L = \sqrt{\frac{B\ x\ 10\ x\ \sigma\ x\ D^2}{6\ x\ Wm}} = 0{,}1291\ \sqrt{\frac{B\ x\ \sigma\ x\ D^2}{Wm}} \quad \text{(mts)} \qquad (4.4)$$

IV.2.2.2 – CAPACIDAD A CORTE

El corte máximo será:

$$V\ (máx.) = (\ 5 \times Wm \times L\ ) / 8 \qquad (4.5)$$

La capacidad resistente a corte:

$$V = (\ 2\ \tau\ B\ D\ ) / 3 \qquad (4.6)$$

Igualando las Ecuaciones 4.5 y 4.6 antes expresadas se obtiene la Fórmula a utilizar para el cálculo de la separación de los cuartones para el efecto de corte:

$$L = \frac{16\ x\ t\ x\ B\ x\ D}{15\ x\ Wm} = 1{,}067\ \frac{t\ x\ B\ x\ D}{Wm}\ \text{(mts)} \qquad (4.7)$$

IV.2.2.3 – FLECHA

En este caso las Fórmulas a utilizar fueron suministradas por el Ing. José Manuel Velásquez, las mismas son las siguientes:

La flecha actuante será:

$$Y\ \text{máx.} = 0{,}0051\ x\ \frac{Wm\ x\ L^4}{E\ x\ I} \qquad (4.8)$$

La flecha máxima permitida será de: Y máx. ≤ L / 200 (4.9)

Igualando las ecuaciones antes expresadas se obtiene la Fórmula a utilizar para el cálculo de la separación de las carreras para el efecto de flecha:

$$L = \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ Wm}} = 0{,}0461\ \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{Wm}}\ \text{(mts)} \qquad (4.10)$$

IV.2.2.4 – SEPARACIÓN DE LOS CUARTONES (L)

Luego de haber obtenido cada una de las separaciones debido a la capacidad de flexión, corte y la flecha, se comparan y se toma como separación de los cuartones el menor valor entre los tres (3) efectos.

A continuación se presentan los resultados arrojados por los cálculos realizados para las diferentes losas indicadas en el punto IV.2.2 y para diferentes espesores de madera del tablero (2,5 y 3 cms)

TABLA IV.1 Separación de cuartones losas macizas para espesor de la madera 2,5 cms

Losas Macizas para D = 2,5 cms			
	Espesor de losas (cms)		
	15	20	25
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,05	0,98	0,92

TABLA IV.2 Separación de cuartones losas macizas para espesor de la madera 3 cms

Losas Macizas para D = 3 cms			
	Espesor de losas (cms)		
	15	20	25
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,27	1,17	1,10

TABLA IV.3 Separación de cuartones losas nervadas para espesor de la madera 2,5 cms

Losas Nervada para D = 2,5 cms			
	Espesor de losas (cms)		
	20	25	30
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,13	1,10	1,05

TABLA IV.4 Separación de cuartones losas nervadas para espesor de la madera 3 cms

Losas Nervada para D = 3 cms			
	Espesor de losas (cms)		
	20	25	30
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,36	1,32	1,27

TABLA IV.5 Separación de cuartones losa reticular para espesor de la madera 2,5 cms

Losas Nervada para D = 2,5 cms	
	Losa Típica
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,13

TABLA IV.6 Separación de cuartones losa reticular para espesor de la madera 3 cms

Losas Nervada para D = 3 cms	
	Losa Típica
Separación de los Cuartones por efecto de Flecha (mts)	1,36

IV.3 – DISEÑO DE PUNTALES

IV.3.1 – NOTACIÓN

Fc = Tensión admisible a compresión paralela a la fibra de la madera (Kg/cm^2)

A = Área transversal del puntal

E = Modulo de Elasticidad de la madera (Kg/cm^2)

Wm = Carga por metro incrementada con el factor de impacto (Kg/m^2)

b = Ancho de la sección (cm)

h = largo de la sección (cm)

Lp = Separación entre los puntales (mts)

λ = relación de esbeltez

Lef = longitud efectiva del puntal

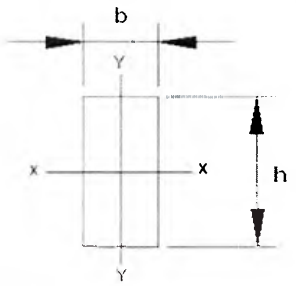
Nadm = carga admisible del puntal

IV.3.2 – CAPACIDAD DEL PUNTAL

Los puntales son de gran importancia ya que soportan todo el peso del encofrado junto con el concreto, por lo que es de gran importancia realizar un buen cálculo de su capacidad, la cual puede verse afectada por los siguientes factores:

- Tensión admisible a compresión paralela a la fibra de la madera
- Área transversal del puntal
- Relación de esbeltez

Para el cálculo de la capacidad de los puntales, específicamente los de maderas, se utilizarón elementos de sección rectangular de 5 x 10 cms, los cuales son usados con mayor frecuencia actualmente. Estos puntales presentan la siguiente geometría:



$\lambda x = Lef / h$

$\lambda x = Lef / b$

Figura IV.6. Sección transversal del Puntal y su Esbeltez.

Una vez obtenida la esbeltez de la columna se puede realizar una clasificación, en la cual obtenemos columnas cortas, intermedias y largas. Cada una de estas columnas presenta una ecuación diferente para obtener el valor de su capacidad de soporte, los cuales se detallan a continuación:

- En columnas cortas donde $\lambda < 10$, se observa una falla por compresión o aplastamiento, y su carga admisible se puede calcular de la siguiente manera:

$$Nadm = Fc \times A \qquad (4.11)$$

- Las columnas intermedias donde ocurre que $10 < \lambda < Ck$, tienen fallas por combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo), y su carga admisible se calcula como:

$$\text{Nadm} = \text{Fc x A x} \left(1 - \frac{1}{3}\left(\frac{\lambda}{Ck}\right)^4\right) \tag{4.12}$$

Dónde:

$$\text{Ck} = 0{,}7025 \text{ x} \sqrt{\frac{E}{Fc}} \tag{4.13}$$

- Las columnas largas que es donde se produce Ck < λ < 50, se determina la carga admisible por consideraciones de estabilidad y se calcula como:

$$\text{Nadm} = 0{,}329 \text{ x} \frac{E \; x \; A}{\lambda^2} \tag{4.14}$$

Según la información obtenida del Manual de Diseño para Maderas del grupo Andino, no se recomienda una relación de esbeltez mayor a 50, pero debido a que en el país la mayoría de distribuidoras de puntales de madera solo poseen de sección rectangular 5 x 10 cms, se debió hacer un incremento de este valor por recomendación del Ing. José Manuel Velásquez y llevar esta relación a un límite de 60, para poder utilizar estos únicos puntales que se encuentran en el mercado actualmente.

Al momento de calcular la carga admisible, se procedió a la construcción de una gráfica la cual facilita la obtención de dichos valores, para lo cual solo falta calcular la longitud efectiva, y una vez obtenida dicha longitud se procede a leer en el grafico la carga admisible según su eje de simetría (Ver Gráficos IV.1 y IV.2).

Para la longitud efectiva se realizaron cálculos con diferentes factores de longitud efectiva (constante K), debido a que se analizo diferentes casos que puedan ocurrir en obra. En primer lugar de obtuvo el valor K=1,5 recomendado por el Manual de Diseño para Maderas del grupo Andino, de manera de obtener unas cargas más conservadores y estar del lado de la seguridad. El segundo caso se baso con K=1,2, el cual es utilizado con frecuencia y en el cual se considera el puntal empotrado en su base y libre de desplazamiento en su extremo superior.

Por último se decidió considerar un valor para K=1, en el caso de que ocurra un buen arriostramiento entre puntales y se realice un buen procedimiento de apuntalamiento, en el cual se puede considerar que ambos extremos estén articulados.

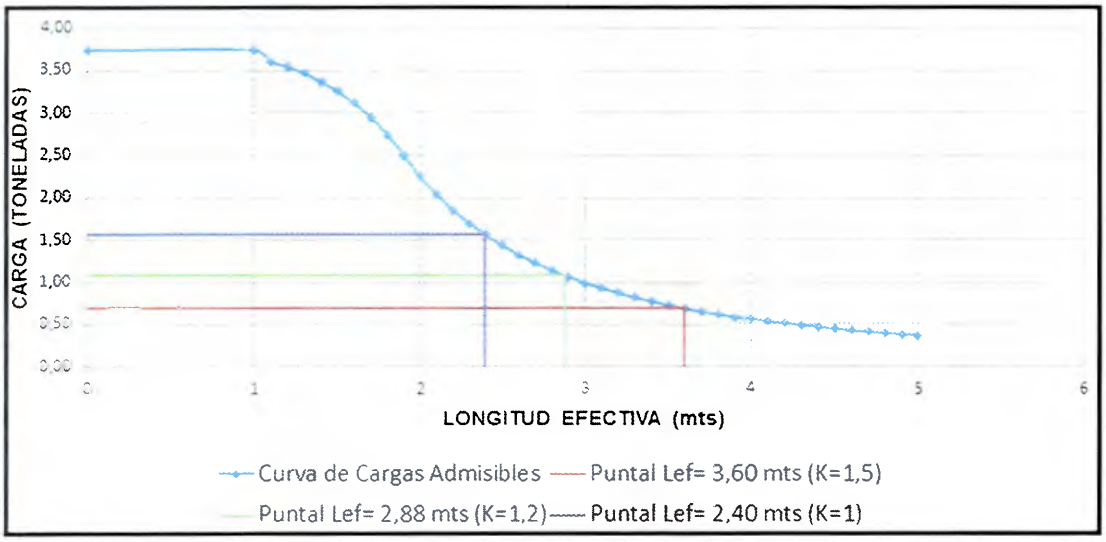


Gráfico IV.1. CARGAS ADMISIBLES EN PUNTALES (L= 2,40 mts)
SECCION RECTANGULAR DE 5x10 cms EJE X-X

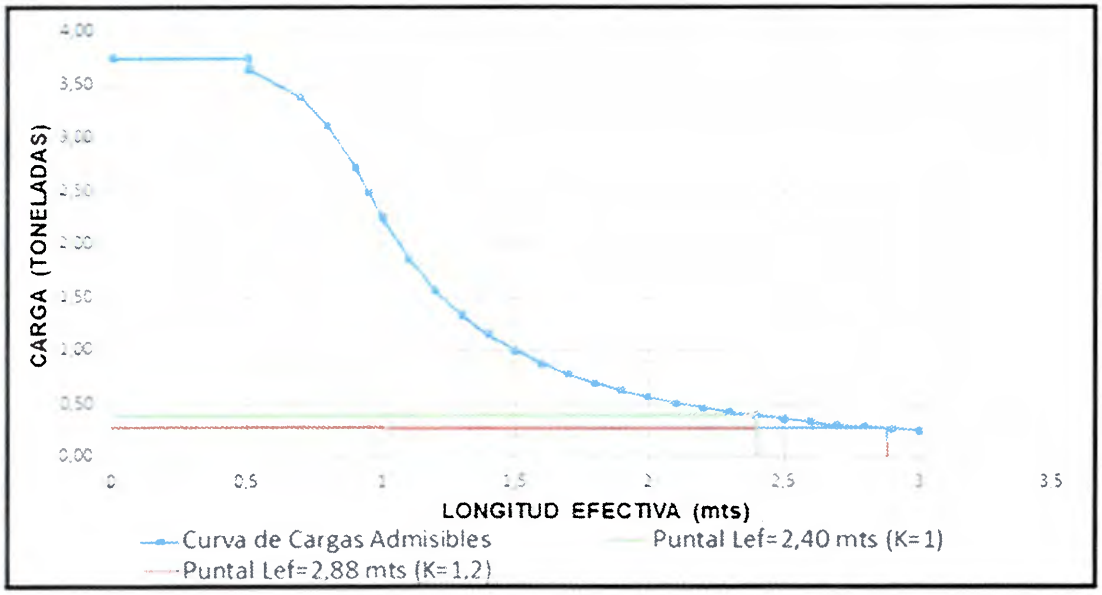


Gráfico IV.2. CARGAS ADMISIBLES EN PUNTALES (L= 2,40 mts)
SECCION RECTANGULAR DE 10x5 cms EJE Y-Y

Una vez realizado el cálculo de separación de puntales de madera, se procedió a compararlo con puntales metálicos. Para esta comparación se utilizaron puntales extensibles PR-350 producidos por DALMINE los cuales se muestran a continuación:

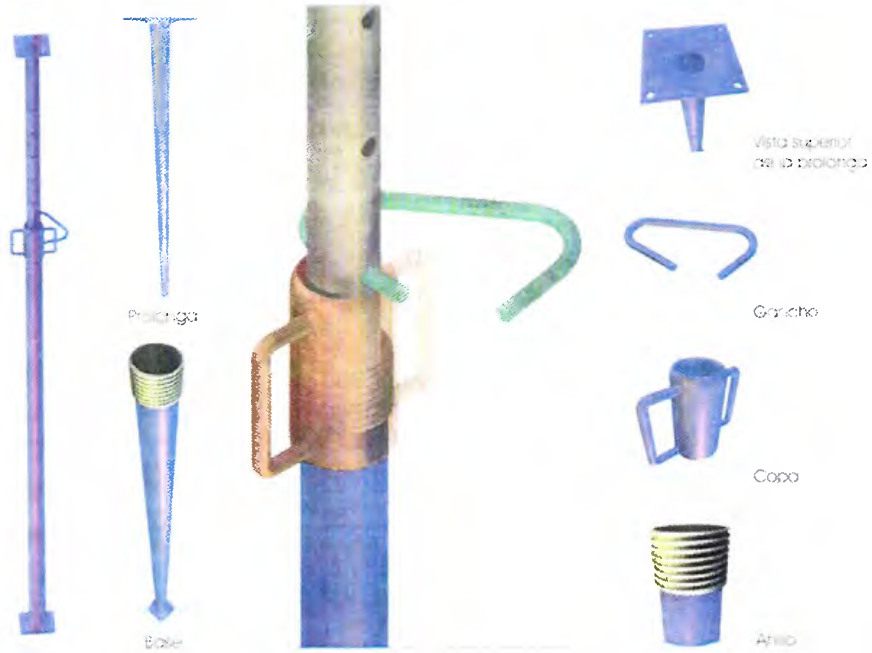


Figura IV.7. Detallado de Puntal extensibles y sus partes.
Referencia: Andamios Dalmine S.A

Dichos elementos de soporte presentan las siguientes características, las cuales fueron las usadas para realizar la comparación con los puntales de madera.

Tabla IV.7. Características del puntal PR-350.
Referencia: Andamios Dalmine S.A

Capacidad Resistente	2891 Kgf
Diámetro	48 mm
Espesor	2,3 mm
Altura	2,3 – 3,5 mts (variable)

Una vez realizada la comparación se pudo observar que la capacidad de un puntal metálico es muy superior a uno de madera, aumentando de esta manera la separación entre

ellos, reduciendo así la cantidad de elementos necesarios en cada apuntalamiento, lo que puede reducir los costos en obra, debido que al ser metálicos se le puede dar mayor uso que a uno de madera, lo que se transforma en una alternativa más económica, ya que se seguirán usando en diferentes construcciones sin presentar mayores desgastes.

IV.3.3 - DISTANCIA ENTRE PUNTALES

Una vez obtenida la carga admisible del puntal se procede a calcular la longitud a la cual se deben separar dichos puntales entre sí para evitar una falla. Para este procedimiento se debe tener la carga actuante sobre el puntal (Wm), y la separación de los cuartones calculada anteriormente (L). Una vez obtenidos estos valores se calcula la separación en la cual la carga total actuante sobre el puntal no supere su capacidad admisible, dicho cálculo se reduce a la siguiente Ecuación en el caso de losas:

$$\mathrm{Lp} < \frac{Nadm}{Wm\ x\ L} \tag{4.15}$$

Mientras que para la separación entre puntales de vigas, debido a que Wm está por metro lineal, la Fórmula quedaría:

$$\mathrm{Lp} < \frac{Nadm}{Wm} \tag{4.16}$$

El valor resultante de Lp debe ser comparado con el más desfavorable obtenido anteriormente entre corte, flexión y flecha, de manera de determinar la separación definitiva, la cual será la menor de las cuatro condiciones.

A continuación se van a presentar los resultados obtenidos para la separación de los puntales de las losas que se mencionaron en el punto IV.2.2 y para diferentes espesores de madera para los cuartones

TABLA IV.8 Separación de puntales losas macizas para espesor de la madera 2,5 cms

LOSAS MACIZAS SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 2,5 cms					
		ESPESOR DE LOSA (cms)			
		15	20	25	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,50	2,12	1,88	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	1,75	1,48	1,30	
	K=1,5 eje X-X	1,11	0,94	0,83	
	K=1 eje Y-Y	0,62	0,53	0,47	
	K=1,2 eje Y-Y	0,43	0,37	0,32	
	PUNTAL DE METAL	4,60	3,91	3,45	

TABLA IV.9 Separación de puntales losas macizas para espesor de la madera 3 cms

LOSAS MACIZAS SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 3 cms					
		ESPESOR DE LOSA (cms)			
		15	20	25	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,07	1,78	1,57	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	1,44	1,24	1,09	
	K=1,5 eje X-X	0,92	0,79	0,70	
	K=1 eje Y-Y	0,52	0,44	0,39	
	K=1,2 eje Y-Y	0,36	0,31	0,27	
	PUNTAL DE METAL	3,81	3,28	2,89	

TABLA IV.10 Separación de puntales losas nervadas para espesor de la madera 2,5 cms

LOSAS NERVADAS SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 2,5 cms					
		ESPESOR DE LOSA (cms)			
		20	25	30	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,89	2,68	2,50	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	2,01	1,86	1,74	
	K=1,5 eje X-X	1,28	1,19	1,11	
	K=1 eje Y-Y	0,72	0,67	0,62	
	K=1,2 eje Y-Y	0,50	0,46	0,43	
	PUNTAL DE METAL	5,32	4,93	4,60	

TABLA IV.11 Separación de puntales losas nervadas para espesor de la madera 3 cms

LOSAS NERVADAS SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 3 cms					
		ESPESOR DE LOSA (cms)			
		20	25	30	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,40	2,23	2,07	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	1,67	1,55	1,44	
	K=1,5 eje X-X	1,07	0,99	0,92	
	K=1 eje Y-Y	0,60	0,56	0,52	
	K=1,2 eje Y-Y	0,42	0,39	0,36	
	PUNTAL DE METAL	4,42	4,11	3,81	

TABLA IV.12 Separación de puntales losa reticular para espesor de la madera 2,5 cms

LOSA RETICULAR SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 2,5 cms			
		LOSA TÍPICA	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,85	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	1,98	
	K=1,5 eje X-X	1,27	
	K=1 eje Y-Y	0,71	
	K=1,2 eje Y-Y	0,49	
	PUNTAL DE METAL	5,25	

TABLA IV.13 Separación de puntales losa reticular para espesor de la madera 3 cms

LOSA RETICULAR SEPARACIÓN DE PUNTALES PARA D = 3 cms			
		LOSA TÍPICA	
PUNTAL DE MADERA	K=1 eje X-X	2,37	Separación de Puntales en mts
	K=1,2 eje X-X	1,65	
	K=1,5 eje X-X	1,05	
	K=1 eje Y-Y	0,59	
	K=1,2 eje Y-Y	0,41	
	PUNTAL DE METAL	4,36	

IV.4 – DISEÑO DE VIGAS

IV.4.1 – NOTACIÓN

σ = Tensión admisible para flexión de la madera (Kg/cm^2)

t = Tensión admisible para corte de la madera (Kg/cm^2)

E = Modulo de Elasticidad de la madera (Kg/cm^2)

Wm = Carga incrementada con el factor de impacto (Kg/m)

D = Espesor de la madera del cuartón (cm)

Dv = Espesor de la madera de la viga (cm)

b = Base de la Viga (cm)

h = Altura de la Viga (mts)

Lp = Separación entre los puntales (mts)

L = Separación de las carreras de las losas (mts)

I = Inercia de la sección (cm^4)

C.V = Carga Variable (kg/m)

F.I = Factor de Impacto

Plosa= Peso de la Losa

PPvigas = Peso Propio de la Viga

IV.4.2 – CRITERIOS DE DISEÑO

Para la determinación de la carga que actúa sobre el encofrado (Wm) se va a considerar el peso propio de la viga, un área tributaria del peso de la losa, la carga variable y a todo se le va a aplicar un factor de impacto, de manera de tener mayor grado de seguridad.

Se van a describir las Fórmulas utilizadas para el cálculo del encofrado de vigas, pero se realizarán los cálculos solo para el tipo de viga 30 x 60 dando una relación de b/h = 0,50 para losas macizas y nervadas, en el caso de losas reticulares se utilizarán vigas de 40 x 70, siendo la relación b/h = 0,57, sugerido por el Ing. José Manuel Velásquez.

IV.4.3 – CALCULO DE LA SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES

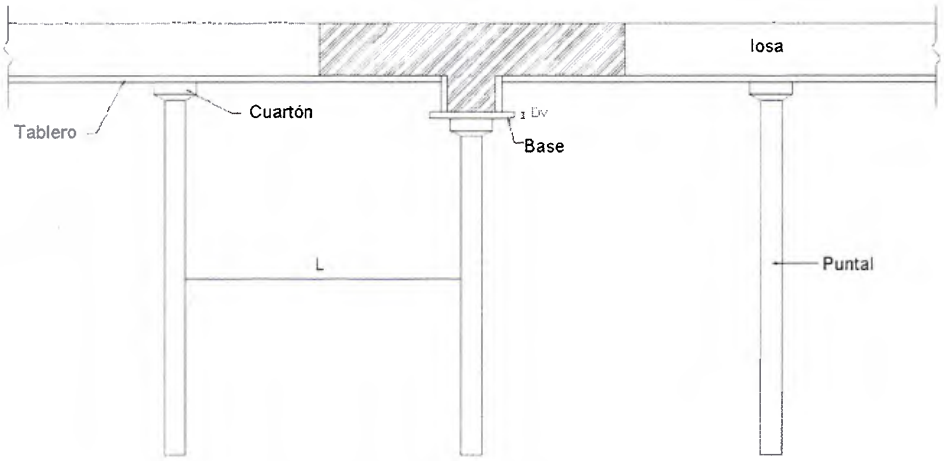


Figura IV.8 Detalle del área tributaria de la viga.

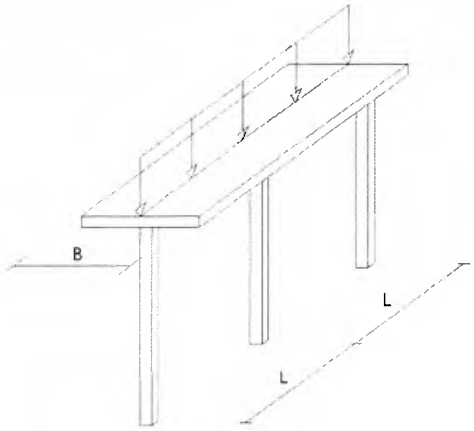


Figura IV.9 Detalle de la carga sobre el cuartón de la viga.

Este cálculo se realizará mediante la utilización de las Fórmulas ya descritas 4.4, 4.7 y 4.10 para la separación de los puntales para los efectos de flexión, corte y flecha respectivamente.

La Fórmula 4.16 nos dará la separación entre los puntales, de madera 5x10 y metal PR-350, se evaluarán por separado la utilización de cada tipo de puntal.

Para conocer el valor de la separación de los puntales se tomará el menor valor para la separación entre los efectos de flexión, corte, flecha y la capacidad de soporte del puntal de madera y metal según cada caso.

IV.4.4 – TABLA DE RESULTADOS

A continuación se van a presentar los resultados arrojados para la separación de los puntales de las vigas por los efectos flexión, corte, flecha y capacidad de los puntales de madera y metal. También se presentan con diferentes tipos de espesor de madera de los cuartones y de las vigas.

TABLA IV.14 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms

LOSAS MACIZAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 3					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
15 cms	FLEXIÓN	0,73	15 cms	FLEXIÓN	0,69
20 cms	FLEXIÓN	0,70	20 cms	FLEXIÓN	0,67
25 cms	FLEXIÓN	0,69	25 cms	FLEXIÓN	0,65

TABLA IV.15 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms

LOSAS MACIZAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 4					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
15 cms	FLEXIÓN	0,97	15 cms	FLEXIÓN	0,92
20 cms	FLEXIÓN	0,94	20 cms	FLEXIÓN	0,89
25 cms	FLEXIÓN	0,91	25 cms	FLEXIÓN	0,86

TABLA IV.16 Separación de puntales losas macizas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms

LOSAS MACIZAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 5					
	Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)	
	EFECTO QUE CONTROLA	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**		**EFECTO QUE CONTROLA**	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**
15 cms	FLEXIÓN	1,21	15 cms	FLEXIÓN	1,16
20 cms	FLEXIÓN	1,17	20 cms	FLEXIÓN	1,11
25 cms	FLEXIÓN	1,14	25 cms	FLEXIÓN	1,08

TABLA IV.17 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms

LOSAS NERVADAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 3					
	Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)	
	EFECTO QUE CONTROLA	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**		**EFECTO QUE CONTROLA**	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**
20 cms	FLEXIÓN	0,71	20 cms	FLEXIÓN	0,68
25 cms	FLEXIÓN	0,70	25 cms	FLEXIÓN	0,67
30 cms	FLEXIÓN	0,70	30 cms	FLEXIÓN	0,66

TABLA IV.18 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms

LOSAS NERVADAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 4					
	Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)	
	EFECTO QUE CONTROLA	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**		**EFECTO QUE CONTROLA**	**SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)**
20 cms	FLEXIÓN	0,95	20 cms	FLEXIÓN	0,90
25 cms	FLEXIÓN	0,94	25 cms	FLEXIÓN	0,89
30 cms	FLEXIÓN	0,93	30 cms	FLEXIÓN	0,88

TABLA IV.19 Separación de puntales losas nervadas para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms

LOSAS NERVADAS (VIGAS 30 X 60) Dv = 5					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
20 cms	FLEXIÓN	1,18	20 cms	FLEXIÓN	1,13
25 cms	FLEXIÓN	1,17	25 cms	FLEXIÓN	1,11
30 cms	FLEXIÓN	1,16	30 cms	FLEXIÓN	1,10

TABLA IV.20 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 3 cms

LOSA RETICULAR (VIGAS 40 X 70) Dv = 3					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
32 cms	FLEXIÓN	0,63	32 cms	FLEXIÓN	0,61

TABLA IV.21 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 4 cms

LOSA RETICULAR (VIGAS 40 x 70) Dv = 4					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
32 cms	FLEXIÓN	0,85	32 cms	FLEXIÓN	0,81

TABLA IV.22 Separación de puntales losa reticular para espesores del tablero de 2,5 y 3 cms, y espesor de madera de viga 5 cms

LOSA RETICULAR (VIGAS 40 X 70) Dv = 5					
Para D = 2,5 (cuartón)			Para D = 3 (cuartón)		
	EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)		EFECTO QUE CONTROLA	SEPARACIÓN DE LOS PUNTALES (mts)
32 cms	FLEXIÓN	1,06	32 cms	FLEXIÓN	1,02

IV.5 – DISEÑO DE COLUMNAS

IV.5.1 – NOTACIÓN

σ = Tensión admisible para flexión de la madera (Kg/cm^2)

t = Tensión admisible para corte de la madera (Kg/cm^2)

γ = Peso del concreto (Kg / m^3)

q = Carga que soporta la Columna (Kg/m)

Dc = Espesor de la madera del encofrado (cm)

d´ = Espesor de la madera del cepo (cm)

b = Ancho de la tabla del cepo (cm)

H1 = Altura total de la columna (mts)

Intervalo 1 = Separación a la cual se desean colocar los cepos en la parte inferior, no puede ser menor a 1/3 de la altura total de la columna (mts)

H2 = H1 menos el intervalo 1 inferior en el los cepos se van a encontrar con la menor separación (mts)

Intervalo 2 = Separación a la cual se desea disminuir la distancia entre los cepos (mts)

H3 = H1 menos la suma de intervalo 1 e intervalo 2 (mts)

Lce = Separación de los cepos según el entablado (mts)

Ler = Separación de los cepos según la resistencia (mts)

Y = Ancho de la columna (cms)

IV.5.2 – CRITERIOS DE DISEÑO

La máxima altura a vaciar en un mismo momento no debe exceder a 6 metros, debido a que presenta problemas de vibrado, dificultades constructivas y las presiones que ejerce el concreto fresco sobre el encofrado son muy elevadas y según el libro "Formwork for concrete" ACI commité 347 (Mary K. Hurd, 1963, capitulo 5, pág. 76), se establecen la presión lateral máxima para las columnas de 14.650 Kg/cm^2.

En los cálculos para mayor facilidad de su realización se tomará que la razón del vaciado del concreto será lo suficientemente rápido para que las presiones ejercidas sobre el encofrado sean de forma triangular.

Se tomará como separación mínima entre los cepos 20 cms recomendado por el Ing. José Manuel Velásquez.

Se va a describir las Fórmulas utilizadas para el cálculo del encofrado de columnas, pero se realizarán los cálculos solo para alturas de 2.50, 3.50 y 4.50 metros, y para anchos de 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 centímetros, valores sugerido por el Ing. José Manuel Velásquez.

IV.5.3 – CALCULO DE LA SEPARACIÓN DE LOS CEPOS SEGÚN EL ENTABLADO.

La separación de los cepos estará afectada por dos factores que son según el entablado el cual se va a describir en este punto y según la resistencia que se describirá en el punto III.5.4. En las Figura III.10 se muestra un esquema de como es la distribución de la presión que ejerce el concreto sobre la columna y en la Figura III.11 se muestra el esquema de como será la deformación de la tabla debido a la presión del concreto.

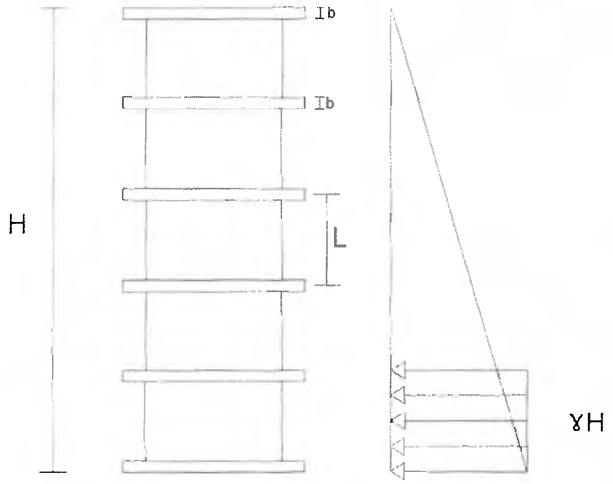


Figura IV.10 Distribución de Presiones Laterales en una Columna

Figura IV.11 Deformación del Tablero debido a Presiones Laterales

Utilizando la Ecuación 4.2:

$$\sigma\,(adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\,(adm) * S \qquad (4.2)$$

Siendo S el módulo de sección: $S = (X * D^2) / 6$ (4.16)

$$\sigma\,(adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\,(adm) * (Y * D^2) / 6 \qquad (4.16.1)$$

El momento máximo que actúa sobre la tabla:

$$M\ máx. \approx (q * Lce^2) / 11 \qquad (4.17)$$

La carga (q) que actúa sobre el encofrado será:

$$q = \gamma * H(i) * Y \qquad (4.18)$$

$$M\ máx. \approx (\gamma * H(i) * Y * Lce^2) / 11 \qquad (4.18.1)$$

Igualando las ecuaciones 4.16.1 y 4.18.1 se obtiene la Fórmula que se va a utilizar para la separación de los cepos (Lce) según el entablado:

$$Lce \leq \sqrt{\frac{\sigma \, x \, D^2 x \, 11}{6 \, x \, \gamma \, x \, H(i)}} = 1{,}354 \sqrt{\frac{\sigma \, x \, D^2}{\gamma \, x \, H(i)}} \text{ (mts)} \qquad (4.19)$$

A continuación se presentan las tablas de resultados arrojados con la utilización de las Fórmulas antes descritas para los tipos de columnas mencionadas en el punto IV.5.2:

TABLA IV.23 Separación de cepos para columnas de 2,50 metros y diferentes espesores del entablado

Para Dc = 2,50 cms Columna de 2,50 metros		Para Dc = 3 cms Columna de 2,50 metros	
Altura de la Columna (mts)	**Lce (mts)**	**Altura de la Columna (mts)**	**Lce (mts)**
0 - 1,25	0,40	0 - 1,25	0,47
1,25 - 2,50	0,56	1,25 - 2,50	0,67

TABLA IV.24 Separación de cepos para columnas de 3,50 metros y diferentes espesores del entablado

Para Dc = 2,50 cms Columna de 3,50 metros		Para Dc = 3 cms Columna de 3,50 metros	
Altura de la Columna (mts)	**Lce (mts)**	**Altura de la Columna (mts)**	**Lce (mts)**
0 - 1,20	0,33	0 - 1,20	0,40
1,20 - 2,40	0,41	1,20 - 2,40	0,49
2,40 - 3,50	0,60	2,40 - 3,50	0,72

TABLA IV.25 Separación de cepos para columnas de 4,50 metros y diferentes espesores del entablado

Para Dc = 2,50 cms Columna de 4,50 metros		Para Dc = 3 cms Columna de 4,50 metros	
Altura de la Columna (mts)	**Lce (mts)**	**Altura de la Columna (mts)**	**Lce (mts)**
0 - 1,50	0,29	0 - 1,50	0,35
1,50 - 3,00	0,36	1,50 - 3,00	0,43
3,00 - 4,50	0,51	3,00 - 4,50	0,61

IV.5.4 – CALCULO DE LA SEPARACIÓN DE LOS CEPOS SEGÚN SU RESISTENCIA.

En la Figura IV.12 se muestra el detalle del área que se tomara para los cálculos de la separación de los cepos según su resistencia en función del ancho de la columna

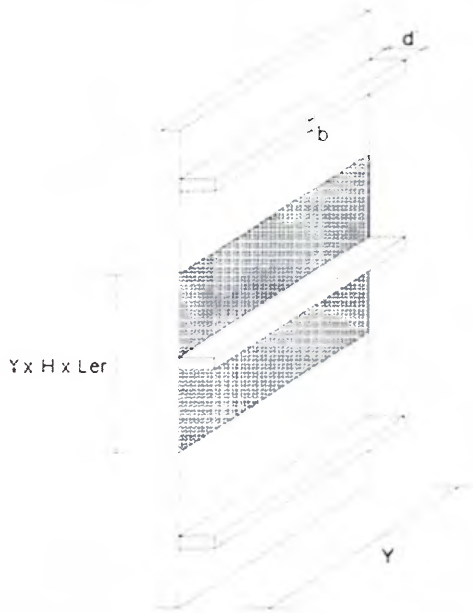


Figura IV.12 Detalle del área tributaria que actúa sobre el cepo.

Utilizando la Ecuación 4.2:

$$\sigma\ (adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\ (adm) * S \qquad (4.2)$$

Siendo S el módulo de sección: $S = (d' * b^2) / 6$ (4.20)

$$\sigma\ (adm) = M / S \rightarrow M = \sigma\ (adm) * (d' * b^2) / 6 \qquad (4.20.1)$$

El momento máximo que actúa sobre el cepo:

$$M\ máx. \approx (q * Y^2) / 11 \qquad \mathbf{(4.21)}$$

La carga (q) que actúa sobre el encofrado será:

$$q = \gamma * H(i) * Ler \tag{4.22}$$

$$M\ máx. \approx (\gamma * H(i) * Ler * Y^2) / 11 \tag{4.22.1}$$

Igualando las ecuaciones 4.20.1 y 4.22.1 se obtiene la Fórmula que se va a utilizar para la separación de los cepos (Ler) según la resistencia:

$$Ler \leq \frac{\sigma\ x\ b^2 x\ d' x\ 11}{6\ x\ \gamma\ x\ H(i)\ x\ Y^2} = 183{,}33\ \frac{\sigma\ x\ b^2 x\ d'}{\gamma\ x\ H(i)\ x\ Y^2}\ (mts) \tag{4.23}$$

A continuación se presentan las tablas de resultados arrojados con la utilización de las Fórmulas antes descritas para los tipos de columnas mencionadas en el punto IV.5.2:

TABLA IV. 26 Separación de los cepos según la resistencia, utilizando un solo cepo para anchos de columnas de 40, 50, 60 y 70 cms

Usando Un Cepo de Dimensiones 5 x 10 cms d = 5 cms b = 10 cms				
ALTURA DE LA COLUMNA (mts)	ANCHO DE LA COLUMNA			
	40	50	60	70
2,50	0,78	0,50	0,35	0,26
3,50	0,56	0,36	0,25	usar Cepos de mayor dimensión
4,50	0,43	0,28		

TABLA IV. 27 Separación de los cepos según la resistencia, utilizando dos cepos para anchos de columnas de 70, 80, 90 y 100 cms

Usando Dos Cepos Dimensiones 5 x 10 cms d = 5 cms b = 10 cms				
ALTURA DE LA COLUMNA (mts)	ANCHO DE LA COLUMNA			
	70	80	90	100
2,50	0,51	0,39	0,31	0,25
3,50	0,36	0,28	0,22	se recomienda usar Encofrados Metálicos
4,50	0,28	0,22		

IV. 6 – EJEMPLOS

IV.6.1 – LOSA NERVADA

Para los cálculos del encofrado de esta losa se utilizarón los siguientes valores:

$\sigma = 75$ kg/cm^2

E = 55000 kg/cm^2

† = 8 kg/cm^2

B = 100 cm

D = 3 cm

I = 225 cm^4

Wm (losa) = 533 Kg/m

Wm (viga) = 1259 Kg/m

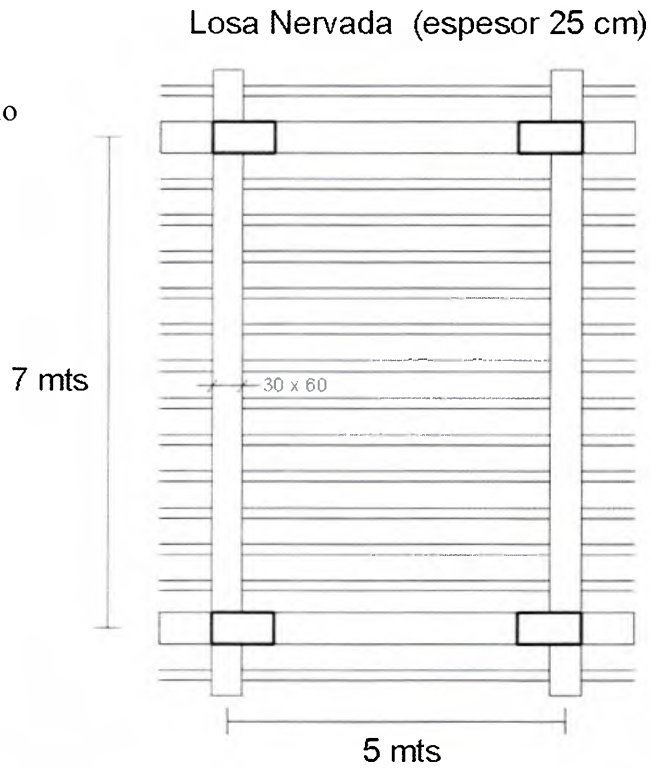


Figura IV.13 Ejemplo losa nervada

Para realizar el diseño del encofrado de esta losa, lo primero que se debe conocer es la separación de los cuartones, haciendo uso de la ecuación 4.4 descrita anteriormente, donde obtenemos su distancia máxima debido a flexión:

$$L = \sqrt{\frac{100\ x\ 10\ x\ \sigma\ x\ D^2}{6\ x\ Wm}} = \sqrt{\frac{100\ x\ 10\ x\ 75\ x\ 3^2}{6\ x\ 5{,}33}} = \mathbf{145\ cms\ o\ 1{,}45\ mts}$$

Una vez conocida la separación de los cuartones por flexión, se procede a calcular la separación por corte utilizando la ecuación 4.7:

$$L = \frac{16\ x\ t\ x\ B\ x\ D}{15\ x\ Wm} = \frac{16\ x\ 8\ x\ 100\ x\ 3}{15\ x\ 5{,}33} = \textbf{480 cms o 4,8 mts}$$

Y por ultimo su separación necesaria para la máxima flecha permitida, obteniendo dicha distancia de la ecuación 4.10:

$$L = \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ Wm}} = \sqrt[3]{\frac{55000\ x\ 225}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ 5{,}33}} = \textbf{132 cms o 1,32 mts}$$

Una vez calculados estos tres valores, se debe diseñar con el caso más desfavorable, el cual en este caso da debido a la flecha, obteniendo una separación de cuartones máxima de 1,32 mts, dicha distancia coincide con los valores de la tabla IV.4 la cual resumen las Fórmulas utilizadas en este ejemplo.

Luego de conocer la distancia de los cuartones, se debe calcular la separación de los puntales tanto de la losa como de las vigas. A efectos de este ejemplo se realizarón los cálculos para puntales de madera 5 x 10 cms y se realizo una comparación con puntales metálicos extensibles PR-350 producidos por DALMINE.

Para conocer la capacidad del puntal de madera, se utilizó una altura típica piso de 2,40 mts de altura y una constante de esbeltez de K=1,2 para representar el caso más común, para lo cual se obtiene lo siguiente:

$$Lef = 2{,}4\ x\ 1{,}2 = \textbf{2,88 mts}$$

$$\lambda x = \frac{Lef}{h} = \frac{288}{5} = \textbf{57,6 (columna larga)}$$

Una vez conocida la condición de la columna respecto a su esbeltez, se procede a calcular su capacidad admisible mediante la ecuación 4.14, obteniendo de esta manera lo siguiente:

$$\text{Nadm} = 0{,}329 \text{ x } \frac{E\ x\ A}{\lambda^2} = 0{,}329 \text{ x } \frac{55000\ x\ 50}{57{,}6^2} = \mathbf{272{,}70\ Kg}$$

Después de calcular su capacidad admisible, se calcula la distancia a la cual se deben separar dichos puntales en la losa.

$$\text{Lp} < \frac{Nadm}{Wm\ x\ L} \Rightarrow \text{Lp} < \frac{272{,}70}{533\ x\ 1{,}32} = \mathbf{39\ cms\ o\ 0{,}39\ mts}$$

Para la separación de puntales en la viga se tomará menor distancia por flexión, corte, flecha y capacidad del puntal.

- Separación por flexión:

$$\text{L} = \sqrt{\frac{50\ x\ 10\ x\ \sigma\ x\ D^2}{6\ x\ Wm}} = \sqrt{\frac{50\ x\ 10\ x\ 75\ x\ 3^2}{6\ x\ 12{,}59}} = \mathbf{67\ cms\ o\ 0{,}67\ mts}$$

- Separación por corte:

$$\text{L} = \frac{16\ x\ t\ x\ B\ x\ D}{15\ x\ Wm} = \frac{16\ x\ 8\ x\ 50\ x\ 3}{15\ x\ 12{,}59} = \mathbf{102\ cms\ o\ 1{,}02\ mts}$$

- Separación por flecha:

$$\text{L} = \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ Wm}} = \sqrt[3]{\frac{55000\ x\ 113}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ 12{,}59}} = \mathbf{78\ cms\ o\ 0{,}78\ mts}$$

- Separación por capacidad del puntal:

$$Lp < \frac{Nadm}{Wm} \Rightarrow Lp < \frac{272{,}70}{1259} = \mathbf{22\ cms\ o\ 0{,}22\ mts}$$

Se toma como distancia entre puntales en la viga el valor mas desfavorable, siendo en este caso 0,22 mts. Para este ejemplo, se resumen los resultados en la siguiente tabla:

Tabla IV.28: Resumen de cálculos para losa nervada

		Puntales	
	Cuartones	Viga	Losa
Separación (Mts)	1,32	0,22	0,39

IV.6.2 LOSA RETICULAR

Para los cálculos del encofrado de esta losa se utilizarón los siguientes valores:

$\sigma = 75\ kg/cm^2$

$E = 55000\ kg/cm^2$

$\dagger = 8\ kg/cm^2$

$B = 100\ cm$

$D = 3\ cm$

$I = 225\ cm^4$

$Wm = 487\ Kg/m$ (losa)

$Wm = 1508\ Kg/m$ (viga)

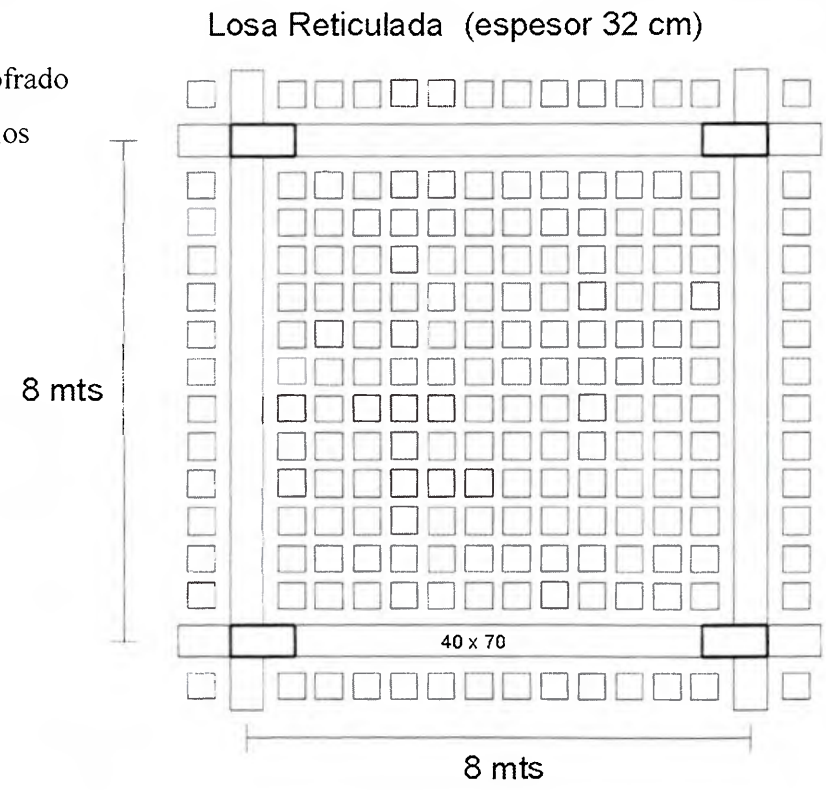


Figura IV.14 Ejemplo losa reticulada

Para el diseño del encofrado de esta losa reticular, se procede de igual forma a los cálculos de losa nervada para conocer la separación de los cuartones, cambiando únicamente el peso propio. Haciendo uso de la ecuación 4.4 al igual que el ejemplo anterior obtenemos su distancia máxima debido a flexión:

$$L = \sqrt{\frac{100\ x\ 10\ x\ \sigma\ x\ D^2}{6\ x\ Wm}} = \sqrt{\frac{100\ x\ 10\ x\ 75\ x\ 3^2}{6\ x\ 4{,}87}} = \mathbf{152\ cms\ o\ 1{,}52\ mts}$$

Conocida la separación de los cuartones por flexión, se procede de igual manera a calcular la separación por corte utilizando la ecuación 4.7:

$$L = \frac{16\ x\ t\ x\ B\ x\ D}{15\ x\ Wm} = \frac{16\ x\ 8\ x\ 100\ x\ 3}{15\ x\ 4{,}87} = \mathbf{526\ cms\ o\ 5{,}26\ mts}$$

Y por ultimo su separación necesaria para la máxima flecha permitida, obteniendo dicha distancia de la ecuación 4.10:

$$L = \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ Wm}} = \sqrt[3]{\frac{55000\ x\ 225}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ 4{,}87}} = \mathbf{136\ cms\ o\ 1{,}36\ mts}$$

Una vez calculados estos tres valores, se debe diseñar con el caso más desfavorable, el cual en este caso da debido a la flecha, obteniendo una separación de cuartones máxima de 1,36 mts. Para el cálculo de separación de puntales de la losa se utiliza la misma carga admisible para el puntal de madera calculada en el ejemplo anterior, la cual es Nadm= 272,70 kg. Su separación será la siguiente:

$$Lp < \frac{Nadm}{Wm\ x\ L} \Rightarrow Lp < \frac{272{,}70}{4{,}87\ x\ 1{,}36} = \mathbf{41{,}17\ cms\ o\ 0{,}41\ mts}$$

Mientras que para vigas seria la menor separación de los efectos de flexión, corte y fleche, calculados a continuación:

- Separación por flexión:

$$L = \sqrt{\frac{50\ x\ 10\ x\ \sigma\ x\ D^2}{6\ x\ Wm}} = \sqrt{\frac{50\ x\ 10\ x\ 75\ x\ 3^2}{6\ x\ 15{,}08}} = \mathbf{61\ cms\ o\ 0{,}61\ mts}$$

- Separación por corte:

$$L = \frac{16\ x\ t\ x\ B\ x\ D}{15\ x\ Wm} = \frac{16\ x\ 8\ x\ 50\ x\ 3}{15\ x\ 15{,}08} = \mathbf{85\ cms\ o\ 0{,}85\ mts}$$

- Separación por flecha:

$$L = \sqrt[3]{\frac{E\ x\ I}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ Wm}} = \sqrt[3]{\frac{55000\ x\ 113}{200\ x\ 0{,}0051\ x\ 15{,}08}} = \mathbf{74\ cms\ o\ 0{,}74\ mts}$$

- Separación por capacidad del puntal:

$$Lp < \frac{Nadm}{Wm} \Rightarrow Lp < \frac{272{,}70}{1508} = \mathbf{18\ cms\ o\ 0{,}18\ mts}$$

Se toma como distancia entre puntales en la viga el valor mas desfavorable, siendo en este caso 0,18 mts. Para este ejemplo, se resumen los resultados en la siguiente tabla:

Tabla IV.29: Resumen de cálculos para losa reticulada

		Puntales	
	Cuartones	Viga	Losa
Separación (Mts)	1,36	0,18	0,41

CAPITULO V

DESENCOFRADO

V. 1 – GENERALIDADES.

El desencofrado de una estructura es un tema al cual se le debe prestar mucha atención, debido a que es necesario calcular correctamente el tiempo mínimo al que se pueden retirar los soportes, de manera de no producir una flecha mayor a la permitida, que pueda ocasionar problemas en el elemento vaciado, e incluso un colapso.

Al momento de estimar dicho tiempo para el desencofrado, es muy importante tener en cuenta la carga que produce el vaciado del nivel superior de la superestructura, ya que dicho nivel es vaciado sin que el concreto del nivel inferior haya alcanzado su resistencia de diseño a los 28 días, lo que genera una sobrecarga que puede ocasionar una falla en caso de no dejar los puntales de seguridad mínimos que exige la norma COVENIN 2244-91 capítulo 6, pág. 15. Esto genera que se haya adoptado un método constructivo el cual se basa en mantener encofrado en nivel inferior al que se construye, de manera de ofrecer mayor soporte ante la gran carga actuante, y así evitar una posible falla.

A continuación se presenta la Figura V.1 para detallar este método.

Figura V.1 Detalle de encofrado del nivel a vaciar y puntales de seguridad en nivel inferior.

V. 2 - NOTACIÓN:

F´c = Resistencia del concreto a los 28 días (kg / cm^2)

T = Tiempo en el cual se desea saber la resistencia del concreto (días)

A y B = Parámetros que depende del tipo de concreto

(F´c) t = Resistencia del concreto a los "t" días (kg / cm^2)

E = Modulo de Elasticidad de la madera (Kg/cm^2)

Ie = Momento de inercia efectiva (cm^4)

Icr = Inercia de la sección transformada (cm^4)

Iec = Momento de inercia efectiva en el centro del tramo (cm^4)

I_{e1} = Momento de inercia efectiva en el apoyo uno (cm^4)

I_{e2} = Momento de inercia efectiva en el apoyo dos (cm^4)

Mcr = Momento de fisuración (kg – cms)

Ma = Momento máximo actuante en el tramo (kg – cms)

ρ = Porcentaje de Acero

C = zona a compresión de la sección (cms)

V. 3 – CRITERIOS DE DISEÑO

Para el desencofrado se va a tomar en cuenta la resistencia del concreto en un cierto tiempo determinado, lo cual se va a definir según sea el caso:

- Para los encofrados tipo túnel se van a considerar luces de 2.5, 3.5, 4.0, 4.5 y 5.0 metros, ρ = 0.0022 y tiempo de desencofrado de 1 día.
- Para vigas se hará el caso de una sección rectangular de 40 x 65 cms y de 9 metros de luz, con ρ(centro) = 0.01 y en los apoyos de ρ = 0.006
- F´c será de 250 kg / cm^2 valor sugeridos por el Ing. José Manuel Velásquez.

V.4 – FÓRMULAS

Para conocer el (F´c) t se utilizará la siguiente fórmula suministrada por el Ing. José Manuel Velásquez:

$$(F'c)\ t = \frac{T}{A+B\ x\ T}\ x\ F'c \qquad (5.1)$$

Utilizando A = 4 y B = 0,85

Una vez conocida la resistencia del concreto se calculará su Módulo de Elasticidad, el cual será:

$$E = 15100\sqrt{F'c} \qquad (5.2)$$

La Inercia equivalente de la sección que se va a utilizar, será en el caso de túnel:

$$Ie = \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3 x\ I + \left[1 - \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3\right] x\ Icr \leq I \qquad (5.3)$$

Mientras que la Inercia equivalente a usar en el caso de vigas se puede calcular de manera simplificada mediante la siguiente expresión:

$$Ie = 0{,}70\ Iec + 0{,}15\ (I_{e1} + I_{e2}) \qquad (5.4)$$

La flecha máxima será calculada con la misma Ecuación 4.8 utilizada en los capítulos anteriores.

$$Y\ máx. = 0{,}0051\ x\ \frac{Wm\ x\ L^4}{E\ x\ I}$$

Cuyo resultado debe ser menor a la flecha máxima permitida, la cual será para el desencofrado de estos elementos la siguiente:

$$\text{Y permitida} = \frac{L}{240} \tag{5.5}$$

V.5 – RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el caso de construcciones tipo túnel, en los cuales se puede observar que para luces mayores a 4.5 mts y utilizando concreto con F´c de 250 kg/cm^2 no es posible realizar el desencofrado al día siguiente, pero debido a sugerencias del Ing. José Manuel Velásquez, se reduce de 4.5 a 4 mts, debido a que en luces de 4.5 mts, se pueden tener problemas debido a la calidad del concreto que se esté utilizando.

TABLA V.1 Resultados para el desencofrado de estructuras tipo Túnel

Luz (cms)	Días	(F´c) t (kg/cm^2)	Flecha Máxima permitida (cms)	Flecha generada a los T días (cms)
250	1	51,55	1,04	0,06
300	1	51,55	1,25	0,13
350	1	51,55	1,46	0,25
400	1	51,55	1,67	0,42
450	1	51,55	1,88	1,11
500	1	51,55	2,08	2,65

V.6 – EJEMPLO

Se desea conocer el tiempo mínimo para desencofrar la losa mostrada a continuación, la cual presenta las siguientes condiciones:

Viga 40 x 65 cms

Luz = 9 mts.

F´c = 250 Kg/cm^2

I = 14400 cms^4

Wm = 57.59 Kg/cms

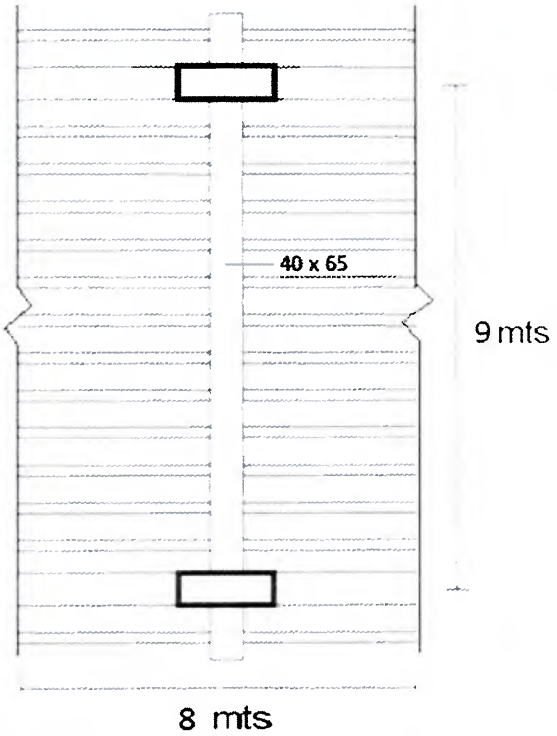


Figura V.2 Ejemplo para desencofrado de una viga

Para el cálculo del tiempo mínimo de desencofrado de la viga mostrada, se debe aplicar la Ecuación 5.1, la cual nos permitirá conocer la resistencia del concreto. Dicha Ecuación se muestra a continuación:

$$(F'c)\,t = \frac{T}{4+0.85\,x\,T} \text{ x } F'c = \frac{5}{4+0.85\,x\,5} \text{ x } 250 = \mathbf{151{,}5\ Kg/cm^2}$$

De manera de simplificar los cálculos, este ejemplo se calcula con un tiempo de 5 días, pero se debe ir tanteando con el tiempo hasta cumplir con la flecha permitida. Una vez calculada esta resistencia se procede al cálculo del Módulo de Elasticidad para el tiempo "t", El cual será:

$$E = 15100\sqrt{F'c} = 15100\sqrt{151{,}5} = \mathbf{185.868\ Kg/cm^2}$$

Lo siguiente es calcular la inercia equivalente de la sección, la cual es en el caso de vigas la siguiente expresión:

$$Ie = 0{,}70\ Iec + 0{,}15\ (I_{e1} + I_{e2})$$

Dónde:

$$Iec = \frac{b\ x\ c^3}{12} + n\ x\ As\ x\ (d\text{-}c)^2 = \frac{40\ x\ 36^3}{12} + \frac{2.100.000}{185868}\ x\ 15{,}6\ x\ (60 - 36)^2 = \mathbf{257.042\ cms^4}$$

$$I_{e1},\ I_{e2} = \frac{b\ x\ c^3}{12} + n\ x\ As\ x\ (d\text{-}c)^2 = \frac{40\ x\ 36^3}{12} + \frac{2.100.000}{185868}\ x\ 26\ x\ (60 - 36)^2 = \mathbf{324.723{,}8\ cms^4}$$

Por lo que volviendo a la ecuación anterior tenemos el siguiente resultado:

$$Ie = 0{,}70\ x\ 257.042 + 0{,}15\ (324.723{,}8\ +324.723{,}8) = \mathbf{277.346{,}746\ cms^4}$$

Por último se debe aplicar la Ecuación 4.8 para calcular la flecha, lo que nos refleja el siguiente resultado:

$$Y\ máx. = 0{,}0051\ x\ \frac{Wm\ x\ L^4}{E\ x\ I} = 0{,}0051\ x\ \frac{57{,}59\ x\ 900^4}{185868\ x\ 277346{,}746} = \mathbf{3{,}74\ cms}$$

Comprobando que dicho valor es menor al máximo permitido:

$$Y\ permitida = \frac{L}{240} = \frac{900}{240} = \mathbf{3{,}75\ cms}$$

Como se puede observar, a pesar de cumplir la flecha, los valores están muy próximos, por lo que se recomienda desencofrar en caso de no tener un nivel superior a los 7 días para mayor seguridad, dando una flecha de 3,58 cms.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado esta investigación se puede concluir lo siguiente:

1. La información con la que cuenta el País sobre el diseño de los encofrados y tiempos para desencofrar los diferentes elementos es muy escasa, lo que produce que en la mayoría de los casos se encofre una estructura confiando únicamente en la experiencia del carpintero o maestro de obra.

2. Es de gran importancia calcular correctamente las solicitaciones sobre un encofrado, considerando el peso propio, cargas variables y de impacto, de manera de evitar posibles fallas que puedan generar daños a la superestructura y al personal. Además, se debe tomar en consideración la carga que se produce al momento de realizar el vaciado del nivel superior de la estructura, ya que los puntales que soportarán dicho nivel serán apoyados sobre el nivel inferior, el cual no cuenta aún con la resistencia de diseño, lo que puede generar una posible falla debido a esta sobrecarga en el caso de no dejar los puntales de seguridad que establece la norma COVENIN 2244-91 capítulo 6.

3. Las constructoras deberían evaluar la utilización de encofrados metálicos, los cuales a pesar de su mayor inversión inicial, se pueden reutilizar en numerosas cantidades de obras, mientras que en los de madera si no se es cuidadoso al momento del desencofrado se pueden generar daños en los elementos que lo conforman, y si no se le hace un adecuado mantenimiento no es posible su reutilización.

4. La presente investigación explica los cálculos para el diseño de los encofrados y desencofrados; proporcionando las fórmulas, tablas y gráficas de fácil aplicación.

5. La utilización de encofrados de madera genera, debido a la poca separación entre puntales, gran inseguridad y dificultad de acceso a las estructuras, tanto para el personal como para el manejo de equipos utilizados en la construcción.

6. En los sistemas constructivos tipo túnel, generalmente se pueden desencofrar al día siguiente las losas que posean una luz menor de 4 metros, dependiendo de la calidad del concreto, pero para distancias mayores resulta más conveniente el uso de encofrados tipo mesa.

7. En las losas resulta más conveniente la utilización de puntales metálicos, debido a que ofrecen más seguridad y poseen mayor capacidad, lo que se traduce en una mayor separación entre ellos. Mientras que en el caso de vigas, generalmente la separación es controlada por la flexión, lo que genera que dichos puntales no puedan ser aprovechados a su máxima capacidad.

RECOMENDACIONES

Una vez obtenidos y analizados los resultados en este trabajo de investigación, se pueden dar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda la realización de un manual de diseño para encofrados, que sea de fácil aplicabilidad en campo, tanto por carpinteros y maestros de obras, como por los Ingenieros Civiles, cuya información brinde los requerimientos mínimos que se deben cumplir para asegurar un buen sistema de encofrados, además de los criterios aplicables para determinar el tiempo mínimo, en el cual se debe desencofrar una superestructura

2. En el país deberían existir normas para realizar el procedimiento de diseño, que sean aplicables a la construcción de estructuras en concreto armado, disminuyendo así las posibilidades de falla de estos sistemas temporales de soporte, brindándole mayor confiabilidad a la constructora responsable.

3. En Venezuela se debería formar personal especializado en los encofrados, además de incluir este tema en la formación de los técnicos en obras civiles e Ingenieros Civiles, ya que es de gran importancia durante la etapa de construcción de una superestructura, brindándoles así a dichos profesionales la capacidad de tener su criterio personal cuando se encuentren en el campo laboral.

4. Se recomienda usar en columnas cuyas dimensiones superen los 3.5 mts de altura y anchos de 70 cms encofrados metálicos, debido a que ofrecen mayor resistencia a los empujes laterales que genera el concreto fresco.

5. En el caso de construcciones tipo túnel, se recomienda calcular adecuadamente la resistencia del concreto en la losa al día siguiente, especialmente para luces

mayores a 4 metros, de manera de no producir flechas excesivas. Todo esto debido a la rapidez en la que se basa este método constructivo.

6. Se recomienda realizar un estudio más detallado del cálculo de la resistencia del concreto para diferentes tiempos, ya que la fórmula empírica utilizada para la estimación de dicha resistencia se basa en dos parámetros que dependen del tipo de concreto, lo que requiere que se adapte a la calidad de los materiales utilizados en el País.

BIBLIOGRAFIA

1. Br. Faustino B. Gabriel, 1995. *Manual de Encofrados para Estructuras de Concreto Armado*, tutor: Ing. Bonadio P. Vincenzo Trabajo Especial de Grado, UCAB, Caracas, 70 pág.

2. Comisión Venezolana de normas Industriales (COVENIN), 1753-2006. *Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.* FONDONORMA, 190 pág.

3. Comisión Venezolana de normas Industriales (COVENIN), 2244-1991. *Encofrados, Requisitos de Seguridad.* Caracas, 23 pág.

4. Ing. Javier Piqué, 1984. *Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino,* 4ta Edición, Junta del acuerdo de Cartagena, Colombia, 15-26 pág.

5. José Griñan, 1985. *Encofrados,* 17a Edición, Ediciones CEAC, S.A, Barcelona – España, 173 pág.

6. Mary K. Hurd., 1963. *Formwork for Concrete*, 1era Edición, American Concrete Institute, Detroit, 339 pág.

7. Pérez G. Andrés E., 1994. *Diseño de Sistemas de Encofrados,* tutor: Ing. José Antonio Noriega H., Trabajo Especial de Grado, UCAB, 78 pág.

8. Reported by ACI committe 347, 1996. *Guide to Formwork for Concrete Part 2*, ACI committe 116, USA, 34 pág.

9. Teodoro E. Harmsen, 2005. *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*, 4ta Edición, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima – Perú, 690 pág.

10. Tudor Disnecu y Constantin Radulescu, 1998. *Encofrados Deslizantes*, Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Colombia, 500 pág.

ANEXO 1

NORMA
VENEZOLANA

COVENIN
2244 - 91

ENCOFRADOS.
REQUISITOS DE SEGURIDAD

COVENIN

PROLOGO

La Norma Venezolana COVENIN 2244-91 ENCOFRADOS. REQUISITOS DE SEGURIDAD fue aprobada con carácter provisional en el año 1985. Desde su aprobación hasta la fecha dado que no se recibieron observaciones a la misma, la Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN, en su reunión No. 4-91 (107) de fecha 5-06-91, decidió aprobarla como definitiva.

TRAMITE

Comisión encargada de la Revisión del Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo, creada por Decreto No. 2218 de fecha 12 de Septiembre de 1.983.

PRESIDENTE	WINTILA GUACARAN M. Ministerio del Trabajo
COORDINADOR GENERAL	ANGEL PAREJO Petróleos de Venezuela
INTEGRANTES	
MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL	MANUEL ADRIANZA ERIC OMAÑA
PETROLEOS DE VENEZUELA	OMAR CARDOZO JOSE PADLINI
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS	PEDRO ESPINOZA
CONSEJO NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR (CONADIN)	GONZALO GOMEZ JAEN AMPARO MARLES IVAN TRUJILLO
FEDECAMARAS	JORGE CHAPELLIN BENJAMIN MOROS EDUARDO LOPEZ JOSE A. DOMINGUEZ
CONFEDERACION DE TRABAJADORES DE VENEZUELA (C.T.V.)	JOSE BELTRAN VALLEJO
INSTITUTO VENEZOLANO DE LOS SEGUROS SOCIALES	CARLOS RIOS BUENO ELIZABETH DE RODRIGUEZ
COLEGIO DE INGENIEROS	MANUEL TORRES PARRA

COLEGIO NACIONAL DE BOMBEROS	ENRIQUE BART
MINISTERIO DE FOMENTO (COVENIN)	PERLA PUTERMAN FRANCISCO SALAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC)	MERCEDES POLO MINO MERCEDES FLORES JOSE BERNARDO RIVAS
CONSEJO VENEZOLANO DE PREVENCION DE ACCIDENTES	ARTURO MATOS O.

GRUPO DE TRABAJO QUE ELABORO LA NORMA

ENTIDAD	REPRESENTANTE
MINISTERIO DEL TRABAJO	EFREN KEY
I.V.S.S.	JULIAN AGUIRRE
MEM	LUIS BAUTISTA
LAGOVEN	GUSTAVO DAVILA
D.N.C.C.	ARACELI AYUSO

NORMA VENEZOLANA
ENCOFRADOS
REQUISITOS DE SEGURIDAD

COVENIN
2244-91

1 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

COVENIN 2116-84 Andamios. Requisitos de Seguridad.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Esta norma establece:

2.1 Requisitos mínimos de seguridad en lo relativo a materiales y diseño que deben cumplir los encofrados.

2.2 Requisitos mínimos para el montaje.

2.3 Requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los encofrados.

3 DEFINICIONES

3.1 ENCOFRADOS

Son aquellos moldes y dispositivos utilizados con la finalidad de confinar y amoldar el concreto en estado fluído al ser vaciado, para evitar la segregación de éste y el escurrimiento de la lechada del mismo, manteniéndose así las líneas y niveles correspondientes de acuerdo con lo señalado en los planos estructurales del proyecto (Ver figura N 1).

3.1.1 Deslizantes

Son aquellos encofrados contruidos a base de moldes, con un entablado de madera, marco y refuerzos, colocándoles componentes metálicos, estructurales ó tubulares como elementos de agarre, tienen la propiedad de ir desplazándose hacia las áreas por encofrar, una vez fraguado el concreto de la anterior. Son usados en estructuras muy grandes y de mucha altura tales como: silos, torres y otros.

3.1.2 Tipo Túnel

Son encofrados metálicos en forma de "U" invertida, que encofran simultáneamente paredes y techo mediante láminas metálicas soportadas internamente por una estructura de tubos rectangulares. El conjunto de la estructura tubular y láminas conforman una unidad mecánica funcional retráctil que descansa sobre ruedas.

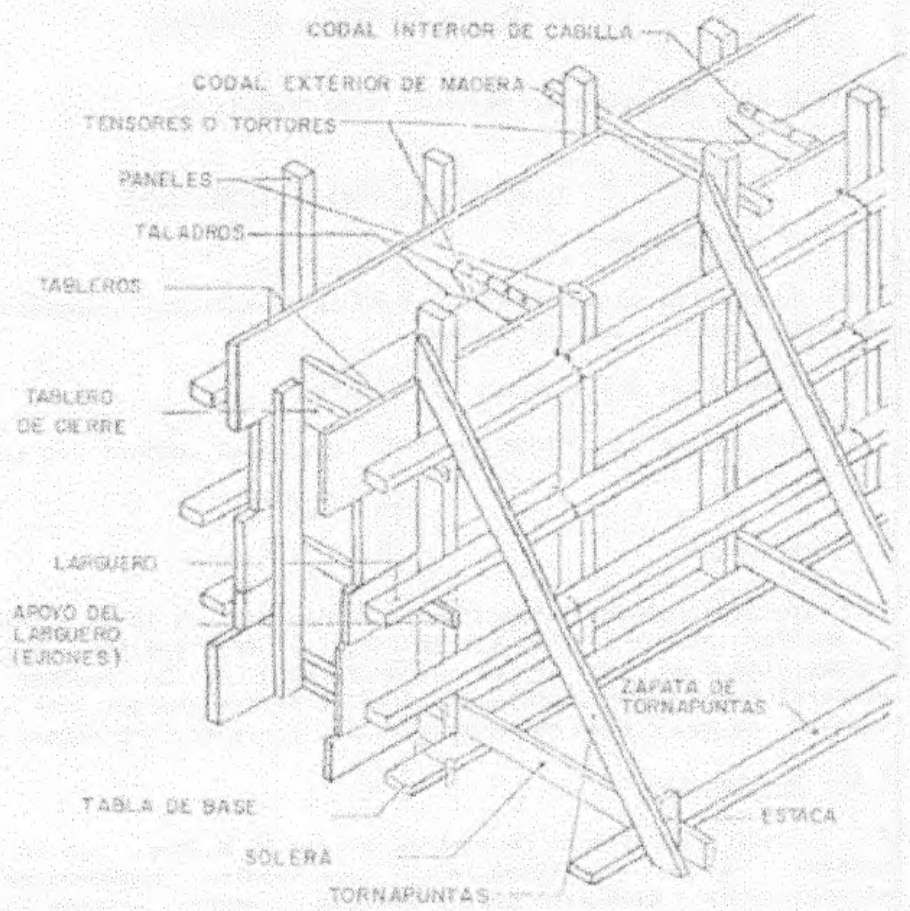

CODAL INTERIOR DE CABILLA
CODAL EXTERIOR DE MADERA
TENSORES O TORTORES
PANELES
TALADROS
TABLEROS
TABLERO DE CIERRE
LARGUERO
APOYO DEL LARGUERO (ERONES)
ZAPATA DE TORNAPUNTAS
TABLA DE BASE
ESTACA
SOLERA
TORNAPUNTAS

Fig. 1

3.2 PIEZAS DE MOLDEO

Son aquellas que van en contacto directo con el concreto y le dan la forma requerida al elemento por construir. Dependiendo de su material de construcción y su forma, estas piezas reciben otras denominaciones como: tableros, paneles, retículos, cajetones o formaletas.

3.3 PIEZAS DE REFUERZO

Son aquelas que contrarrestan la presión ejercida por el concreto sobre las piezas de moldeo. Según su función pueden ser: traviesas, cepos, pletinas de corbatas, codales, camones, tensores y zunchos.

3.4 TRAVIESAS

Son aquellos elementos que impiden que se deformen los tableros y sirven para el ensamblado de éstos.

3.5 CEPOS

Son aquellas pletinas de hierro o de madera colocadas en los encofrados de columnas y otros elementos similares.

3.5.1 Pletinas de corbatas. Son cepos metálicos con doblez en uno de sus extremos por donde se introduce otra pletina; pasando cada pletina por el doblez de la otra formando un marco.

3.6 CODALES

Son aquellas piezas destinadas a garantizar la separación correcta entre tableros, evitando su deformación al ser vaciado el concreto (Ver Fig. 2 y Fig. 1).

3.7 CAMONES.

Son aquellos elementos que forman los marcos para columnas circulares u otros encofrados ; se componen de dos cabias ensambladas por medio de traviesas. No son elementos de resistencia (Ver Fig. 3 y Fig. 4).

3.8 TENSORES.

Son aquellos elementos principales de resistencia, generalmente de alambre o cabilla sujetando los tableros, pero manteniendo la separación mediante un codal. (Ver Fig. 1)

3.9 ZUNCHOS.

Son aquellos arcos circulares o similares que se colocan alrededor de la columna para contrarestar el empuje del concreto sobre los tableros.

3.10 PARALES

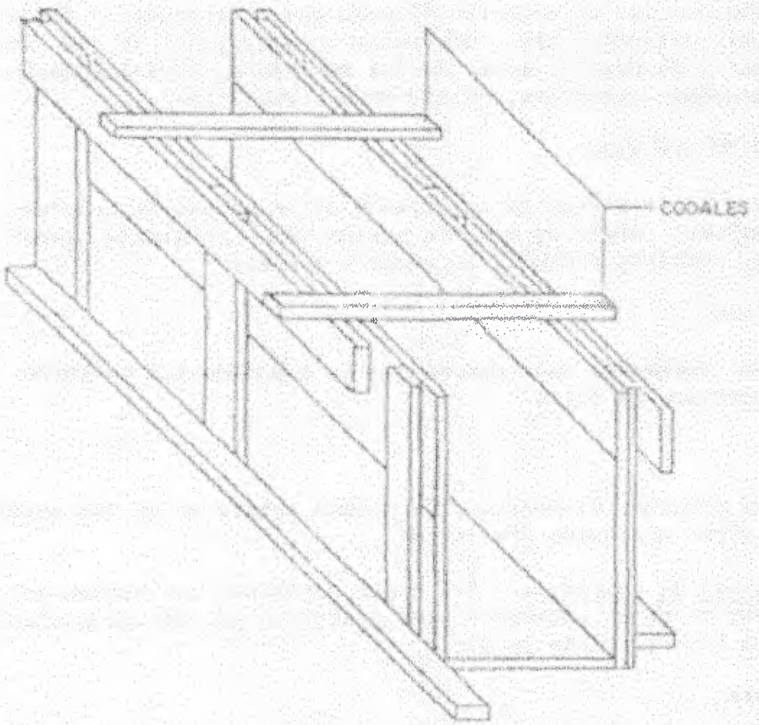


Fig. 2

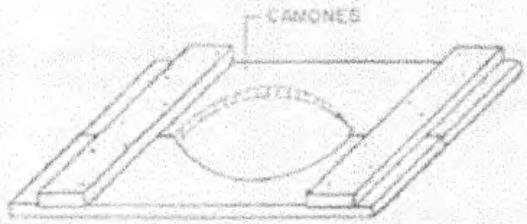


Fig. 3

Son aquellos elementos formados por listones colocados en forma vertical, que permiten que los tableros para encofrar muros, sean clavados sobre ellos (Ver Fig. 1).

3.11 LARGUEROS

Son aquellos elementos formados por listones colocados en forma horizontal, que permiten que los tableros para encofrar muros, sean clavados sobre ellos. (Ver Fig. 1).

3.12 TORNAPUNTAS

Son aquellos listones inclinados que se colocan para mantener la estabilidad del encofrado en piezas verticales como columnas o muros. (Ver Fig. 4 y Fig. 1).

3.13 PIEZAS DE SOPORTE Y APUNTALAMIENTO

Son aquellas que reciben las cargas producidas por el peso propio de los moldes, así como también del concreto que se habrá de vaciar. Según su función pueden ser: puntales, muletas y guías o cuartones.

3.14 PUNTALES

Son aquellas piezas de madera o metálicas colocadas verticalmente o inclinadas, generalmente usadas para soportar encofrados de losas y vigas. (Ver Fig. 5).

3.14.1 Muletas. Son aquellos puntales con travesaños en su parte superior y dos piezas de arriestramiento que lo refuerzan, generalmente usadas para soportar vigas medianas. (Ver Fig. 5).

3.15 GUIAS

También llamadas traviesas o largueros, son aquellos elementos colocados perpendicularmente unos contra otro y sobre los cuales se apoyan los moldes de losas y vigas de gran tamaño, éstas pueden ser superiores e interiores.

3.16 PIEZAS DE ARRIOSTRAMIENTO

Son aquellas que proporcionan estabilidad y garantizan mayor seguridad a las piezas que conforman los encofrados, ya sean los propios molden o los puntales. Generalmente son cuartones o listones de madera, tubos de hierro o piezas metálicas diseñadas para tal fin, según su uso pueden ser para puntales o para moldes.

3.17 ARRIOSTRAMIENTO DE PUNTALES

Es aquel que se construye con los elementos en forma de "x" (cruces de San Andrés) o en forma horizontal, colocando las riostras perpendiculares entre sí. (Ver Fig. 6).

TABLA No.1. Materiales para encofrar

PIEZAS DE:	ELEMENTOS	MADERA	AGLOMERADO	PLASTICO	METALICO
Moldeo	- Tableros Prefabricados.	X	X	*	*
	- Paneles	*	X	*	X
	- Reticulas	X	X	X	X
Refuerzo	- Cepos o corbatas	X	*	*	X
	- Camones	X	X	*	X
	- Zunchos	*	*	*	X

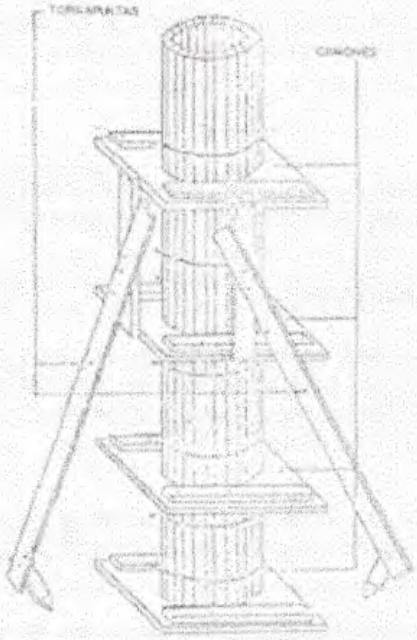


Fig. 4

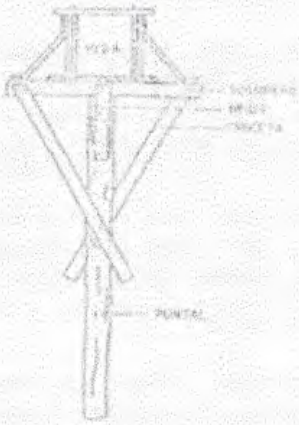


Fig. 5

3.18 ARRIOSTRAMIENTO DE LOS MOLDES

Es aquel que se hace en el encofrado que no lleva puntales, como en el caso de columnas y otros elementos parecidos; el arriostramiento podrá ser en sentido horizontal entrelazando los elementos entre sí, o por medio de puntales inclinados (tornapuntas).

4 CLASIFICACION

Los encofrados se pueden clasificar en:

4.1 Por el material de elementos de construcción.

- de madera
- metálicos
- aglomerados
- fibra de vidrio.

4.2 Por su función

- fijos
- deslizantes.

4.3 Por su requerimiento

- prefabricado industrial tipo túnel
- prefabricado a pedido del cliente.

5 MATERIALES

5.1 Materiales usados en los encofrados serán los especificados en la Tabla No. 1.

5.2 MADERAS PARA ENCOFRADOS

5.2.1 La madera para encofrados deben ser de consistencia blanda, de tal manera que se permita el clavado con facilidad sin que se raje.

5.2.2 Los tableros no deben deformarse sufriendo torcedura, se deben conservar húmedos para evitar que se doblen, debido al hinchamiento que se producirá al vaciar el concreto.

5.2.3 Los cuartones deben ser de madera más resistente que la de las tablas por la función que estos desempeñan y no deben conservar humedad.

5.2.4 Las viguetas por ser piezas destinadas a puntales, deben ser de madera dura.

5.2.5 En la construcción de encofrados, se deberá utilizar maderas que reunan las características de las que se señalan a continuación y para los usos específicos que se indican:

TABLA No.1. Materiales para encofrar

PIEZAS DE:	ELEMENTOS	MADERA	AGLOMERADO	PLASTICO	METALICO
Moldeo	- Tableros Prefabricados.	X	X	*	*
	- Paneles	*	X	*	X
	- Retículas	X	X	X	X
Refuerzo	- Cepos o corbatas	X	*	*	X
	- Camones	X	X	*	X
	- Zunchos	*	*	*	X
	- Tensores	*	*	X	X
	- Codales	X	*	*	X
Arriostramiento		X	X	*	X
Apuntalmiento	- Puntales	X	*	*	X
	- Muletas	X	*	*	X
	- Guías	X	*	*	X

NOTA: * No existe elemento de este tipo de material.

5.2.5.1 Saqui-Saqui (Ceiba)
Es un tipo de madera fina y sin repelo, de fibra larga regularmente abierta la cual la hace ser blanda. Conserva gran cantidad de humedad en su interior, lo que evita que al recibir la humedad del concreto se deforme y pueda aprovecharse varias veces. Esta madera reune todas las condiciones requeridas para tableros y todo tipo de formaletas.

5.2.5.2 Moreillo (Aurora o Aurora rosada)
Es una madera semidura de fibras regularmente compactas. Se utiliza para guías, parales, largueros, tornapuntas y otros. No se recomienda utilizar en tablas, ya que se dificulta el clavado y tiende a rajarse y torcerse fácilmente.

5.2.5.3 Mangle
Es una madera muy dura y con gran contracción. Se utiliza para puntales.

5.3 MONTAJE Y DESMONTAJE

Cuanto el montaje y desmontaje de los encofrados se haga exclusivamente con mano de obra, es conveniente que los tableros y demás elementos no excedan de un peso de 35 kg por operario, procurando no abusar del número de estos. La madera debe estar exenta de nudos que comprometan la estabilidad de los moldes. En cuanto a otros materiales tales como: clavos, alambre pernos, tuercas, y otros, son elementos que se deben seleccionar ya que de ellos también dependerá la resistencia de los moldes.

6 REQUISITOS

6.1 DE DISEÑO

Los elementos que componen el encofrado deberán tener las dimensiones y características necesarias para resistir sin deformaciones las cargas de trabajo, de acuerdo a lo especificado a continuación:

6.1.1 La separación y cantidad de traviesas, dependerá del tamaño del encofrado, teniendo en cuenta la presión del concreto según el volumen de éste.

6.1.2 Las traviesas deberán tener un ancho entre 7 x 10 cm, aproximadamente por el mismo espesor de la tabla. El largo de las traviesas vá en función de los diferentes elementos de encofrado.

6.1.3 La separación entre traviesas no deberá ser mayor a 80 cm. Las traviesas se deberán colocar medio centímetro del centro de los tableros, también en algunos casos sobresaldrán 2,50 cm. (Ver Fig. 3).

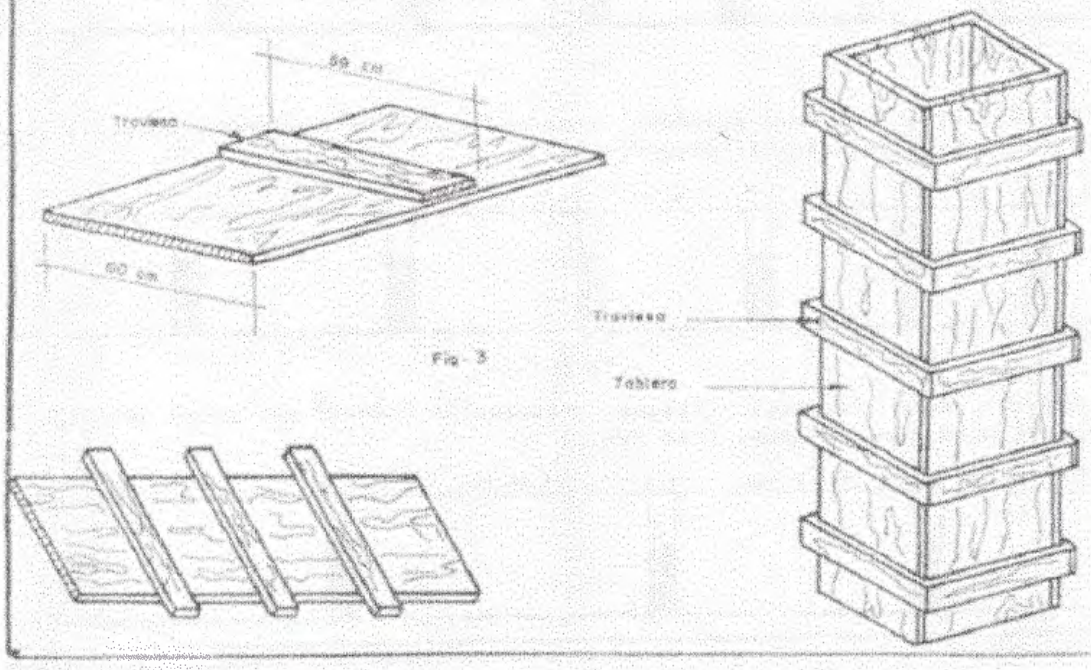


Fig. 3

6.1.4 Los cepos podrán ser de 10 cm de ancho por 24 cm más que el ancho de los tableros del encofrado, el grueso podrá ser de 2,5 cm si es de tabla y de 5 cm si es de cuartón. (Ver Fig. 5).

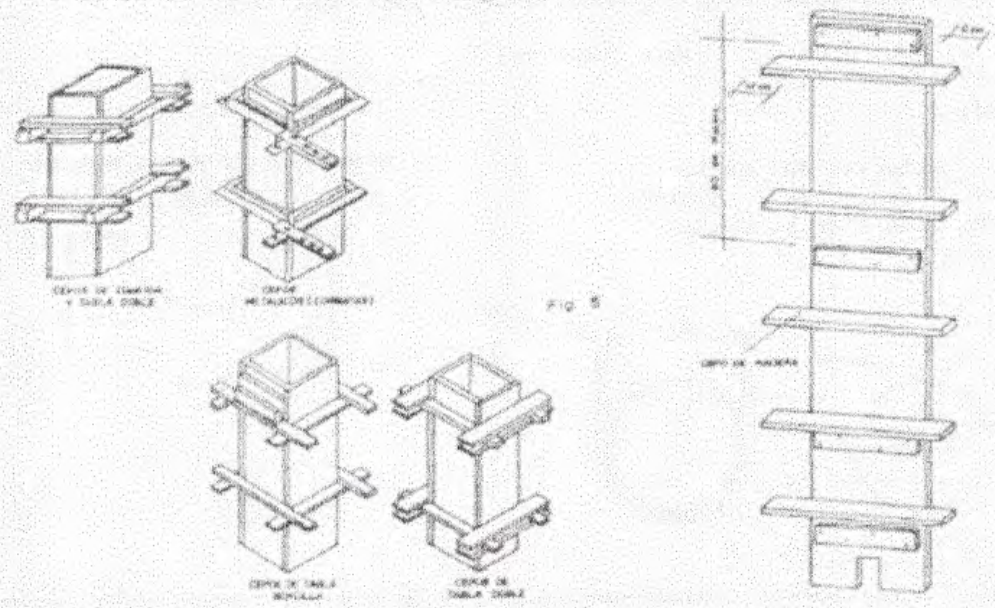


Fig. 5

6.1.5 Los cepos para columnas de tipo normal se deberán colocar el primero a 30 cm del piso y los restantes a 45 cm aproximadamente.

6.1.6 Cuando se utilice corbatas de metal, se deberá colocar travesaños para que las corbatas queden apoyadas sobre éstas. (Ver Fig. 10.).

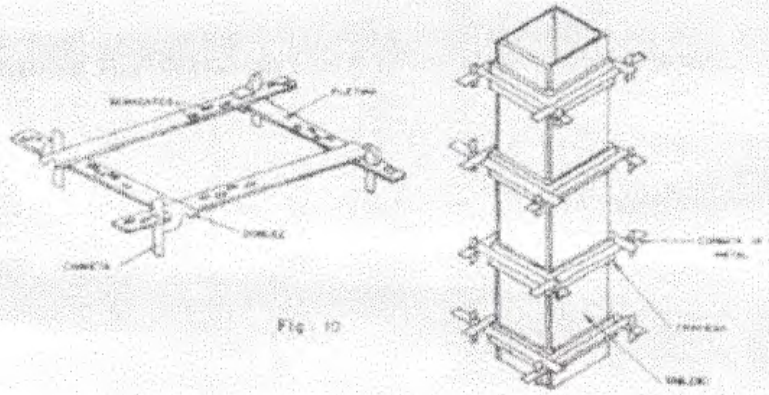


Fig. 10

6.1.7 Los refuerzos (cepos de madera o corbatas metálicas), deberán colocarse más juntos en la parte inferior de la columna, ya que cuando en el encofrado se vacía el concreto, éste produce una fuerza de empuje que trata de separar los tableros del encofrado.
Esta fuerza se produce en forma creciente de arriba hacia abajo, y ejerce la mayor intensidad en el tercio inferior de la altura del encofrado. (Ver Fig. 11).

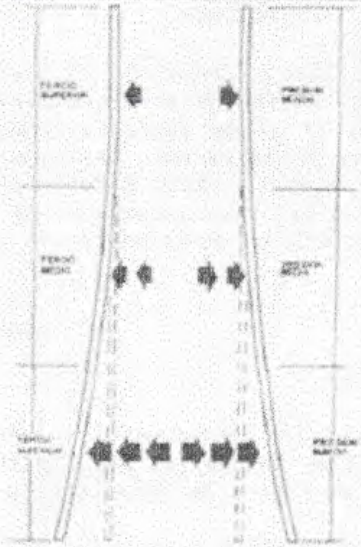


Fig. 8

6.1.8 Para columnas, generalmente el primer refuerzo deberá ir a 30 cm de la parte inferior del encofrado. Los sucesivos refuerzos deberán colocarse a 45 cm aproximadamente. (Ver Fig. 12).

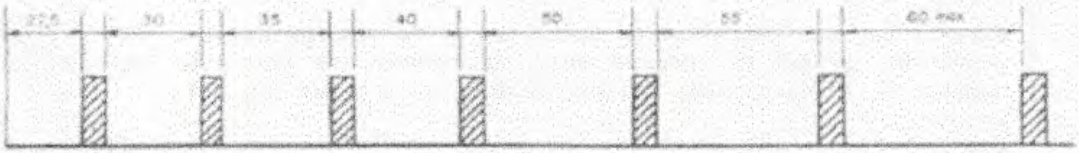


Fig. 12

6.1.9 Para columnas pesadas, mayores de 0.24 m^2 se podrá aplicar las siguientes separaciones. (Ver Fig. 13).

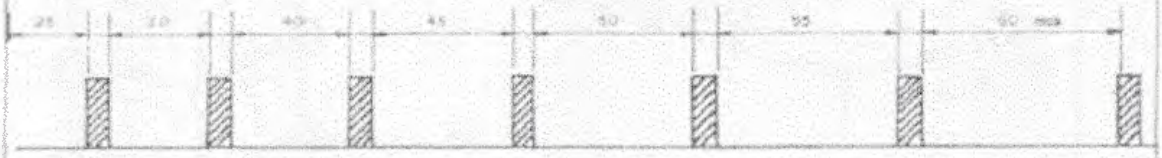


Fig. 13

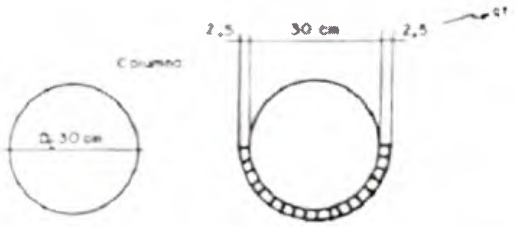
6.1.10 Para columnas ligeras, menores de 0.24 m^2 se podrá aplicar las siguientes separaciones. (Ver Fig. 14).

6.1.11 El diámetro de los camones deberá ser mayor que el de la columna, éste se calculará de la siguiente manera: (Ver Fig. 17).

$$D = Dc + Gt$$

Donde:

D = diámetro del camón
Dc = diámetro de la columna
Gt = grueso de la tabla.



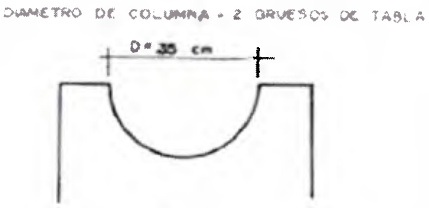


Fig. 17

6.1.12 Los parales podrán ser de 10 x 5 cm y su separación debe ser de 60 cm máximo.

6.1.13 Los largueros podrán ser de 10 x 5 cm el primero se deberá colocar a 15 cm de la base, los dos siguientes de 40 a 50 cm y los otros de 60 a 80 cm.

6.1.14 Todos los encofrados deberán ser tratados con aceites, para evitar que el concreto se adhiera a la madera, estos aceites deberán aplicarse antes del montaje, en todo caso el aceitado se deberá hacer antes de la colocación de los refuerzos.

7. INSPECCIÓN

Para la inspección de los encofrados se deberá tener encuenta los siguientes factores:

- Factores
  - Ejes
  - Moldes
    - ubicación
    - nivelación
    - refuerzos
    - juntas
  - Apuntalamiento
  - Arriostramiento
  - Desencofrado

6.2.1 Ejes

Se deberá verificar los ejes en el replanteo teniendo en cuenta las referencias, medidas y ángulos, se deberá revisar también los ejes en cada nueva planta y comprobar que correspondan exactamente con los de la planta inferior, ya que de ello depende la, superposición exacta de los centros de ejes verticales.

6.2.1.1 Se deberá verificar que todos los elementos, en particular las columnas, tengan sus ejes perpendiculares, coincidiendo con la intersección de los ejes principales.

6.2.1.2 Las caras de los tableros (en el caso de ser rectangulares o cuadrados) deberán ser paralelos a los ejes principales.

6.2.1.3 Se deberá verificar que los puntos de referencia para el trazado de los ejes sean inamovibles, y que estén debidamente identificados con el plano respectivo.

6.2.2 Moldes

Los moldes de cualquier material se deberán verificar tomando en cuenta:

6.2.2.1 Ubicación
Se deberá verificar si los moldes están colocados en la posición correcta respecto a sus ejes y se correspondan con las especificaciones referidas en el proyecto.

6.2.2.1.1 Los moldes de columnas deberán revisarse con cuidado, ya que de éstos depende la correcta ubicación de las vigas.

6.2.2.1.2 Las caras de los moldes deberán ser paralelas a sus ejes en columnas cuadradas o rectangulares.

6.2.2.1.3 En columnas circulares o poligonales, se deberá comprobar que el eje vertical del molde coincida exactamente, con la intersección de los ejes principales, también se deberá comprobar que los arranques de escaleras, ejes de paredes o muros correspondan con los ejes respectivos.

6.2.2.2 Nivelación
Se deberá tomar en cuenta la contraflecha necesaria para que la estructura una vez desencofraca tome la posición prevista. Se podrá tomar una contraflecha de 1 mm por m. Cuando se trate de estructuas especiales las contaflechas deberán ser las que resulten de los estudios elásticos.

6.2.2.2.1 Se deberá verificar el aplomado en varios puntos del tablero, principalmente en los extremos. Cuando el molde es circular o poligonal el aplomado se deberá comprobar por su eje vertical, el cual debe coincidir en la intersección de los ejes principales.

6.2.2.2.2 Se deberá comprobar la verticalidad de los costados de vigas y tableros de cierres de losas.

6.2.2.2.3 Se deberá verificar la horizontalidad de los peldaños en las escaleras y en los diferentes puntos de nivel de las losas.

6.2.2.2.4 Se deberá verificar las posiciones y formas, así como la solidez del apoyo antes de vaciar el concreto o después de una lluvia.

6.2.2.3 Refuezos
Se deberá verificar que los moldes tengan las piezas de refuerzos (tales como: corbatas, tensores, codales y otros) que garanticen la suficiente resistencia de los tableros para contrarrestar la presión que ejercerá el concreto al momento del vaciado de tal forma que no permitan ningún tipo de deformación.

6.2.2.4 Juntas
Deberán ser estancas y en caso de ser necesario se deberán calafatear con estopa o similar a fin de evitar escapes de lechada del concreto.

6.2.3 Apuntalamiento

Los encofrados deberán estar apoyados sobre puntales, que se arriostraran longitudinalmente y transversalmente, de modo que las cargas horizontales que produzcan puedan ser transmitidas directamente al suelo.

6.2.3.1 Para apuntalar con piezas de madera se deberán usar puntales rectos y si se usan viguetas, tendrán un diámetro no menor de 7 cm, se deberán arriostrar con cruces de San Andrés y para reducir la longitud de pandeo se colocarán arriostramientos en direcciones perpendiculares entre sí.

6.2.3.2 Si el apuntalamiento está hecho sobre terreno natural, la carga transmitida por los puntales deberá distribuirse sobre éste, por medio de tablas, cuñas de madera, fundaciones de concreto u otro dispositivo conveniente de acuerdo a la resistencia del suelo.

6.2.3.3 El encofrado y el apuntalamiento con elementos de acero deberán tener un factor de seguridad no menor de 2.5.

6.2.3.4 En los apoyos de los puntales se intercalarán cuñas, cajas o sacos de arena y dispositivos de tornillo, en caso de puntales metálicos, para que el desencofrado se efectué en forma gradual sin choques ni sacudidas.

6.2.3.5 Si la construcción es de varios niveles los puntales de los distintos niveles deberán colocarse superpuestos según sus verticales.

6.2.3.6 Los empalmes de puntales deberán hacerse a tope y con cubrejuntas, si son circulares, se colocarán por lo menos tres cubrejuntas y cuatro si la sección es rectangular.

6.2.3.7 El largo de cada cubrejuntas no deberá ser inferior a siete veces la menor dimensión transversal por empalmar.

6.2.3.8 La cantidad de puntales empalmados no será mayor del 20% del total distribuidos equitativamente entre los puntales sin empalmar.

6.2.3.9 Los puntales no deberán llevar empalmes en el tercio central.

6.2.3.10 La separación máxima entre puntales es de 1,50 m. Esta distancia puede variar en función del peso que deberá soportar, pero en ningún caso debe sobrepasar esta distancia.

6.2.3.11 Al desencofrar se deberán dejar en su sitio algunos "puntales de seguridad" durante un período de 8 días en las obras construídas con cemento de tipo normal o de 4 días para las de cemento de alta resistencia inicial.

6.2.3.12 Se verificará que los puntales no tengan empalmes y estén colocados superpuestos según sus verticales en los diferentes pisos.

6.2.3.13 En losas de más de 3 m de luz, se deberá dejar un puntal de seguridad en el centro de la losa y a partir de éste se dejarán puntales a una distancia máxima entre sí de 3 m.

6.2.3.14 En vigas de menos de 3 m de luz se deberá dejar un puntal de seguridad en el centro de la luz.

6.2.3.15 En vigas de más de 3 m de luz se deberá usar el número de puntales de seguridad señalado en la tabla No. 2.

TABLA No. 2. Distancia máxima entre puntales

LUZ DE VIGA (m)	No. DE PUNTALES DE SEGURIDAD
3 a 6	2
6 a 8	3
8 a 10	4

6.2.4 Arriostramiento

Se deberá comprobar que el arriostramiento es suficiente para garantizar la estabilidad de los moldes y que éstos estén suficientemente fijos.
Cuando sea necesario apuntalar un molde muy alto, es recomendable utilizar andamios de acuerdo con lo especificado en la Norma Venezolana COVENIN 2116.

6.2.5 Antes del vaciado del concreto los encofrados se deberán humedecer con el objeto de evitar que absorban el agua que contiene la mezcla de concreto.

6.2.6 Desencofrado

6.2.6.1 El desencofrado se deberá efectuar con el mayor cuidado para no deteriorar los moldes.

6.2.6.2 Se verificará que no se desencofre antes de que el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar las cargas muertas y las cargas adicionales que puedan presentarse. El coeficiente de seguridad no será inferior a 2.

6.2.6.3 El desencofrado se deberá hacer sin trepitaciones, ni sacudidas violentas ni repetidas.

6.2.6.4 Las columnas deberán desencofrarse antes de desencofrar las losas y vigas que sustentan.

6.2.6.5 Para utilizar un entrepiso inmediatamente después de retirar los puntales, se deberán tomar precauciones adicionales.

6.2.6.6 Durante el desencofrado se deberá cerrar el tránsito de personas y sólo se permitirá la presencia de aquellas necesarias para la operación.

6.2.6.7 Las losas comenzarán a ser desencofradas por los extremos y luego la zona central. En la tabla No. 3 se indican los tiempos mínimos de desencofrado, dependiendo del tipo de concreto y el elemento estructural a desencofrar.

TABLA 3.2.6. Tiempos mínimos para desencofrar

Clase de cemento	Costados de vigas, pilares y muros	Losas con luz menor o igual a 3 m	Losas con luz mayor a 3 m Luz menor a 5 m Vigas con luz menor o igual 6 m	Losas con luz mayor a 5 m Vigas con luz mayor a 6 m
Cemento Portland	2 días	6 días	12 días	2,50 x longitud de días
Cemento de alta resistencia	1 día	2 días	6 días	1,10 x longitud de días.

BIBLIOGRAFIA

Venezuela. Ministerio del Trabajo. Reforma Parcial del Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Decreto No. 1564. Capitulo IV. Caracas 31 de Diciembre de 1973.

Instituto Venezolano de los Seguros Sociales. Normas Técnicas para la Prevención y Control de los Riesgos Profesionales en la Industria de la Construcción. VI Congreso Interamericano de Prevención de Riesgos Profesionales. Caracas. Octubre 1981.

Venezuela. Ministerio del Desarrollo Urbano. Normas sobre Encofrados.

Venezuela. Ministerios de Obras Públicas. Andamios y soportes de cimbras y encofrados. Caracas. 1963.

Venezuela. Ministerio de Obras Públicas. Obras de concreto armado. Caracas 1971.

Neufert Ernst. Arte de Proyectar en Arquitectura. Barcelona. España. Editorial Gustavo Gili S.A.

Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cria. Informe de la Investigación Tecnológica sobre 15 maderas de la región del rio Suapure en el Estado

Bolivar. Universidad de los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida 1973.

Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cria. Informe preliminar de aptitud para la fabricación de embalajes de 17 maderas de la región Centro - Occidental. Universidad de los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida 1971.

Rivera, Adolfo. Maderas de la Guayana. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de los Andes. 1969.

De Mayorca, Idrida. Durabilidad natural de 115 maderas de la Guayana Venezolana. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de los Andes. Septiembre 1973.

Arroyo Pérez, Joel. Propiedades y usos posibles de los mangles de la Región del Rio San Juan en la reserva forestal de Guarapiche. Edo Monagas. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de los Andes. Septiembre 1970.

Centeno, Julio Cesar. Esfuerzos de trabajo y grupos estructurales para maderas venezolanas. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de los Andes. 1978.

Australian Standard. 1510-1974. Control of Concrete. Surfaces Formwork.

Australian Standard. 1082-1971. Glossary of Formwork Terms.

Australian Standard. 1509-1974. Saa Formwork Code.

ACI 347-78. Recommended practice for Concrete Formwork.

AGC - 1958. Manual of Accident Prevention in Construccion.

COVENIN
2244 - 91

CATEGORIA
D

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES
MINISTERIO DE FOMENTO
Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12
Telf. 575. 41. 11 Fax: 574. 13. 12
CARACAS

publicación de: FONDONORMA

CDU: 69.057.5.006.88

ISBN 980 - 6019 - 00 - 8

Cualquier tradu cion o reproducción parcial o total de la presente Norma deberá ser autorizada por el Ministerio de Fomento

ANEXO 2

NORMA VENEZOLANA
1753-2006

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL

Caracas, Agosto 2006

6.5.2 Preparación previa al vaciado

Inmediatamente antes de continuar el vaciado, todas las juntas de construcción deben humedecerse, eliminándose el agua que haya quedado depositada en ellas.

6.5.3 Ubicación y ejecución

Las juntas de construcción deben localizarse y ejecutarse de tal forma que no afecten significativamente la resistencia de la estructura, adoptando las precauciones necesarias para transmitir la fuerza cortante y otras solicitaciones. Véase el Artículo 11.6. Para tanques y recipientes estancos, véase el Artículo E.5

En los pisos, las juntas de construcción se localizarán en el tercio central de las luces de las losas y vigas. En las vigas principales las juntas se separarán de la intersección con las vigas secundarias, una distancia no menor de dos veces el ancho de estas últimas.

Cuando las losas y vigas se vacíen conjuntamente con las columnas y muros de soporte, es recomendable que transcurra cierto tiempo entre el vaciado de los elementos de apoyo y los horizontales, hasta que el concreto de los primeros inicie su fraguado y no se produzcan asentamientos.

Las vigas, cartelas, ábacos y capiteles, se vaciarán monolíticamente como parte del sistema del piso, a menos que se indique otra cosa en los planos estructurales o especificaciones.

ANEXO 3

EQUIPOS Y MATERIALES
PARA LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN
EL PRINCIPIO DE LAS GRANDES OBRAS
ADV
ANDAMIOS
DAIMINE S.A.
SISTEMAS INTEGRADOS
35

ESTRUCTURAS TUBULARES ARMABLES

SISTEMA DE TUBO ACOPLADO DE Ø 48

Andamios Dalmine S.A. ha sido el primero en el país en estudiar y promover el empleo de las estructuras tubulares desmontables, proporcionándoles a la originalidad y elasticidad del sistema las bases técnicas para las innumerables aplicaciones posibles.

Las características de los elementos componentes son por lo tanto fruto de una larga experiencia, respondiendo a todas las exigencias del trabajo en los patios de obras de construcción.

La lista de las aplicaciones que viene a continuación no es completa, ella tiene únicamente la finalidad de dar una idea general acerca de las posibilidades que permite la universalidad del sistema: andamiajes para nuevas construcciones y para restauraciones de edificios, formaletas y estructuras especiales de soporte de vaciados de cemento armado, pasarelas, cobertizos y barracas con su cobertura y revestimientos, estructuras de servicio para el montaje de maquinarias e instalaciones, tribunas descubiertas y cubiertas para estudios, manifestaciones, etc. estructuras publicitarias, etc.

ABRAZADERAS

La abrazadera ortogonal es el más importante entre los acoplamientos que constituyen el sistema y la más empleada en la composición de las estructuras. Está compuesta por un núcleo, dos tapas, cuatro tornillos con sus tuercas y dos arandelas, está dimensionada de tal manera que le asegura la rigidez de la unión y una elevada resistencia al esfuerzo cortante. El núcleo y las tapas se producen en una línea mecanizada de estampado con control de calidad incorporado y se garantiza su indeformabilidad hasta un momento de corte de 600 Kg./cm. Las abrazaderas ortogonales están pretratadas o bien, mediante un proceso de hiperfosfatación que garantiza una elevada resistencia a los agentes atmosféricos basado en un tratamiento de galvanización electrolítica con pasivación posterior en baño de sales de cromo, o procedimiento automático de desengrase, fosfatación y posterior barnizado con recubrimiento al horno a 180° C.

ABRAZADERAS ORIENTABLES

Para conexión según un ángulo cualquiera de dos tubos transversales.

ABRAZADERAS ORTOGONALES

Para la conectar el ángulo recto de dos tubos transversales.

PASADOR

Para guía en la unión axial de dos tubos.

BASE NORMAL

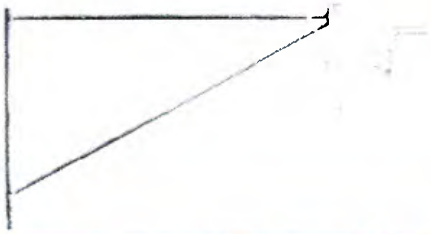
Para repartir la carga sobre la superficie de apoyo.

ESTRUCTURAS DE APUNTALAMIENTO

PAL - DAL ® ESTRUCTURA RÁPIDA DE APUNTALAMIENTO CON ELEMENTOS TRIANGULARES PREFABRICADOS

CARACTERÍSTICAS

La única estructura con elementos triangulares indeformables. SIMPLICIDAD de empleo. RAPIDEZ sorprendente de montaje y desmontaje. RIGIDEZ extrema debido a la forma triangular. FACILIDAD de adaptación y regulación para todas las alturas. ECONOMÍA de mantenimiento y almacenamiento. EMPLEO de mano de obra sin la más mínima dificultad de consulta. Torres de montaje. MONTANTES de tubo de 48 mm. de Ø que permiten el acoplamiento con el sistema tradicional de andamiajes. SEGURIDAD de montaje.



EMPLEOS

Las torres PAL - DAL ® se emplean para sostener placas, cubiertas, vías de ferrocarril para pilas de puente, bóvedas de gran radio, tanques cilíndricos y en la realización de puentes de armaduras, viaductos, etc. Se pueden erigir además torres porta - reflectores, torres para tomas cinematográficas y televisivas y estructuras auxiliares de servicio para el montaje de galpones y cobertizos, torres de explotación de plantas o estructuras manutenidas, etc.

MARCO TRIANGULAR CORRIENTE

Para la construcción de torres de sección triangular o cuadrada. Formado por un montante de tubo de 48 mm. de Ø. Se produce con montantes de 1m. y 0.75m. de altura.

SOBRECARGAS

Las torres PAL - DAL ® alcanzan en su diversa estructuración capacidades de 12 toneladas para torres de sistema triangular y 16 toneladas para las torres de planta cuadrada. La carga máxima para cada montaje es de 4 toneladas.

LARGUEROS

Construidos de tubos de 33 mm. de Ø, se emplean en la base de las torres para la conexión entre los montantes y también en las torres de base cuadrada, como diagonal en planta.

ESPINA

Introducido en el orificio apropiado, sirve para la conexión entre las montas para impedir que la salga fortuitamente.

BASE INCLINABLE DE REGULACIÓN

Constituida por un asiento cubular con 38 mm. de Ø roscado, provisto de filete matriz con manillas para regular y desatmar el conjunto de perfiles. La base de apoyo permite una inclinación de conjunto de perfiles hasta el 10% y una regulación de 25 cms. en la altura.

MARCO TRIANGULAR SIN ESPIGA

Se emplea como marco en el caso de cuando se necesita la base inclinable de regulación para facilitar la nivelación en la base de los montantes de la torre.

BASE DE REGULACIÓN

Se emplea para nivelar las bases de apoyo o cada elementos de desatmar superior. Recorrido 45 cm. Capacidad máxima: 5 toneladas.

BASE DE PARTIDA

Constituida por una chapa soldada en un tubo de 48 mm. de Ø.

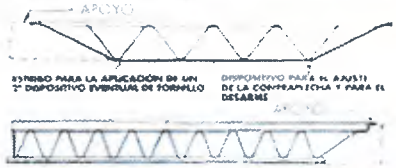
PAL - DAL ® está protegido mediante un procedimiento automático de desengrase, fosfatación y posterior barnizado con secamiento al horno a 180° C.

VIGAS EXTENSIBLES PARA ARMAR PLACAS

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES

- Elementos Coaxiales telescópicos
- Montaje preconstituido y ajustable
- Posibilidad del tránsito de desarme y de ajuste del montaje
- Rapidez de colocación en la obra o de desarme
- Posibilidad de armar por techos
- Ausencia de flexión desviada por la simetría de los elementos con respecto al eje longitudinal
- Cualquier luz de mampostería a partir de 2.05 m
- Todos los elementos de acero de calidad

La viga se puede componer de dos elementos (uno externo) y (uno interno) o bien de tres elementos (dos externos y uno interno) o dos internos y uno externo)



La serie corriente está constituida por los siguientes tipos:

TLV - 3

Tabla de las cargas admisibles en Kg./m2 en función de la luz y del interaje de las vigas

LUZ M.	INTERAJE M. 0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
2,75	1750	1500	1300	940	820	725	640
3,00	1450	1180	990	850	740	650	570
3,25	1220	980	800	710	610	530	470
3,50	1020	890	730	610	530	470	410
3,75	1130	910	760	650	560	490	430
4,00	1050	830	700	600	510	450	390
4,25	910	730	610	510	430	380	330
4,50	800	640	530	440	380	320	280
4,75	700	560	460	380	320	270	240
5,00	620	490	400	330	280	230	200
5,25	550	430	350	290	240	200	170
5,50	490	380	300	250	200	170	140
5,75	430	330	260	210	170	140	120
6,00	380	290	230	180	140	120	90

(Está previsto que las vigas sean sobrecargadas con una sobre carga de 150 Kg./m2 debida a los obreros y equipos de trabajo)
Tablas de las combinaciones de los elementos de viga en relación con la longitud útil de empleo (se deben incluyendo las chapas de apoyo)

LONGITUD UTIL DE EMPLEO M.	2,85-4,34	3,48-5,34	3,48-5,40	3,48-6,20	5,12-6,12	5,23-6,83	5,12-6,88	5,92-6,88	6,03-7,25	5,25-7,31	5,92-7,78	6,44-7,84	6,85-8,05	6,03-8,11	6,44-8,44	6,85-8,91
Elemento externo 256	1		1		1	2		1	1	2		1		1		
Elemento interno 256		1		1			1		1		1		2	1	1	2
Elemento externo 256	1	1			2	1	2	1	1		1		1			
Elemento externo 342			1	1				1		1	1	2		1	2	1

ELEMENTO EXTERNO

Los elementos externos están dotados de un dispositivo de tornillo para el ajuste del montaje y para el desarme y de un estribo acondicionado para recibir otro dispositivo de tornillo, en el caso en que se requiera el empleo de un elemento externo (combinado con dos internos).

ELEMENTO INTERNO

La conformación estructural de los elementos internos permite absorber los momentos de flexión negativos (debidos a la armadura por techos y al frame) visto en el caso de luces notables o sobrecargas de consistencia.

PUNTALES AJUSTABLES

PUNTAL AJUSTABLE DE TORNILLO SUPERIOR (PR)

Está compuesto por un elemento de base de tubo de acero de 57 mm. de Ø y 1,65 m. de longitud, con base cuadrada 0,6 y un dispositivo roscado en la parte superior con manillas para el ajuste milimétrico de la altura y para el desarme.

En el elemento de base se introduce una extensión de tubo de 48 mm. de Ø provista de orificios con paso de 10 cm. para la introducción del pasador de retención.

La extensión está disponible en la longitud de 1,55, 2,05 y 3,05 m. con base cuadrada.

Altura mínima 2,10 m. Máxima 3,05, 3,50 y 4,50 m.

ENCOFRADOS

ENCOFRADOS ARMABLES DE SERIE UNIVERSAL

CARACTERISTICAS

El sistema patentado de los encofrados de Ponteggi Dolmine se caracteriza por la simplicidad de las partes, constituidas por paneles de medidas standard y por accesorios.

Los Paneles se obtienen de láminas de acero de características especiales, con bordes doblados mediante procedimiento patentado que permite obtener ángulos suficientemente agudos que dan lugar a superficies de vaciado uniforme. Los bordes tienen una perforación de precisión en la que se colocan mordazas patentadas que unen los paneles ajustando al mismo tiempo su posición y fijándolos a una estructura de soporte de material normal de andamiajes de 48 mm. de Ø.

El sistema ha sido estudiado detalladamente para que permita, con un número limitado de piezas estandarizadas, el mayor número de aplicaciones: fundaciones, muros, pilastras, vigas, placas, tanques rectangulares y circulares, silos, torres de refrigeración, diques, pilas y tableros de puentes y viaductos, pórticos, chimeneas, canales, etc.

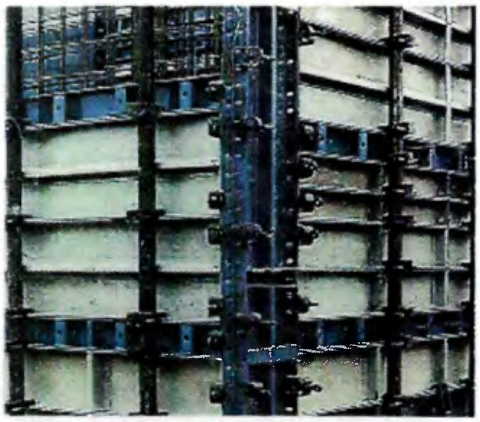
La solidez de los materiales asegura una larga duración de los encofrados con poco mantenimiento.

MONTANTE

Panel de tipo particular convenientemente reforzado y perforado para alojar los tirantes distanciadores junto con una estructura de tubos de andamiajes de 48 mm. de Ø. Los montantes constituyen la estructura resistente de los encofrados.

PANEL DE COMPENSACIÓN

Presenta una sola brida lateral doblada y perforada normalmente. Los paneles de compensación se emplean para obtener medidas en múltiplos de 5 cm. en unión con los paneles normales.



PANELES NORMALES

La ilustración reproduce dos tipos de series de paneles normales: el panel plano de 100 x 50 cm. y el panel plano de 100 x 20 cm. respectivamente. En el panel de 100 x 50 cm. son evidentes los refuerzos especiales en V dispuestos longitudinalmente que aseguran rigidez e inercia excepcionales.

PANELES PARA ENCOFRAR ANGULOS

Elementos de ángulo 90° para la formación de ángulos internos o externos entre dos paredes.

TIPO	DIMENSIONES CM.
Paneles Normales	100 x 50 100 x 35 100 x 20< 100 x 15 100 x 10 200 x 30 200 x 25 200 x 20 200 x 15 200 x 10 150 x 75 100 x 50 100 x 30 100 x 25 100 x 20 100 x 15 100 x 10 50 x 10 50 x 30 50 x 25 50 x 20 50 x 15 50 x 10
Paneles con angulo interno de 90°	100 x 20 x 5 100 x 20 x 5 100 x 20 x 5 50 x 20 x 5

TIPO	DIMENSIONES CM.
Paneles con angulo externo de 90°	100 x 5 x 5 200 x 5 x 5 100 x 5 x 5 50 x 5 x 5
Paneles flexibles	50 x 30 50 x 60 50 x 60
Paneles de compensacion	100 x 20 200 x 20 100 x 20 50 x 20
Montante	100 x 10 200 x 10
Cantoneras y chapas de conexion	100 x 5 x 5 200 x 5 x 5 100 x 5 x 5 50 x 5 x 5 S. 15 x 5 x 5
Mordazas	2 UNI

ENCOFRADOS Y OBRAS DE CARPINTERIA ESPECIALES

Además de los encofrados de serie, Andamios Dalmine de Venezuela comercializa encofrados de tipo especial, para galerías, cañerías, colectores, canales, pilas y pilares de puentes, vigas, etc., con sus estructuras de soporte y de fijación.

Toda instalación es estudiada cuidadosamente para asegurar sistemas de vacío racionales, elevados rendimientos productivos y la seguridad máxima de operación.

En el sector de los encofrados especiales están incluidos los empleados para la producción de elementos prefabricados para la construcción.

Se les estudia con base a las exigencias específicas de los usuarios con respecto al tipo de producción deseada y se les realiza con requisitos notables de fortaleza y duración.

TEL - DAL ® ANDAMIAJE DE MARCOS PREFABRICADOS

CARACTERÍSTICAS

El andamiaje de elementos prefabricados **TEL - DAL ®**, es el resultado de estudios minuciosos basados en la premisa de un alto grado de seguridad y una versatilidad y facilidad de empleo en la composición de estructuras. Se construye en dos versiones: con marco de pórtico y con marco en forma de H.

TEL - DAL ®, permite varios esquemas, con barandaje doble contra accidentes o con barandaje simple y diagonal en elevación. Puede integrarse con elementos del sistema tubular desmontable de tipo universal.

TEL - DAL ®, se ajusta a las normas de seguridad internacionales.

TEL - DAL ®, se construye en serie en líneas apropiadas de producción que aseguran una calidad elevada y constante del producto, es protegido mediante un procedimiento automático de desengrase, fosfatación y posteriormente barnizado en azul por inmersión con cocción a 180 °C.

SOBRECARGAS

El andamiaje **TEL - DAL ®**, puede utilizarse tanto como andamiaje de construcción (sobrecarga total de proyección horizontal 370 kg./m2 con un máximo de 300 kg./m2, uniformemente distribuidos en un solo piso), así como también andamiaje de conservación (sobrecarga total de proyección horizontal 345 kg./m2 con un máximo de 150 kg./m2 uniformemente distribuidos en un solo piso de trabajo).

El **TEL - DAL ®**, empleado como andamiaje de construcción puede alcanzar una altura de 40 m, en tanto que el empleado como andamiaje de conservación puede alcanzar una altura de 76 m.

MARCO DE PÓRTICO

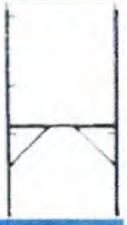
Constituido por dos montantes y un travesaño de tubo de 48 mm.

ESPINAS

Introducidas en el hueco apropiado, con el perno, sirve para la conexión entre los marcos.

MARCO EN H

Constituido por dos montantes y un travesaño colocado aproximadamente a media altura en tubo de 48 mm. de Ø, intercambiable con el tipo de pórtico y correspondientes accesorios con excepción de la diagonal en cruzada. Símbolo H.



LARGUERO DE BARANDA

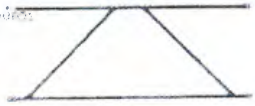
Para conectar marcos.

DIAGONAL EN PLANTA

Para la unión en planta de dos marcos.

BARANDA DOBLE

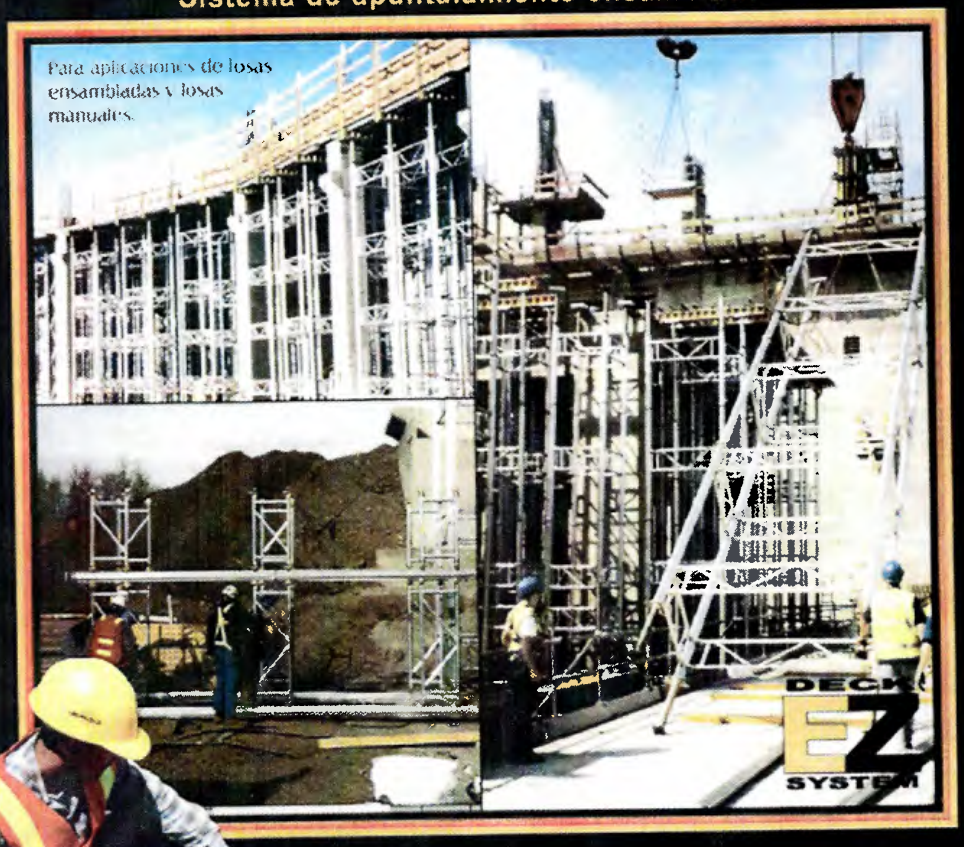
Para la conexión de los marcos.



EFC-89CSP E-Z DECK System
Spanish Model

E-Z DECK®

Sistema de apuntalamiento ensamblado



Sistema para losas y apuntalamiento

INTRODUCCIÓN

El Sistema E-Z DECK® combina tres importantes componentes para entregar un sistema completo de losas. Estos son la E-BEAM®, la Z-BEAM® y el E-Z SHORE®. Todos ellos han sido diseñados y calculados para cubrir y mover se ensamblados en grandes unidades modulares.

El Sistema E-Z DECK se arma convenientemente utilizado componentes estandar y tiene una flexibilidad sorprendente. Sobre el apuntalamiento E-Z SHORE se colocan las vigas primarias Z-BEAM, los cuales sirven de apoyo para las vigas secundarias de acero galvanizado E-BEAM. Finalmente se instalan las láminas de madera. Todo esto con pernos Z-BEAM como los sujetadores. La E-BEAM puede extenderse en voladizo más allá de los bordes de una línea de cuatro o más modulos, esto ofrece una flexibilidad para instalar. Mientras casi todas las dimensiones y a las diferentes dimensiones.

APUNTALAMIENTO E-Z SHORE

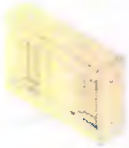
El Sistema E-Z DECK® combina los beneficios de los grandes modulos ensamblados que pueden izarse con gruas y además tienen pocos postes. Dependiendo de la configuración y de la altura del montaje el apuntalamiento E-Z DECK puede soportar hasta 124,5 kN por poste. Los postes de aluminio reducen el peso del montaje. Al comparar EFCO con otros sistemas de la competencia, la gran diferencia se encuentra en el tubo hueco de acero EFCO (rosca rápida) que se usa para el gato con su fuerza de rosca con rosca rápida que proporciona el doble de desplazamiento por cada giro.

E-BEAM

La viga de acero galvanizado E-BEAM de EFCO es un elemento estructural que sirve como apoyo para la colocación de madera en la aplicación de encofrado para losas. Su costo es del precio de una viga de aluminio y pesa un poco más, pero su costo es de aluminio. No necesita barra de madera plástico para clavar ni ajustar las laminas de madera.

Z-BEAM

La Z-BEAM de EFCO es una viga primaria para la E-BEAM, es mucho mas resistente a momento. Habitualmente e incluso tiene una conexión que trasmite momento. Cuando se conectan las Z-BEAMS extremo con extremo usando los Pernos Rosca Rapida de EFCO se obtiene una viga continua de cualquier longitud con propiedades estructurales uniformes.



Todos los componentes del sistema E-Z DECK, incluyendo las láminas de madera, están rápidamente conectados para permitir el movimiento de grandes módulos entre cuadrados. Existen tres métodos básicos de movimiento: Conjuntos de Rueda EFCO, montacargas o grúa.

El sistema E-Z DECK de EFCO está diseñado para reducir considerablemente los costos de mano de obra y a la vez reducir los costos de erigido. Como se logra esto?

- **Las unidades modulares se ensamblan en el suelo y luego se levantan o se izan al lugar del vaciado.**
- **Los componentes del apuntalamiento son de aluminio y además tiene la ventaja del gato hueco de acero con rosca rápida.**
- **Cada poste tiene capacidad de hasta 124,5 kN.**
- **Los postes pueden espaciarse en cuadriculas desde 1,2 x 1,2m hasta 3 m x 3m incluyendo modulos rectangulares entre dichas dimensiones.**

Todo lo anterior representa menos postes, menos marcos y en general un menor número de componentes que realmente se manejan. Menos tiempo tanto de montaje como desmontaje. Lo más importante, se pueden armar módulos más grandes con menos gastos. El sistema E-Z DECK de EFCO ofrece eficiencia [illegible] sorprendente.

TABLA DE CONTENIDO

"El Corazón" del sistema
Montaje de las losas E-Z DECK
Movimiento de grandes modulos entre vaciados 8-9
Losas planas y losas con capiteles 10-11
Vigas y losas. Apuntalamientos pesados 12-13
Caracteristicas. Comparaciones y Beneficios 14-15
Caracteristicas. Comparaciones y Beneficios - Clavos y grapas 16-17
Especificaciones Técnicas 18-19
Aplicaciones E-Z DECK 20-23
E-BEAM y Z-BEAM 24-25
Componentes y Accesorios 26-27

UNA VENTAJA COMPETITIVA

Un contratista puede diferenciarse enfocándose en metodos, herramientas y equipos. Por eso EFCO se esfuerza por entregar el mejor valor y el costo mas bajo de concreto vaciado en obra. Esto aplica a la construccion en concreto y a los sistemas de encofrado y de apuntalamiento.

SISTEMA E-Z DECK DE EFCO

La mayoria de los lectores de nuestra publicacion FORM MARKS han conocido sobre EFCO y pueden incluso haber usado equipos EFCO por años. Como los contratistas exitosos EFCO continua diferenciandose de otros proveedores de encofrados a traves de mejores metodos y equipos.

LIDER POR 74 AÑOS

A lo largo de 74 años EFCO ha sido lider en el diseño, ingeniería y fabricación de los mejores sistemas para la construccion de concretos verticales en muros. Este trabajo incluye columnas circulares, columnas cuadradas y muros. Al mismo tiempo EFCO ha sido reconocido tambien por su excelencia en equipos de apuntalamiento y encofrados para concretos aéreos como vigas cabezales en puentes y vigas de estadios. Esto se ha logrado con sistemas patentados que capitalizan la inigualable calidad del acero y sus propiedades extraordinarias de resistencia a tension y a compresion; esto incluye los equipos con cara de contacto en acero que producen excelentes acabados en el concreto.

EFCO PERFECCIONA UN SISTEMA DE LOSA VOLADORA

EFCO, con su nuevo sistema E-Z DECK, ha afrontado la construccion de concretos aereos en losas y vigas con la misma innovación y creatividad inventiva. EFCO se comunica a nivel personal. Somos una compania impulsada por gente con pasion - pasion por entregar el mejor valor y el costo más bajo de concreto vaciado en obra. Esta pasión ha abierto nuevos horizontes para EFCO y para los contratistas que trabajan con nosotros, con un nuevo sistema para la construccion de losas planas y losas con vigas descolgadas. No hubiera sido suficiente para EFCO ingresar al mercado de apuntalamiento con una solución similar a las ya existentes.

Video de Entrenamiento #T1 – Procedimiento Paso a Paso de E-Z DECK de EFCO

Ahora EFCO tiene disponible un video de entrenamiento con el Procedimiento Paso a Paso que demuestra los métodos de ensamble exitosos, los ciclos de produccion y el desmontaje del sistema E-Z DECK. Para mayores detalles comuniquese con su Gerente de Area EFCO. Este video corto demuestra una vez mas el interes de EFCO por "Entregar el Mejor Valor y el Costo más Bajo de Concreto Vaciado en Obra" a los proyectos de construccion en concreto.

Sistema de Apuntalamiento Manual EFCO DECK

CATÁLOGO EFCO DECK
EFC-1015

E-Z DECK es el mejor sistema de apuntalamiento cuando se quiere izar y movilizar grandes modulos ensamblados. Cuando se requiere de un sistema de apuntalamiento manual, EFCO tiene su más reciente solucion innovadora para las necesidades de encofrado horizontal. EFCO DECK es una buena solución para la construccion de losas donde las mesas voladoras no son practicas o donde no son permitidas. Para mayor informacion consulte el catálogo EFC-1015 de EFCO.

CATÁLOGO SISTEMAS PARA EL SOPORTE EN LA CONSTRUCCION EFC-841SP

El Corazón del Sistem

E-BEAM® COMO VIGA SECUNDARIA

La viga secundaria E-BEAM es fabricada en acero galvanizado liviano y no requiere de una franja de madera para poder clavar en ella la cara de contacto. Se puede usar tanto clavos como tornillos para asegurar la cara de contacto de madera a esta viga secundaria de acero. La E-BEAM se emperna directamente a las Z-BEAMS utilizando los Pernos Rosca Rapida ETCO.

Z-BEAM® COMO VIGA PRIMARIA

La viga primaria Z-BEAM se emperna al Cabezal E, para facilitar el marco de torres ensambladas y para las más seguridad a los andamios. Puede igualmente emplearse la Z-BEAM para aplicaciones de torres ensamblados y si se prefiere precargar los plataformas de soporte de losa para luego ser izadas sobre la torre.

EL MARCO PARA ARRIOSTRAR Y EL POSTE E-Z SHORE®

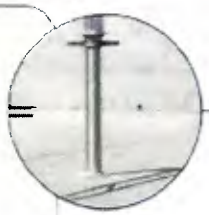
Los Marcos E-Z DECK hacen que las torres queden a escuadra y tienen en sus extremos una mandíbula ahusada patentada para conectar los Postes E-Z DECK entre sí. Los Postes E-Z DECK vienen en cuatro longitudes y se pueden conectar extremo con extremo. Son livianos y tienen una capacidad de carga de hasta 12,700 kg (125 kN) por poste.

LA ARANDELA DEL GATO

Las Arandelas Sintéticas ETCO sirven para reducir la fuerza necesaria al aflojar las mariposas de los gatos. Cada gato tiene capacidad de 7,269 kg a 12,700 kg (71 kN a 124 kN) dependiendo del montaje que se esté usando.

EL GATO LARGO Y EL GATO CORTO

Pueden ser colocados en cualquiera de los extremos del poste y dan una longitud de ajuste entre 127 mm y 914 mm. Son de acero para tener mayor durabilidad pero tienen paredes delgadas que los hacen livianos y fáciles de usar.



LOS ELEMENTOS DE IZAMIENTO

Las Orejas de Izamiento aplicadas a las Z-BEAM facilitan mover grandes módulos hasta la siguiente posición de vaciado.

EL CABEZAL-U

El diseño patentado del Cabezal-U permite un fácil ajuste de las plataformas de soporte de losa prearmadas, las cuales pueden ser izadas y cicladas sin necesidad de desmantelar o reacomodar.

LA MANDÍBULA DEL MARCO

Provee una unión de gran resistencia y de rotación rápida la que solo se requiere de un martillo para conectar el Marco con los Postes.

EL PERNO ROSCA RÁPIDA E-Z DECK

El Perno EFCO se utiliza en las placas de los extremos de los Postes E-Z DECK para conectarlos entre sí.

EL RETENEDOR DE GATO

Se requiere uno por gato y viene como un ensamble completo, para asegurar el Gato al Poste.

DECK EZ SYSTEM

SISTEMA E-Z DECK DE EFCO, DISEÑADO PARA SER EFICIENTE, CON MECÁNICA SIMPLE Y FLEXIBILIDAD SORPRENDENTE.

MONTAJE
DE TORRES E-Z DECK

DECK E-Z SYSTEM

La rigidez del Sistema E-Z DECK permite que sea ensamblado en un área de montaje y luego sea movilizado hasta la posición del primer vaciado diferenciándolo de los sistemas de apuntalamiento convencionales que deben ser armados en el mismo sitio del vaciado.

E-Z DECK®
MONTAJE DE TORRES E-Z DECK

MÉTODO 1 – Montaje de Abajo hacia Arriba

Ensamblar la superficie de losa utilizando las vigas E-BEAMS y las E-BEAMS de EPCO en conjunto con las armaduras de madera suministradas por el contratista para cada torre a ser ensamblada. Todo este trabajo se hace de manera seguro en el suelo.

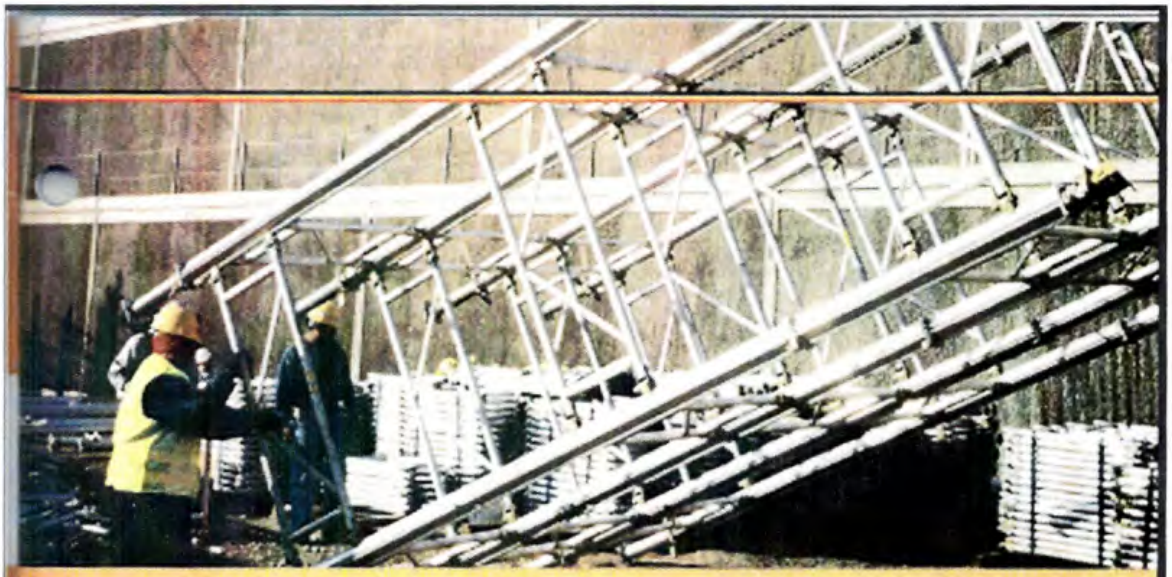
En el paso siguiente el Marco E-Z con las dos postes, armado previamente en la base, nos lleva de la torre.

Continuar la distancia correcta desde el extremo del Poste E-ZSHORE al Marco y centrar bloques de madera para ser usados como guía.

MÉTODO 2 – Ensamble de Arriba hacia Abajo

Ensamblar la superficie de losa utilizando las vigas E-BEAMS y las E-BEAMS de EPCO en conjunto con las armaduras de madera suministradas por el contratista para cada torre a ser ensamblada.

Ensamblar el marco de la torre de abajo con cuatro postes E-ZSHORE, cuatro gatos superiores y cuatro Cabezales. Seguir la secuencia de montaje indicada en los pasos dos, tres y cuatro del Método Ensamble de Arriba hacia Abajo.



Los dos métodos indicados a continuación mantienen el trabajo de producción al nivel del suelo.

Para una torre alta en E-Z DECK existe un método opcional que puede ser eficiente para su proyecto.

E-Z DECK®
SISTEMA DE ENCOFRADO ENSAMBLADO

MOVIMIENTO DE GRANDES MÓDULOS ENTRE VACIADOS

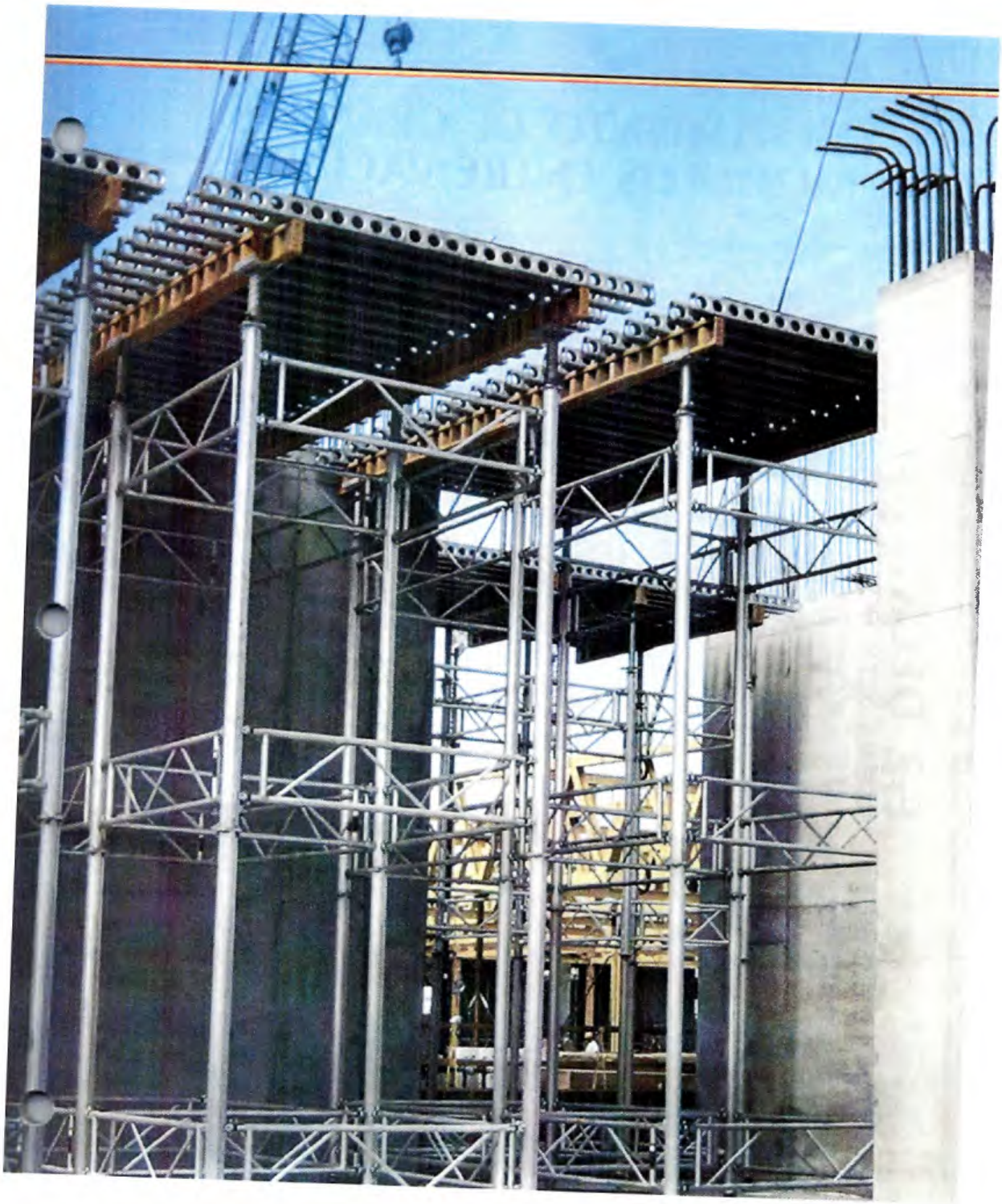
Todos los componentes del Sistema E-Z DECK, incluyendo la cara de contacto de madera, estan conectados rigidamente para permitir el movimiento de grandes modulos entre vaciados. Hay tres métodos basicos para el movimiento: los Conjuntos de Ruedas Giratorias EFCO, un camion montacargas o una grua. Tenemos un video especifico que un Gerente de Área EFCO puede presentarle para demostrar estos metodos.

La modular viga primaria Z-BEAM® fabricada en acero, es utilizada en la parte superior del sistema para recibir las cargas y transmitirlas a los postes. Para mantener los postes en posición vertical, EFCO tambien ofrece un Cabezal Oscilante ajustable para losas inclinadas. La Z-BEAM patentada por EFCO es modular y gracias a su conexion capaz de transmitir momento puede unirse extremo con extremo para tener largas vigas continuas. La conexion de momento alcanza la resistencia completa de la Z-BEAM en cada unión. La Z-BEAM puede estar en voladizo mas alla del borde de la losa para proporcionar una plataforma de trabajo.

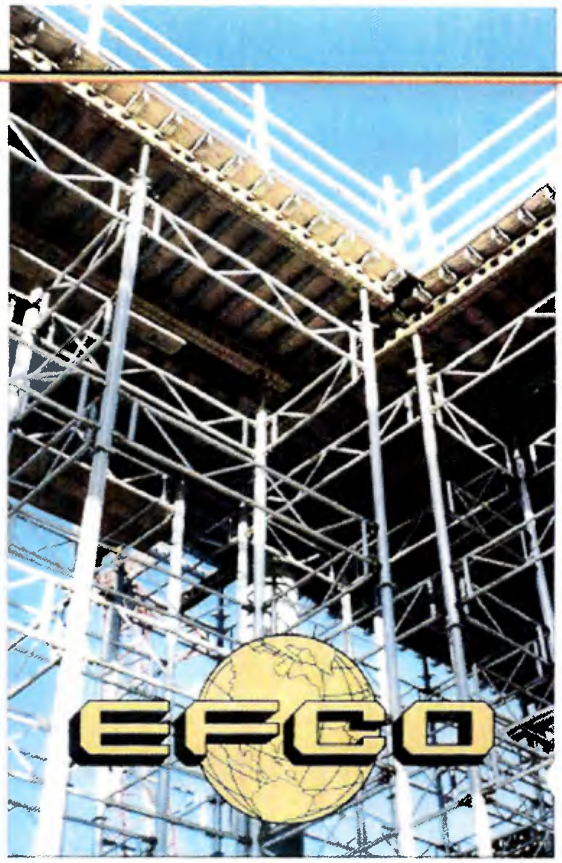
LA DIFERENCIA

El Sistema E-Z DECK es diferente de otros sistemas de apuntalamiento. Ha sido diseñado para ser usado en situaciones en que se requiere o prefiere encofrados de losa ensamblados. Otros sistemas de apuntalamiento son diseñados primero como sistemas de montaje manual y luego en algunas situaciones pueden ser ensamblados.

Conjunto de Ruedas Giratorias EFCO



LOSAS PLANAS

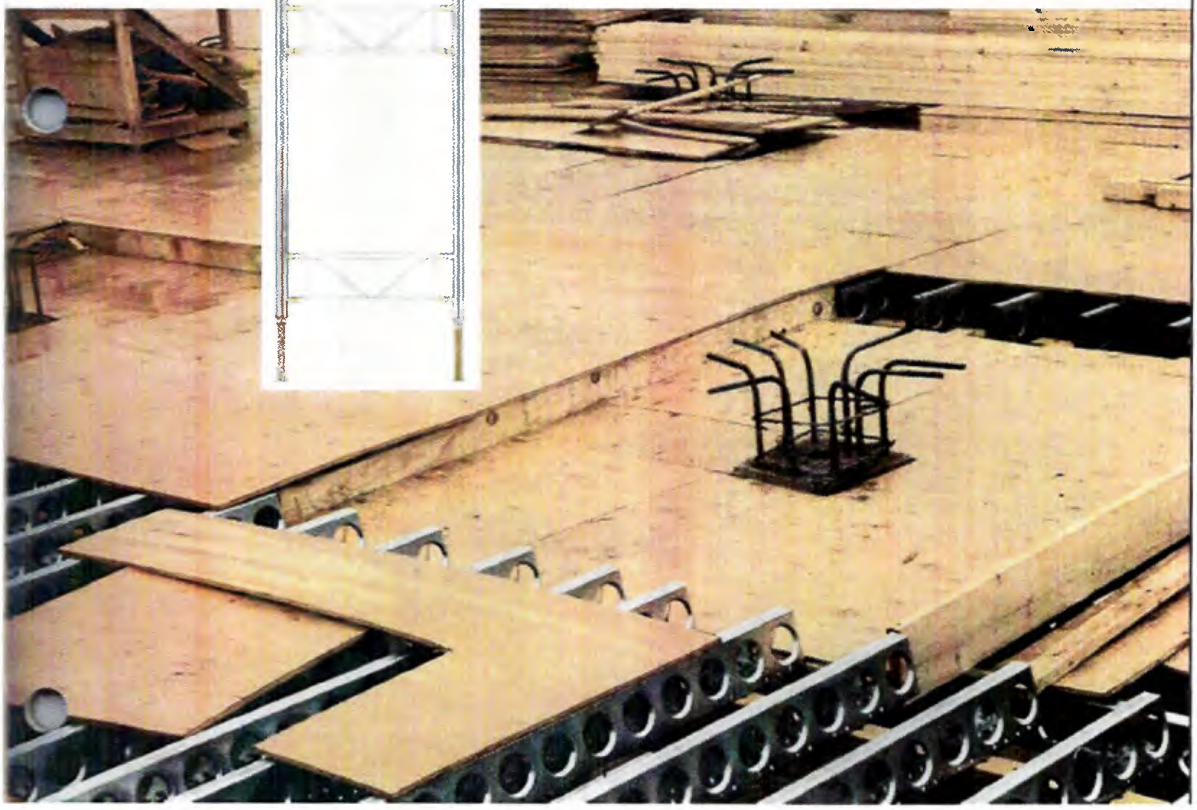


Gracias a la gran capacidad de carga de los Postes E-Z SHORE®, EFCO puede reducir el numero tanto de postes como de vigas primarias y secundarias asociadas al sistema. Las Z-BEAM® y las E-BEAM® pueden extenderse mas allá de la configuracion rectangular de una torre de cuatro postes, simplemente variando la longitud de las Z-BEAM y de las E-BEAM. El sistema es muy versatil.

E-Z DECK®
LOSAS PLANAS

LOSAS PLANAS

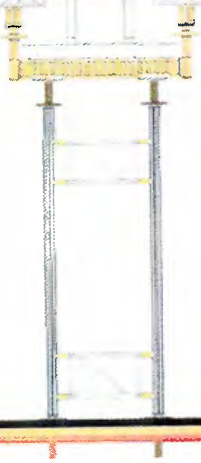
En EFCO, nuestros Gerentes de Area, trabajando en conjunto con nuestro equipo de Ingenieros especialistas en encofrados, solucionamos tanto encofrados para concretos verticales como apuntalamientos para concretos horizontales y esto último incluye losas con vigas de amarre descolgadas y capiteles de columnas.
(ver página siguiente para vigas descolgadas)



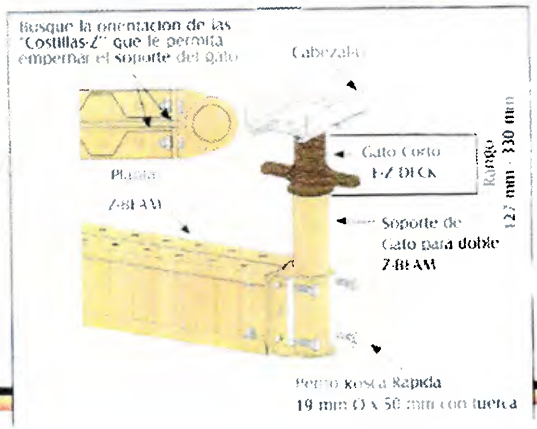
VIGAS Y LOSAS

Las estructuras monolíticas de losas y vigas descolgadas son aplicaciones ideales para el Sistema E-Z DECK cuando se utiliza el Soporte de Gato para doble Z-BEAM en combinación con el Gato Corto.

E-Z DECK®
VIGAS Y LOSAS



DETALLE DEL GATO PARA Z-BEAM



CARACTERÍSTICAS, COMPAR

Z-BEAM COMO VIGA PRIMARIA

Caracteristica

La Z-BEAM se empleará al [illegible] para permitir su uso en [illegible] situaciones de ensamblados y de conexión. Puede emplearse también la E-BEAM para ensamblajes [illegible] para [illegible] patrónimas e [illegible] a su posición. Es fabricado en acero para [illegible] que se pueda montar [illegible] en lugares de difícil acceso. La Z-BEAM tiene una conexión patentada que transmite [illegible] al conectar varias Z-BEAM extremo con extremo hay continuidad de la resistencia [illegible] en los unidos. [illegible] sus especificaciones pueden verse en la página 27.

Comparacion

Ninguno de los sistemas de ensamblamiento [illegible] puede [illegible] una viga primaria (con capacidad de transmitir momento) por sus extremos. La mayoría de los otros sistemas emplean sus vigas primarias directamente a los pasadores o postes con un tornillo-T. La madera de las otras vigas primarias son [illegible] por sus [illegible] e incluso algunas requieren de madera que eventualmente se deteriora en contacto con el agua y el sol.

Beneficio

Como la Z-BEAM de HCG puede ser empernada extremo con extremo, se obtiene una viga continua de la longitud que requiera su proyecto. Por ser de acero, la Z-BEAM conserva sus propiedades estructurales a lo largo de su vida sin diferenciarse [illegible] de la madera.

E-BEAM COMO VIGA SECUNDARIA

Caracteristica

La E-BEAM fue patentada por HCG y es de acero galvanizado. Usamos un requerimiento de listón de madera para dividir la cara de contacto. Se puede utilizar tanto tornillos como sujetadores para fijar la cara de contacto de madera con la viga secundaria de acero. La E-BEAM se emplea directamente a la Z-BEAM mediante el uso de la [illegible] sencillo de los Perfiles Rosta Rápidos de HCG. Las dimensiones y especificaciones de estos están en la página 24.

Comparacion

Todos los otros sistemas utilizan como secundaria una viga de aluminio con un listón de madera o pasadores para fijar directamente una viga de madera. Los que tienen vigas secundarias de madera dependen de conexiones para ensamblar sus vigas a los postes o pasadores. Fijar la cara de contacto de madera a la E-BEAM es fácil y rápido. [illegible] la tabla en la página [illegible] de dimensiones de fijación.

Beneficio

Al ser la E-BEAM de acero galvanizado, su costo inicial es menor que si fuera a comprar una viga de aluminio. Al fijar la cara de contacto de madera a la viga de acero, la rigidez de fijación es mucho mayor que con un listón de madera, que además tiene vida de mantenimiento. La E-BEAM es más escalable, sin importar para su aplicación la cantidad de puntos de fijación que pueda tener.

ACIONES Y BENEFICIOS

EL POSTE, MUY VERSÁTIL

Caracteristica Los Postes EZ DECK de HCO vienen en cuatro longitudes que pueden conectarse entre sí y tienen en su exterior una extrusión de diseño patentado, son livianos y tienen una capacidad de carga de hasta 12,700 kg (124 kN) por poste. Los cuatro largos o los cuatro cortos se usan para ajustar la altura del Poste. Las propiedades técnicas están en las páginas 18 y 19.

Comparación Como en casi todos los sistemas, el hecho que se amplíe la altura del apuntalamiento generalmente disminuye la capacidad de carga. El sistema EZ DECK de HCO tiene capacidad de 7,260 kg (71 kN) a 12,700 kg (124 kN) por poste con un factor de seguridad de 2 a 1. Asegúrese y cerciórese tanto el factor de seguridad como la capacidad por altura y peso de la estructura a apuntalar. Con la alta resistencia y versatilidad del Poste HCO, normalmente se requiere menor número de patas o postes. Otros sistemas no ofrecen un poste con extensión externa para fijar marcos y también accesorios en la Ranura T.

Beneficio La extrusión exclusiva del Poste permite conectar o retirar fácil y rápidamente tanto los Marcos como los accesorios incrementando sus diseños en cuanto de altura. Gracias a la conexión externa con extrusión se pueden tener postes de cualquier longitud que se requiera. La versatilidad de los Postes permite que puedan ser cortados manualmente, o como ensamblado elevado por una grúa a su posición de izado.

AJUSTE A ESCUADRA, AUTOMÁTICAMENTE

Caracteristica Los Marcos EZ DECK se auto ajustan a escuadra gracias a las ensambladas abisagradas en los extremos para conectar con los Postes EZ DECK. Los Marcos son livianos para cargarse a mano y solo se requiere de martillo para conectarlos al Poste.

Comparación La mayoría de los sistemas utilizan un tornillo-T que debe ser alineado en una ranura para poder fijar el marco al poste. Los hay que poseen de cinco pasos por conexión y de muchas piezas sueltas que se pueden perder fácilmente.

Beneficio La ensambladura abisagrada de diseño patentado proporciona resistencia superior adicional, ideal para soportar entarimados o plataformas de trabajo. Se diseñó para ser manipulada desde afuera y que los Marcos puedan ser removidos fácil y rápidamente facilitando así la circulación de trabajadores y materiales. Agiliza los tiempos de montaje y desmontaje y permite también que los Marcos sean removidos de torres ya instaladas, cuando sea necesario.

CARACTERÍSTICAS, COMPAR

EL GATO E-Z DECK

Característica EECO ofrece Gatos Cortos y Gatos Largos para usar con los Pedestales E-Z DECK. Los Gatos son fabricados de acero con roscas multiguías y cuentan con Mandrinas Soldadas y un Retenedor de Gato de Acero. La mandrina de acero lleva una marca indicando la dirección en que debe girarse para retraer o extender el gato para efectos de apoyo y nivelación.

Comparacion Otros sistemas tienen gatos de aluminio no rotulados al poste. Los gatos de aluminio pueden significar un problema constante de mantenimiento. Otro sistema utiliza dos conceptos de gato, un elemento de conexión por rosca es un punto débil en el concepto de cilindro.

Beneficio EECO utiliza una Mandrina Soldada reductora de fricción que disminuye considerablemente la fuerza de liberar la mandrina del gato. Con la marca en la mandrina, los trabajadores pueden ajustar y nivelar fácilmente las losas sólo utilizando un martillo. El Retenedor del Gato de Acero evita que el gato esté conectado de manera segura.

FACILIDAD DE MOVIMIENTO

Característica El Conjunto de Ruedas Giratorias EECO es una característica única del Sistema E-Z DECK. Se coloca en la parte inferior de los Gatos de los Postes. EECO es la única compañía que comercialmente ofrece un conjunto de ruedas giratorias. Pueden almacenarse o transportarse con el gato cuando no se están utilizando en condición de carga.

El Sistema E-Z DECK de EECO está diseñado para ser movizado de manera segura aun en grandes ensambles utilizando gata hidráulica y el Conjunto de Ruedas Giratorias.

Comparacion Los otros sistemas de apoyo/nivelamiento más comunes han sido hechos para montar manualmente. El movimiento en grandes ensambles es sumamente potencioso. El Sistema E-Z DECK de EECO ha sido diseñado y construido con la idea de ser movido de manera segura en grandes ensambles y mantenerlo en todas las seguridades de E.E.U.U.

Beneficio Los ensambles de losas o mesas pueden ser movidos de un lugar a otro sin necesidad de desarmar y volver a armar. Su diseño único hasta permite que un solo trabajador haga el movimiento. El Retenedor sujeta el Conjunto de Ruedas Giratorias de manera segura al Poste o al Gato permitiendo que se mueva con las losas, permitiendo que se mueva con las losas.

ACIONES Y BENEFICIOS

CABEZAL-U DE FÁCIL USO

Caracteristica El Sistema U-Z DECK de DECO utiliza un Cabezal U patentado que se engrapa en la parte superior de los Gatos o los Postes U-Z DECK, mediante su mecanismo de resorte. El Cabezal U se ajusta de manera rápida y segura a sus vigas primarias mediante el uso de los Pernos Rosca Rápida DECO, permitiendo así el ensamblado rápido de las demás compuertas.

Comparación [illegible] solo de los otros sistemas usa cabezal U pero no viene fijado directo a la viga primaria y tiene que usar más tiempo y tornillos de colocar [illegible] trabajosa. Los otros sistemas [illegible] cabezal U tienen que asegurar los cables de [illegible] a los postes [illegible] de las plataformas para poder [illegible] sus cargas.

Beneficio Gracias al diseño patentado del Cabezal U las plataformas pueden ser ensambladas en el piso con seguridad y rapidez. Dados con una grua y luego engrapadas a los Cabezales U. Así siendo los ensamblados pueden ser dados y movidos sin necesidad de desarmar y de nuevo.

Recomendaciones de fijación

Simplemente utilizando un martillo fije los clavos directamente en la E-BEAM´ de acero.

El uso de clavos duros y un martillo es el método mejor, más fácil y rápido. Un clavo a través de la madera, a la E-BEAM asegura de tres a cuatro veces mas que el mismo clavo en una viga de aluminio con liston de madera.

Normalmente NO se requiere una herramienta neumatica pero puede ser utilizada para fijar los clavos duros a través de la madera y en la E-BEAM.

Puede utilizarse un taladro y tornillos, pero no se recomienda por el esfuerzo posterior de desmontaje y por el daño que se causa a la madera al retirarlos.

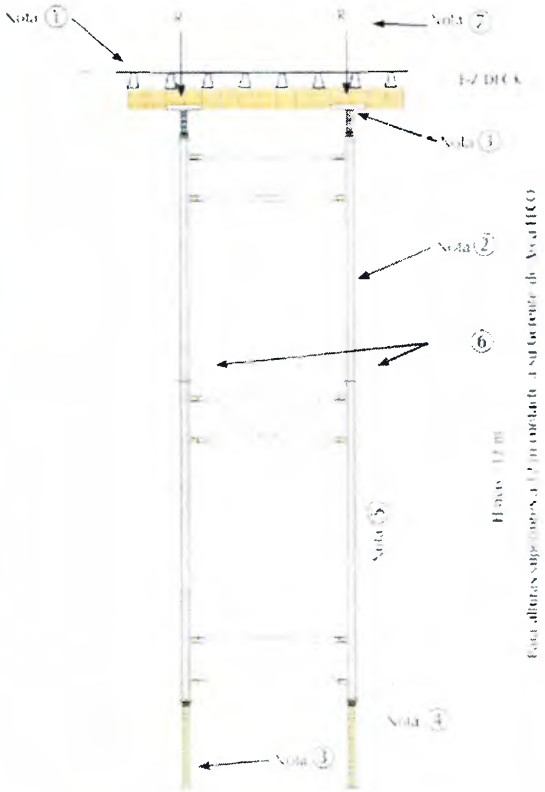
	Clavos y Tornillos	Fuerza de extracción	Tamaño
Un vaciado	Clavo E-BEAM Part. EACU [illegible]	[illegible]	[illegible]
	Clavo [illegible]	[illegible]	[illegible]
Múltiples vaciados	Screw Shank Nail	[illegible]	[illegible]
	Clavo Shank E-BEAM Part. EFCU [illegible]	[illegible]	[illegible]
Tornillos a través de la madera	Tornillo E-BEAM Part. EUTT [illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Nota: No se recomienda el uso debido al esfuerzo de desmontaje y daño causado a la madera durante el desarmado. Todos los clavos aquí listados tienen tratamiento térmico y punta dura.

FIJAR LA CARA DE CONTACTO DE MADERA A LA E-BEAM DE ACERO ES LA TAREA MÁS FÁCIL DE TODO EL PROYECTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA MESA E-Z DECK



Capacidad = 7,260 kg a 12,700 kg/poste
(71 kN a 124 kN/poste)
Factor de Seguridad 2,5 a 1

Postes conectados en planos perpendiculares por dos o más Marcos

Notas:

Los Postes tienen capacidad de 7,260 kg (71 kN) si se cumplen las 7 condiciones siguientes.
Se puede llegar a 12,700 kg (124 kN) de capacidad bajo ciertas condiciones. Consulte a un Ingeniero EECO.

1. Que el E-Z DECK sea fijado en todas las direcciones, al nivel de la losa, a columnas o vigas o losas previamente vaciadas. En losas sin restricciones, como en perímetros de edificios o en algunos fondos de viga, se requiere de arriostramiento externo.

2. Que los Postes E-Z SHORT queden aplomados dentro del rango del 1% de la altura de la torre.

3. Que la extensión del Gato Largo no pase de 965 mm y que la extensión del Gato Corto no pase de 330 mm.

4. Que la distancia entre el Marco E-Z y el extremo del poste no pase de 200 mm.

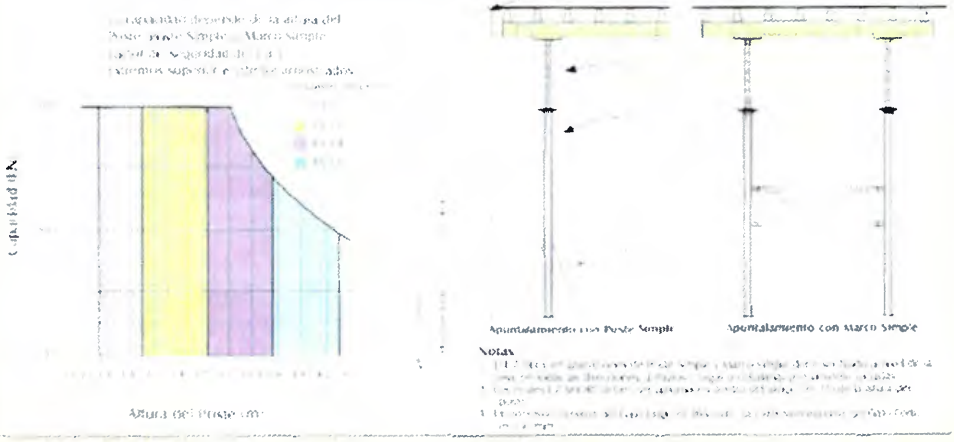
5. Que el espaciamiento entre Marcos E-Z no pase de 2,400 mm y que los Marcos E-Z sean espaciados aproximadamente igual desde arriba y desde abajo de los postes.

6. Que todas las uniones de Postes sean conectadas con cuatro Pernos EECO de 13 mm de diámetro.

7. Si las cargas por poste no son iguales, debe conservarse una relación de carga máxima así: R2/R1 = 4/1

Información Técnica de Poste Simple y Marco Simple E-Z SHORE

Capacidades máximas de acuerdo con la gráfica

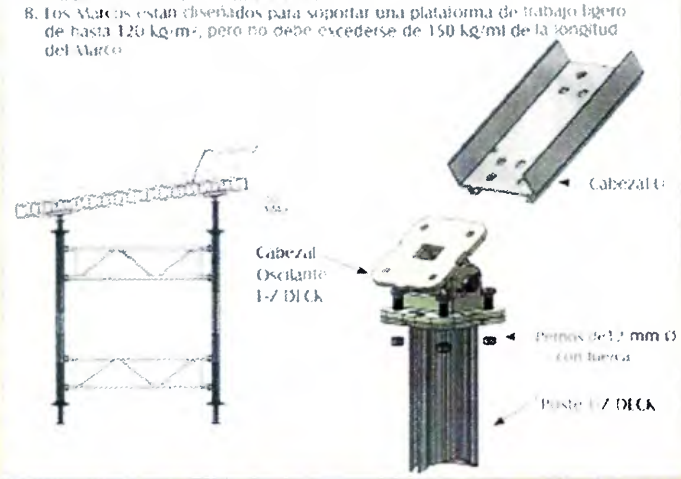


Notas

Condiciones Especiales

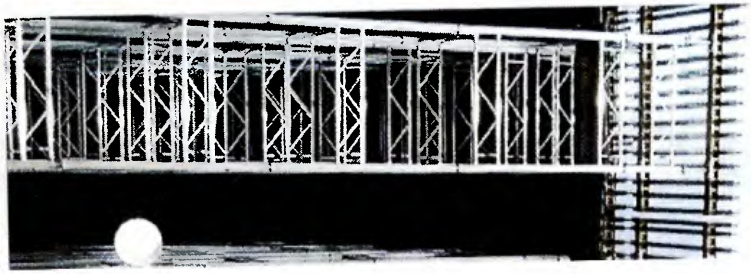
A. La capacidad de la torre se reduce a 6,350 kg (62 KN) máximo por poste cuando se utiliza el Cabezal Oscilante HCO. Estas articulaciones pueden ser utilizadas solo entre el Gato y el Cabezal-U.

B. Los Marcos están diseñados para soportar una plataforma de trabajo ligero de hasta 120 kg/m², pero no debe excederse de 150 kg/ml de la longitud del Marco.



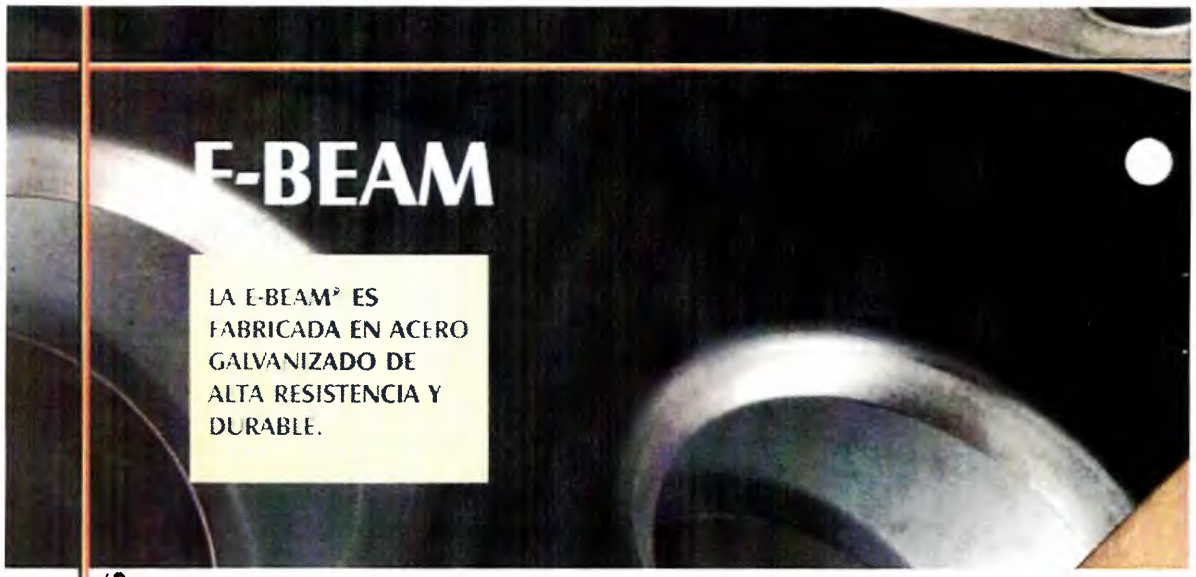
E-Z DECK®

APLICACIONES

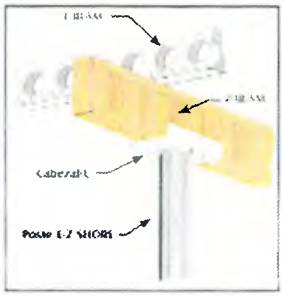


EFCO

El Sistema E-Z DECK® combina tres importantes componentes para entregar un sistema de losas completo. Estos son la E-BEAM®, la Z-BEAM® y el E-Z SHORE®. Todos ellos han sido diseñados y calculados para volar y moverse ensamblados en grandes unidades modulares.



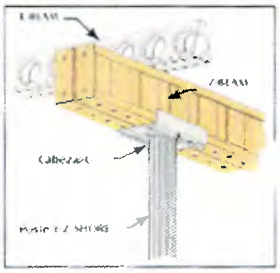
E-Z DECK®
INFORMACIÓN TÉCNICA Y ACCESORIOS



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CAPACIDAD ADMISIBLE A CORTE DE LA E-BEAM

- La E-BEAM sobre una Z-BEAM (19 kN)
- La E-BEAM sobre dos Z-BEAM (24 kN)



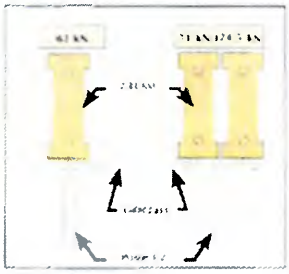
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Material	Material Acero
Altura	165 mm
Ancho en la base	127 mm
Ancho superior	50 mm
Peso Nominal	3,3 kg/m
Momento de Inercia	2,8x10⁶ mm⁴
Capacidad de Momento	6,52 kN·m
Módulo de Elasticidad	200000 N/mm²
Resistencia de Fluencia	250 N/mm²

EFCO E-BEAM		
LONGITUD	PESO	CÓDIGO
1200	6,72	04A24
1800	10,09	06A24
2400	13,45	08A24
3000	16,81	10A24
3600	20,18	12A24
4200	23,54	14A24
4800	26,90	16A24
5400	30,27	18A24
6000	33,63	20A24
6600	37,00	22A24
7200	40,36	24A24

Carga admisible a corte de 1,350 kg (13 kN) para una E-BEAM sobre una Z-BEAM

CAPACIDAD A CORTE ADMISIBLE, DE LA Z-BEAM

La carga admisible a corte es de 6,350 kg (62 kN) para una Z-BEAM sobre un Poste E-Z DECK o de máximo 12,700 kg (124 kN) para dos Z-BEAM sobre un Poste E-Z DECK. Tanto el espaciamiento entre Marcos como la extensión de los Gatos puede controlar la carga máxima permitida.

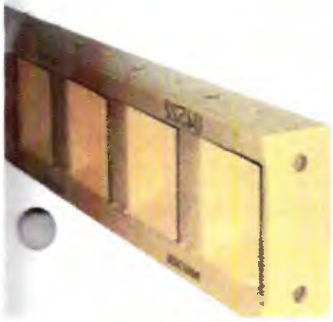


ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Material	Acero
Ancho	[illegible]
Alto	[illegible]
Peso Teórico	[illegible]
Recubrimiento de Referencia	[illegible]
Capacidad a Corte	[illegible]
E Módulo de Elasticidad	200.000 N/mm²
Resistencia de Fluencia	[illegible]

La Z-BEAM, fabricada completamente en acero, tiene excelente relación resistencia - peso y gran durabilidad. Está diseñada como viga primaria y en conjunto con la E-BEAM se arman plataformas de soporte de losas.

LA Z-BEAM ES LA VIGA PRIMARIA PARA LA E-BEAM.

La Z-BEAM es la viga primaria que complementa a la E-BEAM. No solo es más resistente con excelente comportamiento a flexión y a corte, sino que también tiene una conexión que transmite momento en la unión cuando se utilizan dos Pernos Rosca Rapida EFCO de 19 mm x 50 mm para conectarlas extremo con extremo. De esta manera, se consiguen vigas primarias continuas de cualquier longitud y con propiedades estructurales consistentes.



Z-BEAM EFCO		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CÓDIGO
1220 (4'0")	13,36	04522
1830 (6'0")	18,35	06522
2440 (8'0")	23,28	08522
3050 (10'0")	28,23	10522
3655 (12'0")	33,18	12522
4265 (14'0")	38,14	14522
4875 (16'0")	43,09	16522 *
5485 (18'0")	47,99	18522 *
6100 (20'0")	52,99	20522 *
6705 (22'0")	57,94	22522 *
7315 (24'0")	62,89	24522 *

COMPONENTES Y ACCESORIOS

Gato Largo

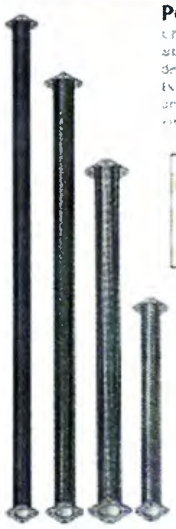
Se utiliza en conjunto de los estructuras del Poste [illegible] ajuste desde [illegible] hasta [illegible] mm. Durable por ser de acero, pesa poco y fácil de manejar gracias a su pared delgada.

GATO LARGO		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
[illegible]	[illegible]	[illegible]

Poste E-Z SHORE

Las extensiones Poste de [illegible] de alta resistencia con una pared [illegible] de 1.9 mm de espesor en [illegible] exterior. Exteriormente tiene un diseño [illegible] con una Ranura [illegible] para fijar los Mas [illegible] de arriostramiento.

POSTE E-Z SHORE		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
1120	8.18	09520
1430	10.72	09520
2060	[illegible]	09520
[illegible]	19.43	09520



Patentado

Gato Corto

Se utiliza en conjunto de los estructuras del Poste dando longitud de ajuste desde [illegible] hasta [illegible] mm. Durable por ser de acero, pesa poco y fácil de manejar gracias a su pared delgada.

GATO CORTO		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
610	[illegible]	13520

Z-BEAM

La Z-BEAM [illegible] en acero tiene magnificas [illegible] que dan [illegible] viga primaria en [illegible] E-BEAM se [illegible] de apoyo de losas.

Patentado

Z-BEAM EFCO		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
1200/4 [illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
2440 [illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

E-BEAM

La E-BEAM, hecha de acero galvanizado está diseñada como elemento estructural viga secundaria para soportar la cara de contacto de madera en plataformas de apoyo de losas.

Patentado

E-BEAM EFCO		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
1200	[illegible]	[illegible]
1800	[illegible]	[illegible]
2400	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
1200	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
6000	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
7200	[illegible]	[illegible]

Marco de Arriostramiento

MARCO E-Z 1220		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
1220	[illegible]	[illegible]

MARCO E-Z 2440		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
[illegible]	[illegible]	[illegible]

MARCO E-Z 2440		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
2440	14.35	[illegible]

MARCO E-Z 3050		
LONGITUD (mm)	PESO (kg)	CODIGO
3050	16.35	35520

Fabricado

Cabezal-L

Fabricado

CABEZAL-L		
DESCRIPCION	PESO (kg)	CÓDIGO
SEAMAGO	[illegible]	[illegible]

Arandelas para Gato

Fabricado

ARANDELAS PARA GATO	
PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible]	35520

Conector-T para Z-BEAM

CONECTOR-T PARA Z-BEAM	
PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible]	[illegible]

Perno E-Z DECK

PERNO E-Z DECK		
DESCRIPCION	PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible] PERNO	[illegible]	
BOLSA 50	[illegible]	[illegible]

Gato E-Z

GATO E-Z	
PESO (kg)	CÓDIGO
191.98	81524

Tripode 3 en 1

TRIPODE 3 EN 1	
PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible]	[illegible]

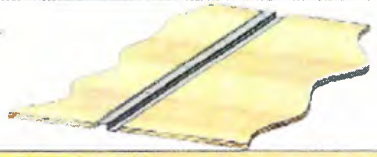
Conjunto de Ruedas Giratorias

CONJUNTO DE RUEDAS GIRATORIAS	
PESO (kg)	CÓDIGO
28.25	50621

Cabezal Oscilante E-Z DECK

CABEZAL OSCILANTE E-Z DECK	
PESO (kg)	CÓDIGO
6.48	30721

Franja Z



FRANJA-Z		
LONGITUD	PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible]	[illegible]	[illegible]
2440	4.16	95621

Retenedor del Gato

RETENEDOR DEL GATO	
PESO (kg)	CÓDIGO
[illegible]	[illegible]

Soporte de Gato a doble Z-BEAM

SOPORTE DE GATO A DOBLE Z-BEAM	
PESO (kg)	CÓDIGO
6.48	30312

Fijador para Puntal PBS-6

FIJADOR PARA PUNTAL PBS-6		
DESCRIPCION	PESO (kg)	CÓDIGO
PBS-6	[illegible]	95521
ISSOCLE [illegible]	0.09	06491

Fijador para Puntal PBS-5

FIJADOR PARA PUNTAL PBS-5		
DESCRIPCION	PESO (kg)	CÓDIGO
PBS-5	[illegible]	95521
ISSOCLE [illegible]	0.09	06491

THE INSTITUTE

EFCO CONCRETE CONSTRUCTION & FORMING

A state-of-the-art facility dedicated to the theory plus Education is our best test.

El Instituto ha sido diseñado para ayudarle a lograr en sus proyectos el mejor valor y los costos más bajos de concreto vaciado en obra

El Instituto de Construccion en Concreto y Encofrados EFCO se ha desarrollado para su experiencia de aprendizaje. El Instituto incluye un espacio con modelos a escala real que ofrece la oportunidad de aprender haciendo, salones de clase equipados con la última tecnología y herramientas de enseñanza, y un auditorio con conexiones para computadores personales donde pueden verse y compartirse presentaciones en una pantalla de proyeccion de gran escala. Explore el Salon de Formacion, donde se ilustra el mundo del concreto: aplicaciones y sistemas para su construccion, proyectos de todo el mundo, la historia de 74 años de EFCO, la historia del concreto desde los Egipcios hasta nuestros días y mucho mas. La Plataforma ofrece una vista general del Salon de Formacion brindando a los visitantes la oportunidad de disfrutar de sus comidas, relajándose y conversando con otros profesionales de la industria.

Apoyo Total EFCO

Servico de Campo EFCO

Ninguna otra compañía de encofrados cuenta con un equipo de profesionales como los Supervisores de Campo EFCO quienes se dedican al trabajo interactivo en la obra.

El trabajo del Supervisor de Campo comienza con el arranque de la obra. Ellos apoyan a los Gerentes de Area y a los ingenieros para lograr la mejor solucion de encofrado que satisfaga las necesidades de la obra y del cliente. La ventaja es la atencion especial a los detalles, proveyendo la solucion de inconvenientes antes de despachar los equipos.

El Servicio de Campo EFCO ayuda a instruir y entrenar al personal de obra con los metodos y tecnicas mas eficientes para el encofrado de concreto con los Sistemas EFCO. El Supervisor de Campo permanece disponible como un recurso importante para el personal de la obra durante la ejecucion del proyecto.

"El Servicio de Campo EFCO tiene la experiencia para asesorar a cualquier contratista indicándole la forma mas rápida de ensamblar el encofrado para obtener el costo mas bajo del concreto vaciado en obra. Es mi trabajo garantizar que el contratista este satisfecho con el equipo EFCO y ayudarlo a cumplir con sus metas."

Matt Harrington
Servicio de Campo de EFCO

Entregamos Soluciones de Ingeniería

Los ingenieros de EFCO se dedican al diseño de encofrados de concreto teniendo en cuenta las necesidades especificas de cada proyecto y de cada contratista. Desde el comienzo del proyecto, el ingeniero de EFCO ayuda a simplificar el panorama y trabaja para identificar anticipadamente los posibles problemas. El reto de los contratistas al utilizar sistemas de encofrado y apuntalamiento para concreto comienza con soluciones de ingeniería.

Los ingenieros de EFCO tienen presentes las necesidades del contratista cuando preparan los planos de montaje para un proyecto. Cada juego de planos incluye instrucciones para el ensamble y izado del equipo. Ellos tambien conocen y consideran el impacto que el uso apropiado de un sistema de encofrado o apuntalamiento tiene en el costo del proyecto.

La seguridad es muy importante para EFCO. Los sistemas se diseñan de acuerdo con las necesidades del contratista y a la vez siguen las mejores practicas de seguridad. Eficiencia, confiabilidad, seguridad y profitabilidad son elementos claves para el exito de los proyectos que involucran encofrados para concreto. Los ingenieros de EFCO estan comprometidos con el exito de sus clientes y estan respaldados por mas de 74 años de experiencia en sistemas innovadores de encofrado. EFCO, mas que vender encofrados, entrega soluciones de ingeniería.

EFCO

1-888-BUY EFCO (289-3326)
Encuéntrenos en la red:
www.efcoforms.com

El sistema de encofrados EFCO *PLATE GIRDER*® es una marca registrada. Este producto está diseñado para ser usado con otros productos fabricados por EFCO y se recomienda que no se utilice en combinacion con productos de otros fabricantes de sistemas de encofrados.

TrojAn 3M 01-[illegible]
Item #20897