

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



TEMA:

“DIAGNOSTICO DEL USO DE ENCOFRADOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE EDIFICACIONES EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR”

PRESENTADO POR:

HERRERA NAVARRO, ALVARO ARMANDO
MORENO FLORES, JEARSON ARTURO
ROBLES MENDOZA, NELSON SAUL

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE ASESOR:

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA

AGOSTO DEL 2014.

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO
RECTOR

MS.D ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO
VICERECTORA ACADEMICA

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA
SECRETARIA GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ
DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DIAZ
VICE DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ
SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO COREAS

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA

DOCENTE ASESOR

ING UVIN EDGARDO ZUNIGA CRUZ

TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. JAIME PERLA PALACIOS

TRIBUNAL CALIFICADOR

ING.GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

INGA. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA

COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TITULO:

“DIAGNOSTICO DEL USO DE ENCOFRADOS EN ELEMENTOS
ESTRUCTURALES DE CONCRETO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE
EDIFICACIONES EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR”.

PRESENTADO POR:

HERRERA NAVARRO, ALVARO ARMANDO
MORENO FLORES, JEARSON ARTURO
ROBLES MENDOZA, NELSON SAUL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA
DOCENTE ASESOR

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, AGOSTO DE 2014

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA
DOCENTE ASESOR

ING. UVIN EDGARDO ZUNIGA CRUZ
TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. JAIME PERLA PALACIOS
TRIBUNAL CALIFICADOR

INGA. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA
COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

AGRADECIMIENTOS.

Queremos agradecer:

Por medio de este documento, queremos como grupo dejar constancia de nuestro agradecimiento a todas aquellas instituciones y personas que contribuyeron a la culminación de nuestro trabajo de graduación.

A la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, por permitirnos formar parte de la gran familia universitaria como estudiantes.

A todos los docentes, por el conocimiento transmitido en los años de formación, por su paciencia y dedicación a la excelente labor como educadores.

A los ingenieros Luis Clayton Martínez, docente asesor de nuestro trabajo de grado y Fredy Rolando Herrera Coello, colaborador externo de nuestro trabajo de grado, ya que a través de su guía y conocimiento nos ayudaron a realizar nuestra investigación de la mejor manera; también un reconocimiento especial para los ingenieros: Viera, Carlos Zuniga, Mauricio Perla, especialmente a Uvin Zuniga y Jaime Perla que desempeñaron el papel de tribunal calificador; sin olvidar a la coordinadora de procesos de graduación Ing. Milagro Romero de García, por su apreciable colaboración en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Un agradecimiento a las siguientes empresas del rubro de la construcción:

- ✓ HOLCIM El Salvador, S.A. de C.V.
- ✓ FHC Ingenieros, S.A. de C.V.
- ✓ MP Consultoría, S.A. de C.V.

Quienes contribuyeron sustancialmente a nuestro proyecto por medio de las asesorías, información técnica y visitas a los proyectos en ejecución necesarios para el desarrollo del diagnóstico y diseño de la investigación.

Y finalmente, nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de nuestra investigación.

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por ser mi apoyo, mi luz, mi camino y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Alvaro Armando Herrera Coello y Paula Marina Navarro de Herrera por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos Gaby, Jaime y Paola por ser parte importante de mi vida y llenar de alegrías y amor cuando más lo he necesitado. A mis Abuelos que están en el cielo, a mi abuelita Josefa, tíos, tías, primos, primas y demás familia por su apoyo incondicional, en especial a mi tío Fredy Rolando Herrera Coello por todo su apoyo y ejemplo a seguir en mi carrera.

Gracias a Ing. Luis Clayton Martínez, por su dedicación y empeño en esta investigación.

A todos mis profesores de universidad por su paciencia, tolerancia y haber compartido sus conocimientos conmigo, en especial al Ingeniero Mauricio Perla.

A mis compañeros de tesis: Saúl Robles y Jearson Flores, que a lo largo de mi carrera universitaria me demostraron su apoyo sincero y comprensión.

A mis amigos de colegio: Rodri, Christian, David, Manolo, Maury y Jorge; amigos y amigas de universidad: Oscar, Carlos, Juan, Edwin, Frank, Roberto, Cesar, Neto, Ricardo, Rojas, Milena, Cristy, Krisia, Ivonne y en especial a Ligia, Rhina, Carla, Katya, Gloria y Raquel; compañeros de promoción de egresados 2013, gracias por ser parte de mi vida, por su apoyo, tolerancia y comprensión. MUCHAS GRACIAS.

ALVARO ARMANDO HERRERA NAVARRO

DEDICATORIA

Dedico A ti Dios mío, verdadera fuente de amor y sabiduría por darme la oportunidad de existir así, aquí y ahora; por mi vida, que la he vivido junto a ti. Gracias por iluminarme y darme fuerzas y caminar por tu sendero.

A mi abuelita, que con la sabiduría de Dios me has enseñado a ser como soy hoy. Gracias por tu paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por tus consejos, por el amor que me has dado y por tu apoyo incondicional en mi vida gracias por haberme llevado en tus oraciones día con día pidiéndole a Dios que lograra llegar a culminar este sueño que se volvió tuyo también y al mismo tiempo dedicarte este triunfo hasta el cielo que sé que desde ahí me cuidas.

A ti Mami, que tienes algo de Dios por la inmensidad de tu amor, y mucho de ángel por ser mi guarda y por tus incansables cuidados. Por ser la amiga y la compañera que me ha ayudado a crecer, y que siempre ha estado ahí en todo momento, gracias por la paciencia que has tenido para enseñarme, por el amor que me das, por tus cuidados que en el tiempo hemos vivido juntos, por los regaños que me merecía y no entendía, por estar pendiente de mi hasta en tus oraciones, y tus sueños interrumpidos por mis noches de desvelo y por todo muchas gracias

A mi Hermano por cubrir mis obligaciones en gran parte de mi etapa de culminación en el cuidado de mi madre y mi abuela y por todo el apoyo que pudiste brindar en todo momento.

A Lupita Estrada quien es un motor de motivación para poder llegar a esta etapa que ha sido bastante dura; por su paciencia, dedicación, sacrificio y amor por haberme brindado ese soporte incondicional al estar presente en la buenas y en las malas. Y presionarme para hacer las cosas de la mejor manera, como también tener la confianza de creer en mí.

A ti mi niña hermosa por permitirme ser parte de tu vida, has sido fiel amiga que me has ayudado a continuar, haciéndome vivir los mejores momentos de mi vida. Gracias a ti por tu cariño y comprensión, porque sé que siempre contaré contigo. Gracias te adoro.

A mis compañeros de tesis Saúl Robles y Álvaro Herrera por todos estos buenos momentos que hemos pasado juntos para la culminación de esta meta. Solo gracias a ellos a su infinita paciencia dadas mis circunstancias pude llegar lejos y todas las experiencias acumuladas a través de toda la etapa universitaria.

A mis Amigos Ernesto Herrera, Josué Castillo, Gilberto, Joaquín, Lourdes Zelaya, Zoely Abucharara, Sylvia Ayala, Mercy Yanes, Manuel Sáenz, a todos los HOTTFEETERS, como también mis compañeros de Promoción que día con día me brindaron su amistad desinteresadamente y estuvieron en las buenas y en las malas muchas gracias a todos.

Gracias a todos aquellos que no están aquí pero que de una u otra forma me ayudaron a que este esfuerzo se hiciera realidad.

A mis Sinodales por el tiempo y la dedicación de leer este proyecto.

Finalmente pero no menos importante, a mis profesores, que marcaron con sus enseñanzas el futuro de todos nosotros, especialmente para Ing. Clayton Martínez que ha creído en mí como un profesional de confianza y siempre estuvo ahí para darme una mano de ayuda.

JEARSON ARTURO MORENO FLORES

DEDICATORIA

Al haber culminado esta etapa tan importante de mi vida no puedo dejar de lado el agradecer a todos y todas aquellas personas que de una u otra forma participaron y contribuyeron a que alcanzara esta meta.

A Dios Todopoderoso y a la virgen María por ser mi guía durante todo este proceso de aprendizaje, así como darme el mejor regalo que es la vida, también la salud y el entendimiento necesario para realizar mi trabajo de graduación.

A mi madre Lorena Mendoza por el gran amor y devoción, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por enseñarme el valor del estudio, por haberme formado como un hombre de bien, infinitas gracias.

A mi padre Rolando Robles por haberme apoyado en lo largo de mi vida, gracias por creer siempre en mí y alentarme en mis estudios, a pesar de la distancia, ha estado presente en mi vida y en mis logros.

A mi hermano Halbin Rolando Robles por ser la persona quien me ha acompañado, soportado y ayudado en los momentos de mi vida a pesar de ser diferentes siempre seremos el ejemplo de unidad y amor incondicional que nuestra madre nos inculco.

A mis abuelos Moisés y Rosa Candida por todo el amor y apoyo que han tenido con nosotros, la paciencia y la alegría que los caracteriza siempre es un gusto ir a visitarlos.

A mi tío Nelson y su familia por el apoyo que ha tenido hacia mí y mi familia, a mis primas Yanci y Claudia por su amistad y alegría, muchas gracias.

A mi mejor amiga Xiomara Pérez por ser la persona quien ha marcado un tiempo importante de mi vida, gracias por tu apoyo, dedicación, comprensión, oraciones y consejos, has estado presente en todo mi proceso de estudios y de graduación, me siento bendecido por el cariño que me demuestras día con día.

A mis compañeros de tesis Álvaro Herrera por su dedicación, compañerismo y paciencia, una amistad de muchos años y muchas gracias a su familia por su apoyo, a Jearson Flores por su dinamismo y apoyo, gracias a ambos por haber culminado este trabajo de graduación.

Al departamento de Física de la facultad multidisciplinaria oriental por su apoyo, gracias a ellos pude desempeñarme como instructor, un agradecimiento especial a los licenciados Oscar QEPD y Raúl por confiar en mi persona y a todos los que fueron mis estudiantes por su comprensión y dedicación.

A mis ex compañeros de colegio: Barraza, Christian, David, Fernando, Manolo, Mauricio y Scaffini por su amistad de calidad; a mis amigos universitarios: Cesar, Neto, Oscar, Roberto, Ricardo, Rojas por su amistad y a mis compañeros egresados de la carrera de ingeniería civil por su apoyo a lo largo de todos mis estudios. GRACIAS.

NELSON SAUL ROBLES MENDOZA

INDICE TEMATICO

INTRODUCCION	i
1.0 GENERALIDADES.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 ANTECEDENTES	2
1.1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	5
1.1.3 JUSTIFICACION.....	6
1.2 DELIMITACIONES	8
1.2.1 ALCANCES	8
1.2.2 LIMITACIONES	9
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 GENERAL.....	10
1.3.2 ESPECIFICOS.....	10
1.4 HIPOTESIS	11
1.5 MARCO METODOLOGICO	12
2.0 MARCO REFERENCIAL.....	15
2.1 MARCO HISTORICO	15
2.1.1 HISTORIA DEL ENCOFRADO	15
2.1.2 APLICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS A GRANDES PROYECTOS	23
2.1.3 ENCOFRADOS EN EL SALVADOR.....	29
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	31
2.2.1 INTRODUCCION.....	31
2.2.2 CONCRETO.....	32

2.2.2.1 CEMENTO	34
2.2.2.2 AGREGADOS.....	39
2.2.2.3 AGUA.....	42
2.2.3 MATERIALES UTILIZADOS EN EL ENCOFRADO	43
2.2.3.1 MADERA	43
2.2.3.2 METALICOS	50
2.2.3.3 MADERA CONTRACHAPADA DE ALTA DENSIDAD (HDO) ..	54
2.2.4 CLASIFICACION DE LOS ENCOFRADOS	63
2.2.4.1 ENCOFRADOS VERTICALES	63
2.2.4.2 ENCOFRADOS HORIZONTALES	67
2.2.4.3 ENCOFRADOS ESPECIALES	74
3.0 DIAGNOSTICO DEL USO DE ENCOFRADOS EN LA ZONA ORIENTAL	
DE EL SALVADOR	82
3.1 METODOLOGIA A EMPLEAR	82
3.1.1 TIPO DE ESTUDIO.....	82
3.1.2 UNIDAD DE ANALISIS	82
3.1.3 UNIVERSO, POBLACION Y MUESTRA	83
3.1.4 DESCRIPCIOND E VARIABLES	86
3.1.5 TECNICAS Y RECOPIACION DE DATOS.....	87
3.2 PRESENTACION DE FICHAS TECNICAS POR PROYECTOS	89
3.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	116
3.3.1 PREGUNTA N°1	116
3.3.2 PREGUNTA N°2	117
3.3.3 PREGUNTA N°3	118

3.3.4 PREGUNTA N°4	119
3.3.5 PREGUNTA N°5	120
3.3.6 PREGUNTA N°6	121
3.3.7 PREGUNTA N°7	122
3.3.8 PREGUNTA N°8	123
3.3.9 PREGUNTA N°9	124
3.3.10 PREGUNTA N°10	125
3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	126
4.0 PROPUESTA DE MANUAL TECNICO PARA ENCOFRADOS	130
4.1 INTRODUCCION.....	130
4.2 GENERALIDADES.....	131
4.3 CRITERIOS BASICOS DEL DISEÑO EN LOS ENCOFRADOS.....	133
4.3.1 ECONOMIA EN LOS ENCOFRADOS	133
4.3.2 SEGURIDAD EN LOS ENCOFRADOS.....	134
4.3.3 CALIDAD EN LOS ENCOFRADOS.....	134
4.3.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE ENCOFRADOS A CONSIDERAR	134
4.3.5 METODOLOGIA DE CÁLCULO Y DISEÑO DE ENCOFRADOS	138
4.4 FACTORES QUE SE TOMAN EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LOS ENCOFRADOS	141
4.4.1 CARGAS VERTICALES.....	142
4.4.2 PRESION EN EL CONCRETO.....	142
4.4.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO	143
4.4.2.2 EJECUCION DEL COLADO	144
4.4.2.3 TEMPERATURA DEL CONCRETO	144

4.4.3 PRESION LATERAL EN EL CONCRETO.....	145
4.5 ENCOFRADOS PARA COLUMNAS	152
4.5.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	152
4.5.2 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO TRADICIONAL.....	155
4.5.3 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO METALICO.....	162
4.5.4 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO MIXTO	169
4.6 ENCOFRADOS PARA PAREDES DE CONCRETO	176
4.6.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	176
4.6.2 DISEÑO DE PARED CON ENCOFRADO TRADICIONAL.....	180
4.6.3 DISEÑO DE PARED CON ENCOFRADO MIXTO	185
4.7 ENCOFRADOS PARA LOSA DENSA	190
4.7.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	190
4.7.2 DISEÑO DE LOSA CON ENCOFRADO TRADICIONAL.....	191
4.7.3 DISEÑO DE LOSA CON ENCOFRADO MIXTO.....	198
4.8 ENCOFRADOS PARA VIGAS.....	204
4.8.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	204
4.8.2 DISEÑO DE VIGA CON ENCOFRADO TRADICIONAL.....	205
4.9 ENCOFRADO DE LOSA Y VIGA COLADA IN SITU	207
4.10 ENCOFRADOS PARA FUNDACIONES.....	213
4.10.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	213
4.11 DISEÑO DE ENCOFRADOS UTILIZANDO VALORES EN TABLAS	215
4.11.1 INTRODUCCION.....	215
4.11.2 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA COLUMNAS	215

4.11.3 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA PAREDES DE CONCRETO	219
4.11.4 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA LOSAS Y VIGAS	220
5.0 EVALUO DE COSTOS PARA LOS DISTINTOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS.....	223
5.1 METODOLOGIA A SEGUIR	223
5.2 REMOCION DE LOS ENCOFRADOS	224
5.3 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE COLUMNAS.....	226
5.3.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA COLUMNAS	226
5.3.2 ENCOFRADO METALICO PARA COLUMNAS	231
5.3.3 ENCOFRADO MIXTO PARA COLUMNAS.....	234
5.4 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE PARED DE CONCRETO.....	238
5.4.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA PARED DE CONCRETO.....	238
5.4.2 ENCOFRADO MIXTO PARA PARED DE CONCRETO	243
5.5 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE LOSA DENSA.....	246
5.5.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA LOSA DENSA	246
5.5.2 ENCOFRADO MIXTO PARA LOSA DENSA	251
5.6 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE VIGAS	255
5.6.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA VIGAS.....	255
5.6.2 ENCOFRADO MIXTO PARA VIGAS	260
5.7 ANALISIS DE LA EVALUACION DE COSTOS	263
5.8 PLANIFICACION DE ENCOFRADOS	264

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	270
6.1 CONCLUSIONES.....	270
6.2 RECOMENDACIONES	271
FUENTES DE CONSULTA.....	274
ANEXO A: TABLAS COMPLEMENTARIAS.....	a
ANEXO B: PATOLOGIA EN EL CONCRETO RELACIONADO AL USO DE ENCOFRADOS	a
ANEXO C: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE ENCOFRADOS.....	a
ANEXO D: ACI 347-04 (En Inglés).....	a

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Primeros encofrados egipcios	16
Figura 2: Cúpula del Panteón, Roma	18
Figura 3: Primeros Encofrados de la Época Moderna	19
Figura 4: Encofrados para Rascacielos, Edad Moderna	21
Figura 5: Encofrados en la Edad Contemporánea	22
Figura 6: Sistema de encofrados mixtos, Edad Contemporánea	23
Figura 7: Canal de Panamá	24
Figura 8: Viaducto de Millau, Aveyron Francia, actualmente el puente más alto del mundo.....	25
Figura 9: La Tour Granite, Paris Francia.	26
Figura 10: Sistemas de encofrados trepantes utilizados en la construcción de La Tour Granite.. ..	27
Figura 11: Hollywood and Vine, Los Ángeles, Estados Unidos.....	29
Figura 12: Primeros encofrados en nuestro país	29
Figura 13: Encofrados empleados actualmente en la zona oriental de El Salvador.....	30
Figura 14: Componentes del concreto mezclando en concreteira.....	32
Figura 15: Cemento Portland	35
Figura 16: Agregados en el concreto	40
Figura 17: Agua en el concreto	43
Figura 18: Encofrados de madera	44
Figura 19: Madera de pino en El Salvador.....	45
Figura 20: Encofrados metálicos.....	52

Figura 21: Encofrados metálicos para losas.....	53
Figura 22: Sistema de encofrados empleando HDO.....	55
Figura 23: Sistema de encofrados HDO aplicados a edificaciones de concreto.....	62
Figura 24: Encofrado de pila trepante.....	64
Figura 25: Montaje de un encofrado para muros.....	65
Figura 26: Encofrados para columnas en El Salvador.....	66
Figura 27: Encofrados para vigas en El Salvador.....	67
Figura 28: Armado unidireccional de vigueta y bovedilla.....	69
Figura 29: Armado bidireccional de losa.....	71
Figura 30: Losas metálicas.....	72
Figura 31: Losas prefabricadas.....	72
Figura 32: Colocación de puntales de refuerzo en losas ligeras.....	73
Figura 33: Encofrado especial para túnel.....	74
Figura 34: Encofrado para paredes curvas.....	75
Figura 35: Encofrado para túnel de menor longitud.....	76
Figura 36: Puente de losa o tablero.....	78
Figura 37: Puente de arco.....	79
Figura 38: Encofrado para puentes.....	80
Figura 39: Distribución normal estándar.....	85
Figura 40: Distribucion de presiones.....	147
Figura 41: Diseño de encofrados en columnas.....	153
Figura 42: Carga distribuida en la tabla o plywood.....	153
Figura 43: Sección de la tabla o plywood.....	154
Figura 44: Carga distribuida en cuartón.....	154

Figura 45: Sección del cuartón 2" x 4"	154
Figura 46: Consideración 1	154
Figura 47: Consideración 2	155
Figura 48: Consideración 3	155
Figura 49: Distribución de presiones	156
Figura 50: Secciones transversales.....	156
Figura 51:Carga distribuida en la carga	157
Figura 52: Carga distribuida en el cuartón.....	158
Figura 53: Distribución de presiones y refuerzos en columna diseñada.....	161
Figura 54: Diseño de encofrado tradicional para columnas.....	162
Figura 55: Distribución de presiones	162
Figura 56: Secciones transversales.....	163
Figura 57: Carga distribuida en la lámina	163
Figura 58:Carga distribuida en la lámina	164
Figura 59: Carga distribuida en la lámina	165
Figura 60: Distribución de presiones y refuerzos en columnas diseñadas.....	166
Figura 61: Carga distribuida en el ángulo	166
Figura 62: Carga distribuida en el ángulo	167
Figura 63: Cortante sometido en el perno	168
Figura 64:Diseño de encofrado metálico para columna	168
Figura 65: Distribución de presiones	169
Figura 66: Secciones transversales.....	169
Figura 67: Carga distribuida en el plyform	170
Figura 68: Carga distribuida en el plyform	171

Figura 69: Carga distribuida en el plyform	172
Figura 70: Distribución de presiones y refuerzo en columna diseñada	173
Figura 71: Carga distribuida en el ángulo	173
Figura 72: Carga distribuida en ángulo	174
Figura 73: Cortante sometido en el perno	175
Figura 74: Diseño de encofrado mixto para columna	175
Figura 75: Distribución 1	177
Figura 76: Distribución 2	177
Figura 77: Carga distribuida en la tabla	177
Figura 78: Carga distribuida en el cuartón	178
Figura 79: Diseño del larguero horizontal	179
Figura 80: Diseño de tensor	179
Figura 81: Dimensiones de la pared a analizar	180
Figura 82: Presiones de la pared a analizar	181
Figura 83: Carga distribuida y sección del plywood.....	182
Figura 84: Carga distribuida y sección en el cuartón.....	182
Figura 85: Diseño del larguero horizontal	183
Figura 86: Diseño de encofrado tradicional para paredes.....	184
Figura 87: Dimensiones de la pared a analizar	185
Figura 88: Presiones de la pared a analizar.....	186
Figura 89: Carga distribuida y sección del plyform.....	187
Figura 90: Carga distribuida y sección en el perfil	187
Figura 91: Diseño del larguero horizontal y perfil C 6 x 10.5	188
Figura 92: Diseño de encofrado mixto para paredes.....	189

Figura 93: Encofrado de losa de entrepiso	191
Figura 94: Carga distribuida y sección de tabla en losa densa.....	192
Figura 95: Carga distribuida y sección de cuartón en losa densa	194
Figura 96: Carga en puntales y sección de cuartón en losa densa	195
Figura 97: Diseño de encofrado tradicional para losa densa.....	197
Figura 98: Carga distribuida y sección de tabla en losa densa.....	199
Figura 99: Carga distribuida y sección de cuartón en losa densa	201
Figura 100: Carga en puntales y sección de puntal en losa densa	202
Figura 101: Diseño de encofrado mixto para losa densa	204
Figura 102: Sección de la viga.....	205
Figura 103: Carga distribuida y sección de la tabla en viga	206
Figura 104: Losa de entrepiso	207
Figura 105: Detalle de viga y losa.....	208
Figura 106: Revisión de plywood de 1”	209
Figura 107: Revisión de cuartón 4” x 4”	210
Figura 108: Diseño del molde de la viga	211
Figura 109: Revisión de asiento de viga	211
Figura 110: Diseño de pilote	212
Figura 111: Encofrado para fundaciones	213
Figura 112: Revisión de plyform o tabla de 1”	213
Figura 113: Revisión del refuerzo cuartón 2” x 4”	214
Figura 114: Encofrado tradicional para columnas	216
Figura 115: Sistema de yokes para encofrados de columnas.....	217
Figura 116: Selección de perno en el sistema de yoke para encofrados de columna.....	218

Figura 117: Encofrado tradicional para paredes de concreto	219
Figura 118: Encofrado tradicional para vigas	221
Figura 119: Planificación de costos en la construcción	223
Figura 120: Encofrado tradicional para columnas	226
Figura 121: Encofrado metálico para columnas.....	231
Figura 122: Encofrado mixto para columnas	234
Figura 123: Dimensiones de la pared a analizar	238
Figura 124: Dimensiones de la pared a analizar	243
Figura 125: Dimensiones de la losa densa a analizar.....	246
Figura 126: Dimensiones de la losa densa a analizar.....	251
Figura 127: Dimensiones de viga a analizar	255
Figura 128: Dimensiones de viga a analizar	260
Figura 129: Programa de construcción en un edificio de seis niveles	265
Figura 130: Planificación de los encofrados en un edificio de seis niveles	265

INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1: Exigencias de resistencias en función del tiempo	37
Tabla 2: Propiedades físicas del HDO	58
Tabla 3: Tabla de presiones y resistencia a cargas en el HDO. Parte 1	59
Tabla 4: Tabla de presiones y resistencia a cargas en el HDO. Parte 2	60
Tabla 5: Tabla de clasificación de encofrados horizontales.....	68
Tabla 6: Datos utilizados para calcular la muestra.....	84
Tabla 7: Valores de Z para los distintos niveles de confianza	85
Tabla 8: Valores de e para los distintos tamaños de muestra.....	86
Tabla 9: Resultados de la pregunta 1.	116
Gráfica 1: Resultados de la pregunta 1	116
Tabla 10: Resultados de la pregunta 2.	117
Gráfica 2: Resultados de la pregunta 2	117
Tabla 11: Resultados de la pregunta 3	118
Gráfica 3: Resultados de la pregunta 3	118
Tabla 12: Resultados de la pregunta 4	119
Gráfica 4: Resultados de la pregunta 4	119
Tabla 13: Resultados de la pregunta 5	120
Gráfica 5: Resultados de la pregunta 5	120
Tabla 14: Resultados de la pregunta 6	121
Gráfica 6: Resultados de la pregunta 6	121
Tabla 15: Resultados de la pregunta 7	122
Gráfica 7: Resultados de la pregunta 7	122

Tabla 16: Resultados de la pregunta 8	123
Gráfica 8: Resultados de la pregunta 8	123
Tabla 17: Resultados de la pregunta 9	124
Gráfica 9: Resultados de la pregunta 9	124
Tabla 18: Resultados de la pregunta 10	125
Gráfica 10: Resultados de la pregunta 10	125
Tabla 19: Valores de k: factor de esbeltez	136
Tabla 20: Esfuerzos permisibles de la madera conífera en kg/cm^2 y $\text{CH} < 18\%$	137
Tabla 21: Coeficiente de peso unitario del concreto C_w	145
Tabla 22: Coeficiente químico del concreto C_c	146
Gráfica 11: Relación entre velocidad de colado en columnas, máxima presión y temperatura.....	148
Gráfica 12: Relación entre velocidad de colado en paredes, máxima presión y temperatura.....	148
Tabla 23: Relación entre velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en columnas	149
Tabla 24: Relación entre velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en paredes.....	149
Tabla 25: Diseño de encofrado tradicional en columna	216
Tabla 26: Máximo espaciamiento de los yokes (refuerzos para madera)	217
Tabla 27: Máxima separación de los refuerzos 2" x 4" en formaletas para columnas cuadradas utilizando de plataforma plyform de 1" o tabla de madera de 1"	218
Tabla 28: Diseño de encofrado tradicional en paredes	219
Tabla 29: Diseño de encofrado tradicional en vigas	220
Tabla 30: Diseño de encofrado tradicional en losas.....	220

Tabla 31: Resistencia mínima del concreto para desencofrar	225
Tabla 32: Tiempos mínimos de desencofrados bajo condiciones normales	225
Tabla 33: Análisis de costos para encofrados de columnas de concreto.....	263
Tabla 34: Análisis de costos para encofrados de paredes de concreto.....	263
Tabla 35: Análisis de costos para encofrados de losa densa de concreto	263
Tabla 36: Análisis de costos para encofrados de vigas de concreto	263
Tabla 37: Programa de encofrados para estructuras de concreto en edificio	267
Tabla 38: Programa de encofrados para estructuras de concreto en edificio	267
Tabla 39: Programa de encofrados para estructuras de concreto en edificio.....	268



INTRODUCCION

El crecimiento de los centros urbanos y el desarrollo industrial han ido exigiendo, cada vez más, el incremento de construcciones, pero en plazos cada vez menores, cuya realización era imposible por los métodos tradicionales de construcción. La elección de dimensiones o separaciones entre los diversos elementos por tanteos o suposiciones puede resultar extremadamente peligrosos.

La construcción de los encofrados se realiza con materiales que se encuentran fácilmente en nuestro medio. A través de los años se han ido perfeccionando para darle al elemento un mejor acabado. En los primeros años, los materiales que más se utilizaba era la madera luego poco a poco se fue modernizando, hasta tener el día de hoy, encofrados metálicos, de madera, y de materiales sintéticos.

Gracias a las propiedades mecánicas de la pasta de concreto es posible crear una gran cantidad de elementos de distintas formas con fines estructurales o arquitectónicos. Pero es necesario contener la mezcla durante el proceso de endurecimiento para generar la forma final que tendrá el elemento. Para la fabricación de un encofrado, es necesario contar con la madera u otro material adecuado para esta aplicación y darle un correcto soporte.

Si bien se vienen usando los encofrados desde hace más de veinte años, hay muy poca bibliografía e investigación sobre el diseño y proceso constructivo que ha demostrado diversas fallas en la ejecución de diferentes estructuras de concreto reforzado antes de que este logre la resistencia adecuada.

En El Salvador, la aplicación de encofrados no ha sido muy difundida como en otros países, por la limitación misma de los proyectos y la poca continuidad de obras que permitan su aplicación. Sin embargo, teniendo en cuenta el rápido desarrollo de la construcción, puede esperarse que la aplicación de los encofrados sea cada vez más frecuente y se usará sistemas más sofisticados que permitan adaptarse a los requerimientos de las nuevas estructuras.

CAPITULO I

GENERALIDADES.





1.0 GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 ANTECEDENTES

El proceso de evolución de los encofrados ha sido lento, se tiene constancias del uso del sistema de encofrados desde hace más de un milenio pero no ha sido hasta la edad moderna, con las crecientes necesidades y la aparición de nuevos materiales y sistemas de fabricación, que ha sido posible dar lugar a nuevos conceptos y métodos con encofrados.

Podemos situar en un contexto bastante antiguo el uso y la construcción del encofrado que data desde el año 3,000 A.C en la antigua civilización egipcia, si bien el encofrado moderno, flexible a los cambios estructurales y climáticos, como hoy lo conocemos fue ideado en 1950. Es importante describir que cuando se habla de “encofrados” no solo se refiere al utilizado en arquitectura, diseño y construcción de obra.

Con el paso del tiempo, la construcción integra de concreto deja paso al perfeccionamiento del trabajo, del acero y su industrialización, adoptándose el acero como material eficiente en las construcciones medianas y grandes debido a su alta eficiencia y su rápido montaje. El uso del concreto armado ha quedado mermado desde este punto de vista, pero ampliamente extendido para hacer estructuras como son pilares, losas, muros, grandes infraestructuras como puente, presas, canales, etc.

Así pues podemos considerar que la aplicación del uso de encofrados va directamente ligado con el uso del concreto armado en la construcción y como su extendido uso nos revela, el sistema de encofrados se ha posesionado en la actualidad como una herramienta básica y necesaria para realizarlos actuales proyectos.

En base a la tesis de la Universidad de El Salvador: “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados de El Salvador 1995” encontramos información acerca de la



aplicación del encofrado en nuestro país hasta esa fecha, lo cual se necesitaría una actualización de los métodos que se emplean actualmente.

La madera, principal material ocupado, era abundante y barata, razón por la cual no se le otorgaba mayor análisis económico, aunque si en seguridad y en acabado.

Sin embargo con el correr de los años, el crecimiento de la población y la deforestación provocaron el encarecimiento de los materiales de construcción; lo que provoco la necesidad de buscar alternativas más viables de uso así como el diseño de moldes o encofrados, para lograr su disminución de costos.

La tesis de “Estudio de Encofrados 1970” nos proporciona los primeros antecedentes sobre diseño de encofrados basados en la designación A.C.I. 622, para las presiones en el concreto, aplicando la teoría de los esfuerzos permisibles en la zona elástica, entre lo que podemos mencionar deflexión, compresión, corte. El problema mayor de esta tesis es que no utiliza parámetros de cálculos adecuados a nuestra época, siendo además su estructura poco practica lo que dificulta su uso y manejo.

En 1976 se edita la tesis “Manual del ingeniero constructor” de la Universidad de El Salvador, la cual da algunas recomendaciones sobre la fabricación de encofrados, pero sin ahondar en el tema.

En 1984 en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, UCA, se presentó el seminario de graduación “Calculo y tablas para el diseño de encofrados de madera” en la que se vuelve hacer énfasis sobre el problema de la falta de criterio de diseño de los encofrados, además proporciona información valiosa acerca de ensayos efectuados en la madera existente en nuestro país.

En la tesis de “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados de El Salvador 1995” ya se tiene a disposición un documento bastante completo acerca de los diversos sistemas de encofrados, haciendo énfasis en la búsqueda de técnicas que permitan la máxima cobertura y aprovechamiento del material que forma el molde, así como también la mano de obra utilizada en la construcción.



Cabe mencionar que en la tesis menciona parámetros básicos de diseño de encofrados, chequeos y criterios básicos para la revisión de los elementos por deflexión, corte y flexión según las normas indicadas por el reglamento ACI-347, así como el chequeo de la presión de diseño basada en el comité ACI-622, para encofrados de madera.

Los seminarios más recientes en nuestro medio es el curso impartido en ASIA (Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos), por el ingeniero Fredy Rolando Herrera Coello, expuesto en Agosto del 2012, el cual tiene como nombre “Diseño y Construcción de Encofrados”, en donde se realiza el cálculo y detalle de encofrados para diferentes elementos estructurales, así como ejemplos ilustrativos del diseño de encofrados.

Finalmente encontramos un documento más actualizado el cual se denomina “Nuevos Sistemas de Encofrados en la Construcción” cuyo autor es el ingeniero Fredy Rolando Herrera Coello, en donde propone la economía en los encofrados que debería de comenzar en el diseño de la estructura, continuar en la selección de los materiales, el diseño y el montaje, el desencofrado y el número de usos.

Las fallas en los encofrados se pueden atribuir a múltiples causas, tales como: errores humanos, materiales, equipos de mala calidad o diseños no adecuados.

Actualmente en nuestro país y en las universidades no existe un diagnóstico sobre el uso de encofrados en la zona oriental lo que es necesario realizar una investigación para luego proponer un manual actualizado acerca del diseño de encofrados con los nuevos materiales en el mercado y su aplicación en las construcciones.



1.1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En nuestro país, en muchas de las construcciones de edificaciones donde se utiliza el concreto armado, requieren la utilización de encofrados que funciona como moldes, las personas de la zona oriental no le da la debida importancia que se merecen los encofrados en una obra de construcción debido a eso podemos ver muchas fallas y errores en los proyectos debido a la mala práctica y utilización de moldes de madera sin un diseño adecuado, se hace necesario conocer la función que realiza cada elemento que compone un sistema de encofrado y es indispensable realizar una adecuada selección del mismo dependiendo del tipo de estructura de concreto que se desea realizar.

La mayoría de las empresas constructoras salvadoreñas desconocen la importancia del diseño de los encofrados, delegando su construcción a personas no calificadas en su caso a maestros de obras y carpinteros, el cual delegar un rubro constructivo tan importante como es los encofrados se atenta con la economía y la calidad de la obra del proyecto así como la vida misma de las personas que están laborando.

Es claro entonces, que existen deficiencias en el conocimiento del diseño y procesos constructivos en el área de encofrados en todos aquellos estudiantes y profesionales que laboran en el área de la construcción, debido que hasta la fecha no existe una materia electiva o seminarios de capacitación en las universidades de la zona oriental que traten acerca de este tema.

Pregunta de la investigación

¿Será eficiente el diseño y construcción de los encofrados en los elementos estructuras de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador?



1.1.3 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

La construcción de los diversos componentes de las estructuras de concreto reforzado: columnas, muros, vigas, losas; requiere de encofrados, los mismos que, a modo de moldes, permiten obtener las formas y medidas que indiquen los respectivos planos.

Sin embargo, los encofrados no deben ser considerados como simples moldes. En realidad son estructuras; por lo tanto, sujetas a diversos tipos de cargas y acciones que, generalmente, alcanzan significativas magnitudes.

Son tres las condiciones básicas a tenerse en cuenta en el diseño y la construcción de encofrados:

- ✓ Seguridad
- ✓ Precisión en las medidas
- ✓ Economía

De estas tres exigencias la más importante es la seguridad, puesto que la mayor parte de los accidentes en obra son ocasionados por falla de los encofrados.

Principalmente las fallas se producen por no considerar la real magnitud de las cargas a que están sujetos los encofrados y la forma cómo actúan sobre los mismos; asimismo, por el empleo de madera en mal estado o de secciones o escuadrías insuficientes y, desde luego, a procedimientos constructivos inadecuados.

La calidad de los encofrados también está relacionada con la precisión de las medidas, con los alineamientos y el aplomado, así como con el acabado de las superficies de concreto.

En El Salvador, no se aplica el diseño de encofrados para concreto en muchas construcciones, tomando en cuenta que aún se sigue construyendo estructuras de manera empírica; además, parece ser necesario que ocurra un evento, que cause daños



importantes en el concreto, para que se revisen el diseño de encofrados, y que no se realicen un buen proceso constructivo, con esto contribuye a que los daños sean mayores en el concreto.

Se busca a través de la investigación, realizar un diagnóstico en las construcciones de la zona oriental de El Salvador, en donde se investigara como se está llevando el diseño y construcción de los encofrados. Por otra parte la ausencia de un manual práctico que contenga esfuerzos de trabajo permisible y además de esto presente ejemplo de cálculos, proponiendo alternativas de encofrados, además es necesario actualizar la información para poder aplicarlo en las construcciones del Oriente o preferiblemente del todo el país.

Finalmente, debe tenerse en cuenta la importancia que, en la estructura de los costos de las construcciones, tiene la partida de encofrados. El buen juicio en la selección de los materiales, la planificación de reutilizar de los mismos y su preservación, contribuyen notablemente en la reducción de los costos de construcción.



1.2 DELIMITACIONES

1.2.1 ALCANCES

- ✓ El área de estudio de la investigación, está enfocada en conocer el diseño y los procesos constructivos de los encofrados para concreto, al ser sometido a cargas de presión de dicho material, tomando en cuenta las propiedades del concreto y del material que servirá como molde del mismo, donde se analizarán los tipos de materiales a utilizar y la correspondiente capacidad de resistencia a la presión del concreto.
- ✓ Se realizará un diagnóstico acerca de la utilización de encofrados en las construcciones de la zona oriental, se realizarán visitas técnicas a los proyectos en donde se elaborará una ficha técnica donde mencionará la descripción del proyecto, que tipo de encofrados se utilizaron y si elaboraron el diseño correspondiente o lo hicieron de manera empírica.
- ✓ El diseño de los encofrados de concreto se verá de acuerdo a la norma ACI 347 relacionados a la utilización de encofrados para estructuras tales como vigas, losas, columnas, zapatas y paredes de concreto, en ambientes que se pueden desarrollar en El Salvador, especialmente en la zona oriental.
- ✓ Proponer un manual constructivo donde se elaborara información técnica sobre el diseño de encofrados.



1.2.2 LIMITACIONES

- ✓ La existencia de estudios de encofrados para concreto es bastante limitada en nuestro país y muchas de estas ya se encuentran desactualizadas, existiendo solamente literatura técnica general del tema en entidades como ASTM, ACI entre otros.
- ✓ El diagnóstico del uso de encofrados solo se llevará a cabo en las construcciones que se encuentren en la zona oriental de El Salvador (San Miguel, Usulután, Morazán y La Unión) las cuales se estén realizando durante el periodo de elaboración de la tesis o de construcciones existentes, siempre y cuando se pueda tener acceso a la información del uso de encofrados en dichos proyectos.
- ✓ En esta tesis no se tomó en cuenta llevar a cabo pruebas y ensayos de laboratorio para obtener las propiedades mecánicas y estructurales de los materiales, esto debido que los ensayos son de costos elevados o de difícil realización, se decidió tomar en cuenta valores medios de tablas de diferentes normas.
- ✓ Para el diseño de encofrados en losas, se analizara solamente la tipo densa, ya que es la que exige la utilización de encofrados, caso contrario las losas aligeradas debido a que algunos de sus elementos se utilizan como encofrados y forman parte de la misma estructura, la cual lleva su análisis respectivo.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar un diagnóstico del cálculo, diseño y construcción de encofrados que son utilizados para el confinamiento y moldeado de estructuras de concreto en la zona oriental de El Salvador.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Conocer las propiedades de los materiales que se utilizan como moldes (madera, metal y HDO) para encofrados de concreto.
- ✓ Realizar fichas técnicas sobre la aplicación de los encofrados en las construcciones que se realicen en la zona oriental de El Salvador.
- ✓ Analizar las cargas que estarán sometidas los elementos que conforman los distintos sistemas de encofrados.
- ✓ Generar a partir del diagnóstico, información técnica en un manual que contribuya al diseño de encofrados para concreto.
- ✓ Realizar una evaluación de costos entre los distintos sistemas de encofrados.



1.4 HIPOTESIS

- ✓ El diseño y construcción de sistema de encofrados de madera resultan más eficiente y económico en edificaciones de uno a dos niveles y en elementos de concreto que no son estructurales (acabados).

- ✓ El diseño y construcción de sistemas de encofrados metálicos y mixtos resultan más eficientes y económicos en edificaciones mayores de dos niveles por su número de reutilización en elementos de concreto estructurales.

- ✓ El diseño de encofrados en los elementos estructurales de concreto en la zona oriental se realiza en mayor parte de forma empírica.

- ✓ El diseño de encofrados en los elementos estructurales de concreto en la zona oriental lo realiza los obreros con la supervisión del ingeniero residente.

- ✓ El mal diseño del encofrado, materiales de mala calidad o procesos constructivos deficientes pueden ocasionar daños estructurales en el concreto.

- ✓ En la mayoría de construcciones de la zona oriental de El Salvador no se realizan planos de taller para el área de encofrados.



1.5 MARCO METODOLOGICO

Para la realización de la investigación es necesario elaborar una metodología, la cual indica de manera secuencial las etapas a seguir para obtener los objetivos propuestos el cual se hará por el investigador.

ASESORÍA CON DOCENTES DIRECTORES

Para el desarrollo del trabajo, es necesario realizar entrevistas a consultores especializados en el área de diseño estructural e ingeniería de materiales (encofrado y concreto). Y profesionales involucradas con dicho tema. Para tratar esta situación, se pedirá ayuda a los docentes directores, con respecto a las dudas que durante el proceso se vayan suscitando. Para esto se programarán reuniones, donde se presenten los avances respectivos, y en ellas se establezcan las observaciones y correcciones necesarias.

INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Abarca la recopilación de información necesaria para el desarrollo del trabajo; Visitar bibliotecas (ASIA, ISCYC, HOLCIM, UES FMO y Central), virtuales a universidades internacionales que han realizado investigaciones relacionadas al tema de investigación (encofrados).

Entre esta información podemos mencionar las normas, códigos y reglamentos que rigen el diseño de encofrados con los indicadores de: Madera, Acero y HDO

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se realizaran visitas de campo coordinado por Holcim San Miguel, a los diferentes tipos de construcciones con el fin de recopilar información de los criterios tomados en cuenta para la construcción de encofrados y los tipos más utilizados, como también una breve idea de los principales fallas más comunes que han ocurrido durante el manejo y construcción de los encofrados. Como también se investigaran los diferentes tipos de moldes existentes en el mercado.



“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

También se elaborará un manual para obtener diseños prácticos, económicos y funcionales para elementos como columnas, vigas, losas y paredes que se elaboraran previamente, revisando los esfuerzos de trabajo a que están sometidos los materiales encofrantes (Madera, Metal y HDO), con los esfuerzos permisibles, así como también sus deflexiones y determinando la cantidad de material necesario, la forma de amararlos y colocarlos en la obra. Refiriéndonos de las normas ACI -622 (Presiones del Concreto), ACI -347 (Diseño de encofrados de madera) y la norma de Acero AISC (Acero) como también materiales bibliográficos.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL.





2.0 MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTORICO

2.1.1 HISTORIA DEL ENCOFRADO

El encofrado en construcción es un molde de madera o acero y tienen por objetivo contener la armadura y el concreto durante el proceso de fraguado. Gracias a las propiedades mecánicas de la pasta de concreto es posible crear una gran cantidad de elementos de distintas formas con fines estructurales o arquitectónicos.

El encofrado ha estado ligado al uso del concreto a lo largo de toda la Historia, pero hay muy poco escrito al respecto. Lo que es evidente, es que cuando se realiza una construcción empleando concreto para conseguir las variadas formas en las que se encuentra este material, se necesita un sistema que de forma al concreto durante la fase de fraguado.

Podemos situar en un contexto bastante antiguo el uso y la construcción del encofrado que data desde el año 3,000 A.C en la antigua civilización egipcia, si bien el encofrado moderno, flexible a los cambios estructurales y climáticos, como hoy lo conocemos fue ideado en 1950. Es importante describir que cuando se habla de “encofrados” no solo se refiere al utilizado en arquitectura, diseño y construcción de obra.

Existen diferentes usos y tipos de encofrados. Desde el conocido en construcción destinado a estructuras de mampostería y cerramientos de lozas, hasta el encofrado arcilloso que se utiliza para recubrir piezas de incalculable valor de orfebrería.

Así pues el uso que ha ido adoptando, así como la tipología que ha ido evolucionando la veremos a continuación:

Época Romana y Medieval:

Si hacemos un poco de historia nos remontamos hasta los egipcios quienes ya utilizaban una especie de yeso calcinado que aportaba a las construcciones un acabado y utilizaban para rellenar con material. Si más no, consistía en el sistema más rudimentario pero primogénito.

La misma utilidad le dieron los griegos. Lo utilizaron a pequeña escala y para uso cotidiano, encontrado pues ínfimas intervenciones en la construcción o en general como lo conocemos nosotros. Mas era su uso para crear objetos; vasijas, cuencos, adornos; que otro aspecto formal. Así su uso más extendido resultaba ser la de moldes.



Figura 1: Primeros Encofrados Egipcios. (*Historia de los Encofrados y Evolución*, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010).

Los arquitectos romanos construyeron las primeras estructuras de concreto en masa que lo podemos considerar como el propulsor de la construcción mediante encofrados. Como el concreto en masa no puede absorber grandes esfuerzos de tracción y torsión, estas primeras estructuras fueron arcos, bóvedas y cúpulas, que funcionan solamente a compresión.



Podemos concluir que las primeras intervenciones de los encofrados en la construcción y la arquitectura pretendían solventar elementos estructurales complejos para la época y solo podían solventarse con concreto en masas; elementos a compresión.

La estructura de concreto más notable de esta etapa es la cúpula del Panteón de Roma. Los encofrados se hicieron con andamiajes y encofrados temporales con la forma de la futura estructura. Estos elementos auxiliares de construcción no solo sirven para verter el concreto, también han sido y son muy utilizados en otros trabajos de albañilería.

Podemos empezar a apreciar la connotación estética que adquirió del uso cotidiano de los moldes. De esta manera empieza a acercarse a la finalidad que caracterizo a principio del siglo XVIII y que fue parte propulsora de la arquitectura del concreto; la piedra artificial.

Para el concreto, los romanos utilizaban yeso y cal como aglomerantes, además de un cemento natural obtenido de la piedra de Puzzoli, llamado puzolana, pero no es un mineral fácil de obtener en otros lugares, por lo que no se volvió a utilizar el concreto como material de construcción, hasta la invención del cemento Portland; el concreto armado no podía hacerse con los demás aglomerantes puesto que atacan el hierro de las armaduras, oxidándolos.

Como era acostumbrado, los romanos llevaron con sus conquistas también su cultura. La técnica del encofrado se extendió también por los pueblos que invadían, propiciando la expansión de los nuevos sistemas de construcción que fueron evolucionando.



Figura 2: Cúpula del Panteón, Roma. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

Época Moderna:

El gran propulsor del uso de los encofrados ha sido y actualmente es el concreto, y como tal no podemos entender su evolución sin entender el nacimiento del concreto tal y como lo conocemos.

Durante la época Medieval no hubo una evolución en el uso de los encofrados, podemos hablar de un estancamiento respecto a los progresos que supuso su utilización en el Imperio Romano. Su continuo entorno a estilos de épocas pasadas propicio un refinamiento en el sistema de construcción con piedra relevando los sistemas de encofrados al mismo uso que se originó en la construcción: arcos, bóvedas y cúpulas.

Podemos verdaderamente hablar de evolución en el siglo XVII (finales) y de revolución de la construcción a partir del Siglo XIX.

El verdadero propulsor, como lo fue el descubrimiento de cemento natural y artificial, comúnmente conocido como Portland, Smeaton y posteriormente Parker, encargado de comercializar los primeros cementos artificiales: Parker, realizaron gran cantidad de estudios referentes al comportamiento de estos nuevos materiales que propiciaron posteriormente la aparición de los hornos Hoffman y hornos giratorios que sirvieron para conseguir resultados más óptimos en la producción de cemento.

La piedra natural consigue insertarse muy bien en la sociedad para simular grandes trabajos con piedra de verdad pero mediante moldes. Gracias a su similitud con la piedra y el mármol crece una industria que se asienta bastante bien en la decoración, desvinculándose bastante de la construcción encargada de satisfacer la producción de elementos estructurales.

Con la aparición de este nuevo material, multitud de arquitectos y artistas comenzaron a experimentar con él, llegando así a aparecer, en 1870, las primeras patentes sistemas de construcción de concreto armado: Patente Monie y Hennebique.

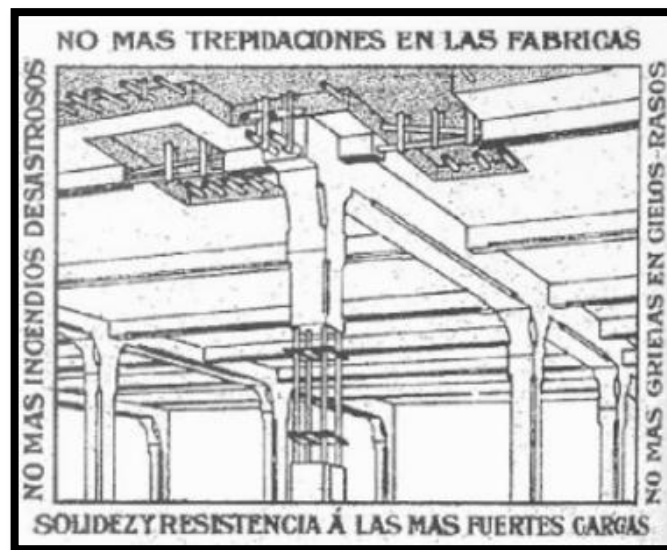


Figura 3: Primeros Encofrados de la Época Moderna. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

Estas patentes que ofrecían un producto nuevo, mixto, compuesto de concreto y hierro requerían de un sistema de producción estandarizado y global, que permitiera reproducir los productos de manera exacta. Aquí es donde intervienen nuevamente los encofrados, en los inicios de una revolución en el mundo de la arquitectura.

Junto a estas patentes y continuos estudios llevados mayoritariamente por Alemania, se empieza a difundir la construcción con concreto armado y se empiezan a buscar nuevos



sistemas de encofrado para llevar a cabo los proyectos que se olvidaban sobre el papel: Nace la necesidad de una especialización de los encofrados.

A partir del Siglo XIX hay un profundo estudio de las capacidades y límites a los que se pueden llegar con el concreto armado, tanto con elementos verticales como horizontales. Empiezan las primeras construcciones integradas en concreto y el uso de encofrados se expande a cualquier parte del edificio; encofrados verticales, horizontales, personalizados... el movimiento Modernista, que huye del Eclecticismo de principios de la Edad moderna encuentra en la construcción con concreto armado la racionalidad de los materiales y la técnica.

Podemos decir que la evolución de los encofrados viene de parte de los ingenieros, sobretodo de “l'École des Ponts et Chaussées” de Francia, donde había una gran tradición de construcción con tapial, pero los que realmente crean la tendencia y la necesidad son los arquitectos que empiezan a insertar la mentalidad de olvidar adornos y ofrecer una arquitectura libre, sin esconder la estructura. Un ejemplo claro es Le Corbusier.

Entendemos pues que los principales propulsores del mundo moderno en sus inicios fueron el concreto armado y el nuevo corriente de pensamiento, el modernismo impulsado por arquitectos e ingenieros, que apoyado en el racionalismo del proceso industrial y del estudio de los materiales llegaron a sintetizar un sistema revolucionario que se basaba en los encofrados; la arquitectura del concreto armado.

Bajo este primer principio empiezan a nacer los sistemas perfeccionados de encofrados como las losas de encofrados, seguridad, utilización de otros materiales así como la evolución de elementos característicos de los encofrados; puntuales, planchas de acabado, reutilización.

Su uso queda claramente patente en las construcciones de los Rascacielos, Insignia de la época Contemporánea.



Figura 4: Encofrados para Rascacielos, Edad Moderna. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

Época Contemporánea:

Tenemos que los actuales encofrados ofrecen una fácil y rápida solución para construir elementos de arquitectura modular como pueden ser muros u otros elementos de estructuras como si fueran una base.

Se puede hacer prácticamente las formas que se desee mediante los encofrados modulares que permiten adaptar la construcción como se desee.

En la actualidad, debido a las propiedades que ofrece la construcción con concreto, y debido a su rápida ejecución, el uso de sistemas de encofrados ha liberado el sector de la construcción haciendo una verdadera disciplina del antiguo sistema auxiliar; el encofrado.



Figura 5: Encofrados en la Edad Contemporánea. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

Con el paso del tiempo, la construcción integra de concreto deja paso al perfeccionamiento del trabajo, del acero y su industrialización, adoptándose el acero como material eficiente en las construcciones medianas-grandes debido a su alta eficiencia y su rápido montaje.

El uso del concreto armado ha quedado mermado desde este punto de vista, pero ampliamente extendido para hacer estructuras como son pilares, losas, muros, grandes infraestructuras como puente, presas, canales, etc.

Así pues podemos considerar que el asentamiento el uso de encofrados va directamente ligado con el uso del concreto armado en la construcción y como su extendido uso nos revela, el sistema de encofrados se ha posesionado en la actualidad como una herramienta básica y necesaria para realizarlos actuales proyectos.

La inserción de los encofrados en el mundo de la construcción es tal que ha llegado incluso a modificar la concepción de la proyección en la arquitectura, adaptándose así más a lo que se puede hacer con los encofrados que lo que el proyecto puede requerir de ellos. En cualquier caso, la variedad de sistemas y tipos de encofrados es tan grande que fácilmente se puede adoptar una solución constructiva que se puede ejecutar con encofrados.



Figura 6: Sistema de encofrados mixtos, Edad Contemporánea. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

2.1.2 APLICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS A GRANDES PROYECTOS

Para ejemplificar el gran impacto que ha representado los encofrados en el mundo de la construcción analizaremos brevemente cuatro casos en los que su intervención resulta inevitablemente necesaria que no hubiera permitido su realización de otro modo considerando los actuales sistemas que existen de construcción.

Canal de Panamá

La historia del Canal de Panamá se remonta a los primeros explorados europeos en América, ya que la delgada franja de tierra, el Istmo de Panamá, constituye un lugar idóneo donde crear un paso para el transporte marítimo entre el Océano Pacífico y Atlántico.

Hacia el final del siglo XIX, los avances tecnológicos y las presiones comerciales eran tales que la construcción de un canal se convirtió en una propuesta viable. Un primer intento por parte de Francia fracasó, pero se consiguió hacer una primera excavación que después utilizó EE.UU., dando lugar al actual Canal de Panamá en 1914.

El canal se encuentra en funcionamiento en manos panameñas, por el Tratado “Torrijos – Carter” el 7 de septiembre de 1977 por el presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter y el general Omar Torrijos Herrera que entro en vigencia el 31 de diciembre de 1999; y se está trabajando en su ampliación a partir del 3 de septiembre del 2007.

Así pues, la realización del Canal de Panamá, no represento tanto un problema de ejecución de las excavaciones como lo supuso la contención de las anegadas aguas. Multitud de enfermedades de los operarios retrasaron la realización del canal, pero no fue hasta que se consiguieron controlar las aguas mediante muros de contención que no empezaron a perfilar una solución.

Los muros de concreto se encargan de contener los esfuerzos de las tierras como las presiones de los diques de agua que se cierran mediante puertas metálicas. Un ejemplo parecido se propuso recientemente en Venecia para controlar las subidas de la marea.



Figura 7: Canal de Panamá. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

Viaducto de Millau

El viaducto de Millau, en Aveyron (Francia), es el puente más alto del mundo. Inaugurado el 14 de diciembre de 2004 tras 36 meses de trabajo de construcción, la estructura alcanza una altura máxima de 343 metros sobre el río Tarn, y una longitud de 2.460 m, entre el Causse du Larzac y el Causse Rouge; tiene 7 pilares de concreto, y el tablero tiene una anchura de 32 metros.

Cerca de 3,000 personas trabajaron en este proyecto, que costó casi 400 millones de euros.

El viaducto de Millau fue concebido formalmente por el arquitecto inglés Norman Foster (Foster and Partners), y estructuralmente por el ingeniero francés Michel Virlogeux, trabajando ambos conjuntamente para hacer posible esta obra singular.



Figura 8: Viaducto de Millau, Aveyron Francia, actualmente el puente más alto del mundo. (*Historia de los Encofrados y Evolución, Oscar Cid Repolles, Universidad Técnica de Cataluña, Barcelona España, mayo del 2010*).

De la misma manera que el canal de Panamá hubiese sido impensable sin los muros de contención que forzosamente debían realizarse mediante sistema de encofrados de concreto, la realización del puente Europeo más grande hubiese sido impensable sin el uso de sistemas trepantes de encofrados.

Así la realización de los pilares vacíos hubiese supuesto todo un reto impensable si no fuera por la capacidad de adaptarse a las necesidades de los encofrados.

La Tour Granite

Diseñado por el arquitecto Christian de Portzamparc para representar la cúspide de una infraestructura triangular ubicado en el barrio de Valmy en el distrito financiero de París, Francia, para unir con las existentes torres gemelas de La Société Générale. La Tour Granite tiene una altura de 184 metros. El desafío clave en la construcción de este icono de la última generación de rascacielos era la pendiente fachada de ocho grados, diseñados para minimizar la interferencia con la luz y las vistas desde las torres existentes.



Figura 9: La Tour Granite, Paris Francia. (*Estudio de Casos, HARSCO infraestructure*).

Para la construcción de este megaproyecto, la empresa HARSCO utilizó un sistema de encofrados autotrepantes, para construir la estructura exterior de 45 pisos de gran altura, con su disminución gradual, ampliando y laderas inclinadas. Las plataformas del encofrado autotrepante fueron siempre conectados de forma segura a las plataformas que suben verticalmente por grúas y elementos de deslizamiento.

Con un ancho de 3,25 m, la plataforma presentó una zona de trabajo inusualmente profunda y muy segura, diseñado para una carga dinámica de 5.0kN/m². Cada elemento individual fue diseñado para soportar una velocidad de viento máxima de 208 kilómetros por hora. El elemento individual más grande utilizado fue una plataforma de 14,5 m de largo, con el apoyo de sólo dos soportes, lo que permite un máximo de ocho soportes (longitudes de plataforma de 55m) para ascender de forma simultánea con encofrado extensible. Combinando los conocimientos técnicos de vanguardia con equipos de clase mundial y el apoyo a los proyectos resultó en La Tour Granite creciendo a un ritmo de un piso por semana.



Figura 10: Sistemas de encofrados trepantes utilizados en la construcción de La Tour Granite. (*Estudio de Casos, HARSCO infraestructure*).

Hollywood and Vine

El proyecto de Hollywood and Vine es un área de 4.5 acres de construcciones de usos mixtos en la ciudad de Los Ángeles, ubicada en la famosa intersección de Hollywood Boulevard y Vine Street. La inversión de \$600 millones incluye apartamentos de lujo, locales comerciales de lujo y hoteles. La empresa Harsco fue galardonada por el sistema completo de encofrados horizontales que incluyó más de dos millones de pies cuadrados de terrazas elevadas que va desde 8 a 40 pies de altura.



Figura 11: Hollywood and Vine, Los Ángeles, Estados Unidos. (*Estudio de Casos, HARSCO infrastructure*).

El desafío en ese proyecto incluyó trabajos vía rápido, tanto por los diseños y las operaciones de los equipos, con la utilización de 135 cubiertas de plywood HDO, diseñado y se realiza el colado de las estructuras en menos de 12 meses. Debido a las exigencias de la vía rápida, el contratista eligió a utilizar el sistema PRO-Shore®, junto con marcos de aluminio y sistemas de vigas para zonas altas. El paquete completo se entregó con su presupuesto y a tiempo. Más de 166 camiones cargados de apuntalamientos fueron entregados, incluyendo 11,000 paneles PRO-DECK® y 12.000 puestos de PRO-Shore®. Tres ingenieros de infraestructuras HARSCO trabajaron a tiempo completo durante 11 meses, y el ingeniero supervisor reviso la producción de 150 hojas de diseños de equipos y apuntalar el trabajo de diseño.

2.1.2 ENCOFRADOS EN EL SALVADOR

Hasta la tercera década del siglo XX en nuestro país, las construcciones eran fabricadas de adobe y bahareque. Fue hasta después de 1,990 que las construcciones empezaron a requerir la utilización de moldes para darle forma al concreto.

La madera, principal material ocupado, era abundante y barata; razón por la que no se le otorgaba mayor análisis económico, aunque si en seguridad y acabados.

Sin embargo con el correr de los años, el crecimiento de la población y la deforestación provocaron el encarecimiento de los materiales de construcción; lo que provoco la necesidad de buscar alternativas más viables de uso, así como el diseño de moldes o encofrados, para disminuir los costos.

Parte de la madera empezó a importarse desde Guatemala y Honduras, encareciendo el costo de la misma, debido al transporte y la inaccesibilidad de los caminos, además el cambio del sistema de medidas, trayendo problemas. A partir de entonces se empezó a utilizar madera cepillada como el plywood y moldes de madera forrados en láminas como el plyform, para darle el acabado requerido por las especificaciones de los planos a los elementos estructurales. El inconveniente del plyform era su costo ya que era importado desde los Estados Unidos.

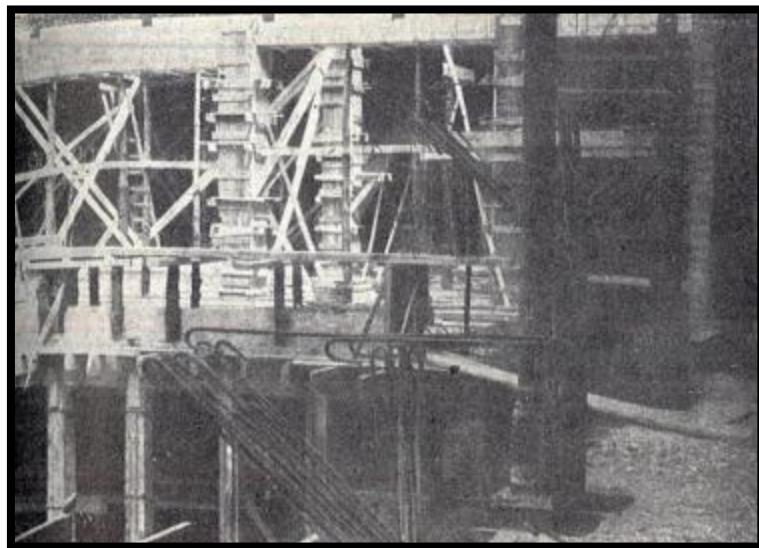


Figura 12: Primeros encofrados en nuestro país. (*El Salvador antiguo, www.skyscraperlife.com*).

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

Han pasado 23 años y los problemas que ocurrían en esa época lejos de solucionarse se han intensificado. Como referencia mencionaremos que buena parte del territorio salvadoreño se encuentra desforestado.

La ventaja del plyform si bien cierto es más caro por metro cuadrado de construcción, reduce su costo por el número de reutilizaciones que se pueden obtener, por ejemplo el plyform HDO puede utilizarse hasta 100 veces.

Se utiliza el cuartón de 4”x4” y el clavo doble cabeza en los encofrados, el primero como puntal por su resistencia a la compresión y al pandeo y el segundo por su facilidad de retirarlo sin dañar la madera. Actualmente se está utilizando en nuestro medio los puntales metálicos, ya que son más resistentes y en algunos casos, sale más económicos.

Una buena parte de las empresas constructoras salvadoreñas desconocen la importancia del diseño de los encofrados, encargando su construcción a personas no calificadas, entregando en manos del empirismo un rubro constructivo tan importante como el encofrado, afectando la calidad y la economía de la obra.

El problema en nuestro medio se refiere a una utilización de tecnología inadecuada y desfasada en la fabricación e instalación de moldes para encofrados, cuando son utilizados para dar forma y sostén a las estructuras de concreto que demanda una edificación.



Figura 13: Encofrados empleados actualmente en la zona oriental de El Salvador. (*Construcción del hotel Trópico Inn, San Miguel*).



2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 INTRODUCCION

El encofrado es el elemento más representativo en la elaboración de concretos que cumple con el objeto de dar forma al concreto en estado plástico. Existen innumerables materiales para elaborar y diseñar un eficiente encofrado, de su selección y cuidado depende la forma, textura, color y apariencia final del elemento.

Este es uno de los factores que más ha repercutido en general a los encofrados. Desde su inicio en la construcción, los encofrados se han servido de la madera como material primario. Para las primeras obras se obtenía un resultado tosco y se perdían como material pero no eran mucho más sofisticados los sistemas de los que se disponía.

Posteriormente el uso de la madera ha quedado relevado para obtener texturas en la superficie del concreto o como material suplementario (mixto) de los que se componen los encofrados.

La verdadera revolución fue la inserción del metal en los encofrados, permitiendo hacer planchas que otorgaban un acabado superior y permitían una durabilidad a la estructura considerable al reducir su porosidad.

El otro aspecto a analizar fue el aumento del coste en su producción pero una amortización debido a la creación de un sistema recuperable que permitía su reutilización. Con el paso del tiempo hasta la actualidad, se han ido mejorando materiales y se ha establecido el uso del aluminio como material base, debido a su ligereza, resistencia y durabilidad, amortizando aún más la producción de estos sistemas, aparte de la facilidad para montar estos sistemas.

Aun así, aún existe la utilización de la madera, como compuesto de productos mixtos, en encofrados flexibles que permiten adaptar la forma deseada del proyecto, sobre todo cuando se busca crear curvas.

2.2.2 CONCRETO

El concreto es una mezcla de diversos elementos utilizada en la construcción. La adecuada dosificación es indispensable para poder preparar un concreto con las normas de calidad requeridas.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes:

Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

La pasta está compuesta de Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El contenido de aire y concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.



Figura 14: Componentes del concreto mezclando en concretera.



La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en la relación con la cantidad de Cemento.

Algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto - a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, a un las mezclas más rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se puede modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida, durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para:

1. Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento
2. reducir la demanda de agua
3. aumentar la trabajabilidad
4. Incluir intencionalmente aire
5. Ajustar otras propiedades del concreto.



Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado, y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

2.2.2.1 CEMENTO

En ingeniería civil y construcción se denomina cemento a un aglutinante o aglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, manejable y plástica capaz de fraguar y endurecer al reaccionar con el agua y adquiriendo por ello consistencia pétreo, el concreto o concreto. Su uso está muy generalizado, siendo su principal función la de aglutinante.

Tipos de Cemento

Se pueden establecer dos tipos básicos de cementos:

- Base de arcilla. Obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente.
- Puzolánicos. La puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o de origen volcánico.

Existen diversos tipos de cemento, diferentes por su composición, por sus propiedades de resistencia y durabilidad, y por lo tanto por sus destinos y usos. Desde el punto de vista químico se trata en general de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido, molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y solidifica progresivamente. Puesto que la composición química de los cementos es compleja, se utilizan terminologías específicas para definir las composiciones.

La clasificación de los cementos se puede hacer según diferentes criterios. Las principales características distintivas en las que pueden basarse dichos criterios pueden ser:

- Las clases o categorías resistentes (resistencias mecánicas mínimas o medias, usualmente la resistencia a la compresión a los 28 días)
- Los tipos de cemento (cementos portland, cementos siderúrgicos, cementos puzolánicos, etc.)
- Las propiedades características especiales más importantes (bajo calor de hidratación, resistencia frente medios agresivos por ejemplo, sulfatos, rápido desarrollo de resistencias, etc.



Figura 15: Cemento Portland (*Holcim El Salvador*).

El Cemento Portland

El cemento Portland es el tipo de cemento más utilizado como ligante para la preparación del concreto o concreto.

Fue inventado en 1824 en Inglaterra por el albañil Joseph Aspdin. El nombre se debe a la semejanza en su aspecto con las rocas encontradas en Portland, una isla del condado de Dorset.



La fabricación del cemento Portland se da en tres fases:

- a) Preparación de la mezcla de las materias primas.
- b) Producción del Clinker.
- c) Preparación del cemento.

Las materias primas para la producción del Portland son minerales que contienen:

- Óxido de calcio (44%)
- Óxido de silicio (14,5%)
- Óxido de aluminio (3,5%)
- Óxido de hierro (3%)
- Óxido de magnesio (1,6%)

La extracción de estos minerales se hace en canteras, que preferiblemente deben estar próximas a la fábrica, con frecuencia los minerales ya tienen la composición deseada, sin embargo en algunos casos es necesario agregar arcilla o calcáreo, o bien minerales de hierro, bauxita, u otros minerales residuos de fundiciones.

El cemento obtenido tiene una composición del tipo:

- 64% óxido de calcio
- 21% óxido de silicio
- 5,5% óxido de aluminio
- 4,5% óxido de hierro
- 2,4% óxido de magnesio
- 1,6% sulfatos
- 1% otros materiales, entre los cuales principalmente agua

Cuando el cemento Portland es mezclado con el agua, el producto solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de varias semanas.



“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

La calidad del cemento Portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 150. En el 2004, los principales productores mundiales de cemento Portland fueron la Lafarge en Francia, la Holcim en Suiza y la Cemex en México. Algunos productores de cemento fueron multados por comportamiento monopolístico.

Exigencias de Resistencias

La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 2 días o a los 7 días.

Para cada clase de resistencia normal, se definen dos clases de resistencias iniciales: una clase con resistencia inicial ordinaria, indicada por n, y una clase con resistencia inicial elevada indicada por R.

Exigencias físicas							
Clase de resistencia	Resistencia a compresión MPa				Tiempo de principio de fraguado min	Expansión en volumen mm	
	Resistencia inicial		Resistencia normal				
	2 días	7 días	28 días				
MEDIA {	32,5 N	-	≥16,0	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10
	32,5 R	≥10,0	-				
ALTA {	42,5 N	≥10,0	-	≥42,5	≤62,5	≥60	
	42,5 R	≥20,0	-				
MUY ALTA {	52,5 N	≥20,0	-	≥52,5	-	≥45	
	52,5R	≥30,0	-				

Tabla 1: Exigencias de resistencias en función del tiempo. (El concreto y sus propiedades, documento PDF).



Proceso de Fabricación

Existe una gran variedad de cementos según la materia prima base y los procesos utilizados para producirlo, que se clasifican en procesos de vía seca y procesos de vía húmeda.

El proceso de fabricación del cemento comprende cuatro etapas principales:

- 1) Extracción y molienda de la materia prima
- 2) Homogeneización de la materia prima
- 3) Producción del Clinker
- 4) Molienda de cemento

La materia prima para la elaboración del cemento (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso) se extrae de canteras o minas y, dependiendo de la dureza y ubicación del material, se aplican ciertos sistemas de explotación y equipos. Una vez extraída la materia prima es reducida a tamaños que puedan ser procesados por los molinos de crudo.

La etapa de homogeneización puede ser por vía húmeda o por vía seca, dependiendo de si se usan corrientes de aire o agua para mezclar los materiales. En el proceso húmedo la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de homogeneización y de allí hasta los hornos en donde se produce el clínker a temperaturas superiores a los 1500 °C. En el proceso seco, la materia prima es homogeneizada en patios de materia prima con el uso de maquinarias especiales. En este proceso el control químico es más eficiente y el consumo de energía es menor, ya que al no tener que eliminar el agua añadida con el objeto de mezclar los materiales, los hornos son más cortos y el clínker requiere menos tiempo sometido a las altas temperaturas.



El clínker obtenido, independientemente del proceso utilizado en la etapa de homogeneización, es luego molido con pequeñas cantidades de yeso para finalmente obtener cemento.

Almacenamiento del Cemento

El cemento es una sustancia particularmente sensible a la acción del agua y de la humedad, por lo tanto para salvaguardar sus propiedades, se deben tener algunas precauciones muy importantes, entre otras: Inmediatamente después de que el cemento se reciba en el área de las obras si es cemento a granel, deberá almacenarse en depósitos secos, diseñados a prueba de agua, adecuadamente ventilados y con instalaciones apropiadas para evitar la absorción de humedad. Si es cemento en sacos, deberá almacenarse sobre parrillas de madera o piso de tablas; no se apilará en hileras superpuestas de más de 14 sacos de altura para almacenamiento de 30 días, ni de más de 7 sacos de altura para almacenamientos hasta de 2 meses. Para evitar que el cemento envejezca indebidamente, después de llegar al área de la obra, el Contratista deberá utilizarlo en la misma secuencia cronológica de su llegada.

No se utilizará bolsa alguna de cemento que tenga más de dos meses de almacenamiento en el área de las obras, salvo que nuevos ensayos demuestren que está en condiciones satisfactorias.

2.2.2.2 AGREGADOS

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna se establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.



Figura 16: Agregados en el concreto. (*American Concrete Institute, ACI México*).

La norma de concreto, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.



Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

La pasta cementicia (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí.

Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

Por su naturaleza:

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y concreto (agregado global).

- a. **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- b. **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- c. **El concreto**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.



Por su densidad:

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

Por el origen, forma y textura superficial:

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la forma de los agregados pueden ser:

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

2.2.2.3 AGUA

El papel del agua en la elaboración del concreto juega un papel muy importante, ya que la cantidad utilizada en relación con la cantidad de cemento (Relación Agua/Cemento) depende de la manejabilidad y las resistencias finales

También hay que hacer énfasis en la calidad del agua para elaborar el concreto. Sé que si el agua es buena para beber, es buena para hacer el concreto, creencia no del todo cierta ya que aguas azucaradas o con sustancias adicionadas en plantas de tratamiento, tales como cloro, flúor o sulfatos de aluminio e incluso sabores artificiales, no son adecuadas para hacer concreto.

El agua que se va a usar debe ser limpia, cuando se usan aguas turbias o con materiales orgánicos se obtienen concretos de baja resistencia y poca durabilidad.



Figura 17: Agua en el concreto. (*Qué tipo de agua se debe usar en el hormigón, documento PDF*).

El agua del curado tiene por objetivo mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.

2.2.3 MATERIALES UTILIZADOS EN EL ENCOFRADO

2.2.3.1 MADERA

En los encofrados de madera el revestimiento se realiza en el sitio utilizando como material de fabricación las tablas de madera y plywood resistente a la humedad. Es fácil de producir, muy utilizada en obras pequeñas y medianas donde los costes de la mano de obra son menores que los del alquiler del encofrado, por contra el plywood tiene una vida útil relativamente corta. Además los encofrados de madera son utilizados en obras que aunque tienen grandes diseños específicos y únicos para los cuales no se encuentran encofrados prefabricados en el mercado.

Un buen diseño de encofrados de madera tomara en cuenta el tiempo que esta se vea sometida a cargas vivas y muertas, la forma de sujetar los elementos del encofrado sin perforarla para evitar su destrucción y el número de usos que se le puede dar.



Figura 18: Encofrados de madera. (*Madera para encofrados, pagina web: civilgeeks.com*).

En este tipo de encofrados el revestimiento, es decir, la cara encofrante se realiza en obra colocando tablones de madera, paneles de madera contrachapada o aglomerado resistente a la humedad. Para las maderas que no estén tratadas y que por tanto absorban la humedad, es importante tener en cuenta y debe preverse que estas se puedan hinchar, para evitar que esto afecte negativamente al encofrado. Este material es muy empleado en obras pequeñas, donde el coste de la mano de obra es menor del que supondría el alquiler del encofrado.

Se suele emplear en la construcción de formas específicas, para las que no se encuentran encofrados prefabricados.

También es importante resaltar que aunque pueden ser empleados en más de una ocasión, la madera sufre un deterioro bastante rápido. Es un tipo de encofrado muy empleado por ser un material muy fácil de obtener en el mercado, su costo de inversión es bajo, su montaje es sencillo y permite producir fácilmente casi cualquier forma.

La madera

Los arboles maderables existentes en nuestro medio son los siguientes:

- Cedro
- Pino
- Cortes Blanco
- Ciprés
- Copinol



Figura 19: Madera de pino en El Salvador. (Página web: *ElSalvador.com*).

Siendo el ciprés, el Pino y el Mangle los de mayor existencia en El Salvador.

Defectos en la Madera:

El nudo es uno de los defectos más difíciles de tratar y frecuentes que se encuentran en la madera, debido a la presencia de una rama comprendidos en la madera del tronco.

Los nudos pueden disminuir en un 20% la resistencia en compresión de la madera y en un 40 o 50% la resistencia a la tensión. Debe buscarse una madera con el menor número de nudos posible para asegurar la elaboración de un encofrado.



Tratamiento de la madera, conservación y protección

Las situaciones o circunstancias en las que la madera es menos durable o se deteriora con mayor facilidad son:

- a) Cuanto más cálida y húmeda es la temperatura ambiente, más rápida se deteriora la madera.
- b) Las maderas en contacto con la tierra o sometidas al contacto con el aire, sufren alteraciones más o menos rápidas, que acaban por deteriorarla, de tal manera que ya no cumplen con el fin a que se han destinado. Así las maderas que se emplean en la construcción de entarimados de edificio, bien abrigados y continuamente secos pueden durar mucho tiempo; los arboles cuyo crecimiento es lento dan maderas mejores, esto se debe a que las maderas que han crecido lentamente se han hecho compactas.

Para aumentar la duración de la madera, hay que someterla a tratamientos tales como:

1. Librarla de todas las sustancias que constituyen un alimento para seres vivientes, por medio de: secaje, flotaje, cocción o vaporización; además librarla de las sales disueltas en el almidón.
2. Impedir la circulación del aire, lo que se consigue mediante la aplicación de capas superficiales o por inyección de sustancias que solidificándose obstruyen los poros.
3. Hacer penetrar en sus canales sustancias antisépticas, formando por lo tanto un medio en el cual le es imposible vivir a los microorganismos; esto se consigue por diferentes métodos. Entre los principales métodos están: secaje natural, secaje artificial directo o indirecto, secaje por ventilación, pinturas y barnizados, carbonización superficial, procedimientos por inyección (creosotado, inyección de compuestos químicos).



Propiedades físicas de la madera

Entre las propiedades físicas que posee la madera, se encuentra:

1. La humedad
2. Contracción y dilatación
3. Peso Especifico
4. Durabilidad

La Humedad

Es la cantidad de agua contenida en la madera, una buena madera no debe ser muy seca, ni tampoco saturada; al estar muy seca esta se hincha en contacto con el agua y saturada produce una disminución de la resistencia.

El nivel óptimo de humedad está calculado en un 18 a 22% ya que esto evita la proliferación de hongos y la contracción o dilatación que dañaría las dimensiones y acabados de los elementos.

Contracción y Dilatación

Si la madera se contrae por su alto contenido de humedad, al evaporarse el agua se originan presiones internas que dañan la madera; si se dilata daña los acabados, haciéndolos lucir con curvas y deflexiones indeseadas.

Peso Específico.

El peso específico de una pieza de madera (850 Kg/m^3), puede variar con la luz solar y la época de corte. Una madera entre más densa es, presenta una mayor resistencia a los esfuerzos a que es sometida.



Durabilidad

La madera sin ninguna protección y curado, es objeto de ataque por parte de la podredumbre y el comején. En la construcción depende mucho del buen trato que se le dé al momento de encofrar y desencofrar, así como proteger al contacto directo del concreto.

Clasificación de la madera

La siguiente clasificación de la madera está de acuerdo a su uso y normas ASTM, designación D 245-64:

- a) **Vigas y largueros:** Son piezas de sección rectangular (dimensión nominal 5×8 pulgadas o mayores) clasificadas de acuerdo a su resistencia a la flexión cuando están cargadas sobre su cara angosta.
- b) **Columnas, postes, paralelos y puntales:** Son piezas de sección cuadrada o aproximadamente cuadradas de 5×5 pulgadas o mayores en su dimensión nominal. Clasificadas esencialmente para ser empleadas como postes o columnas; pero adaptables a usos diversos en las que la resistencia a la flexión no tenga importancia especial.
- c) **Tablones:** son piezas de sección rectangular (dimensión nominal de 2-4 pulgadas de espesor y de 4 pulgadas o más de ancho) clasificadas de acuerdo a su resistencia a la flexión cuando están cargadas sobre su cara angosta, como largueros o sobre su cara ancha como tablones.
- d) **Tablas Estructurales:** Elementos estructurales de 1” de espesor de sección nominal, usadas en entarimados o pisos clasificadas de acuerdo a la resistencia en la flexión.



Clasificación de los encofrados de madera

Dentro de los encofrados hechos con madera tenemos:

- a) Encofrado para columnas
- b) Encofrado para viga
- c) Encofrado para losa
- d) Encofrado para zapata
- e) Encofrado para muro y pared

Ventajas del uso de encofrados de madera

- a) El encofrado tradicional (de madera) es económico, su costo de inversión es bajo con respecto a los demás materiales.
- b) Permite producir prácticamente cualquier forma que presenten ciertos detalles constructivos, pero no con tanta facilidad que los encofrados plásticos.
- c) Es de fácil montaje.
- d) Bajo peso en relación a su resistencia.
- e) Por ser un material liviano presenta una considerable capacidad a la tracción y comprensión.
- f) Facilidad para trabajarla, ductilidad y textura.
- g) Por su material se encuentra en el mercado fácilmente.

Desventajas del uso de encofrados de madera

- a) No debe abusarse al armarlo de clavos y tornillos ya que esto debilita la madera. Para su óptima conservación, la madera es conveniente se pinte con periodicidad y así evitar el deterioro por acción del clima.
- b) Para obras de gran magnitud como son las de gran altura, se vuelve complicado y costosa la fabricación de estructuras de madera.
- c) Es necesario también que si sufrieron algún daño, este sea reparado.
- d) Cuando se realice el desencofrado, o sea, el retiro del encofrado, debe utilizarse con cuidado el martillo metálico para no dañar ni la madera ni los ganchos.



2.2.3.2 METALICOS

El acero es una aleación de hierro con pequeñas cantidades de otros elementos, es decir, hierro combinado con un 1% aproximadamente de carbono, y que hecho ascua y sumergido en agua fría adquiere por el temple gran dureza y elasticidad.

Hay aceros especiales que contienen además, en pequeñísima proporción, cromo, níquel, titanio, volframio o vanadio. Se caracteriza por su gran resistencia, contrariamente a lo que ocurre con el hierro. Este resiste muy poco la deformación plástica, por estar constituida solo con cristales de ferrita; cuando se alea con carbono, se forman estructuras cristalinas diferentes, que permiten un gran incremento de su resistencia. Ésta cualidad del acero y la abundancia de hierro le colocan en un lugar preeminente, constituyendo el material básico del S.XX. Un 92%

de todo el acero es simple acero al carbono; el resto es acero aleado: aleaciones de hierro con carbono y otros elementos tales como magnesio, níquel, cromo, molibdeno y vanadio.

El acero forma una parte mínima de los encofrados, se encuentra presente a través del alambre galvanizado y los clavos, los cuales le dan estabilidad al encofrado y permiten mantener la madera fija, evitando de esta forma que se deforme o se altere la forma original del elemento que se va a fundir.

Clavos

Un clavo es una pieza delgada de metal usada para sujetar o fijar dos o más piezas. Varían de longitud, tamaño y estilo, desde tachuelas pequeñas hasta clavos pesados.

Habitualmente, un clavo tiene tres partes principales: la punta, el astil o cuerpo y la cabeza.

En la actualidad esta pieza de la construcción es hecha de alambre de acero. La varilla de alambre, después de ser examinada, desinfectada, escurrida en agua, neutralizada, lubricada, secada, estirada, probada, pesada, producida e inspeccionada, puede ser producida en una variedad de tipos para diversos propósitos.



Los diversos tipos de clavos incluyen los de acabado para techado, para pisos, para moldeado, para anillados, acanalado en espiral, para albañilería, entre otras variedades.

Alambre galvanizado

Se fabrica trefilando alambra de bajo contenido de carbono hasta obtener el diámetro deseado. Posteriormente el alambre pasa por un proceso de galvanizado empleado para proteger el acero contra la corrosión permitiéndole una larga vida al producto.

La capa de zinc que se forma sobre el acero proporciona una superficie lisa y brillante. Este tipo de alambre se utiliza para el amarre estructural y de placas, para la elaboración de mallas de cerramiento, jaulas, gaviones, tensores, invernaderos, clips, grapas y asas.

Encofrados metálicos

Al hablar de encofrados metálicos en nuestro país, nos referimos casi exclusivamente a moldes fabricados con piezas de acero, que son las de más fácil obtención en el mercado.

Debido al alto costo inicial de los encofrados metálicos, y al problema grave que confrontan los contratistas de nuestro país, como es el de la poca continuidad del trabajo, y sobre todo a la gran variabilidad de secciones en el diseño de las estructuras, ya no digamos de una obra a otra, sino en cada obra en especial, es que el uso de moldes metálicos, que necesita, como requisito primordial, para ser económico una gran cantidad de usos, no ha prosperado en nuestro medio. Los moldes de acero son fabricados en dos tipos:

- a) Como piezas estandar.
- b) Los fabricados para usos especiales.



Figura 20: Encofrados metálicos. (*Alquiler de puntales metálicos Página web: olx.com*).

Algunos casos en que se pueden usar encofrados metálicos son los siguientes:

- a) Para Moldes de pavimentos, cordones cunetas, etc.
- b) Para columnas, pilas de puentes, estribos, etc.
- c) Para vigas, paredes, soleras, etc.
- d) Para losas.
- e) Para construcción de elementos prefabricados, como viguetas, losas, postes de concreto, etc.
- f) Para acabados de concreto arquitectónico o concreto al natural.

La ventaja del encofrado de acero es el uso repetitivo que se le puede dar (pueden tener un número de reusos mayor de 100), pueden ser ensamblados en el lugar, además de diseñarse de manera que sea posible incorporar cámaras para curado al vapor, es posible diseñarlos de tal forma que permitan el preesforzado de los elementos colados como lo son las losas densas para construcciones industriales, tubería y postes estándar.

El uso de estos surge como una respuesta al alto costo de los encofrados de madera y su limitado número de usos. Cuando se comprobó la enorme ventaja de los moldes

metálicos y elementos prefabricados, sobre los fabricados in situ, la utilización del molde metálico se vio favorecida grandemente.



Figura 21: Encofrados metálicos para losas. (*Placas colaborantes: nueva forma de construir losas, revista de arquitectura de la Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.*)

Los encofrados metálicos tienen más ventajas sobre los contruidos de otros materiales en ciertos usos, por ejemplo, dan adecuada rigidez y resistencia; pueden ser colocados, desmontados, cambiados de lugar y recolocados rápidamente y con adecuado equipo de manejo se puede trabajar con ellos en determinados casos, en piezas de gran tamaño.

Entre otras ventajas del uso de estos moldes podemos mencionar:

- 1) Eliminando la fabricación de moldes en la obra se necesitan menos obreros, menos costo de montaje y más espacio en la obra.
- 2) Los costos de montaje se reducen considerablemente ya que en lugar de obreros o carpinteros especializados, la colocación la realizan los auxiliares.
- 3) El encofrado metálico no se deteriora fácilmente como los de madera que llegan a desaparecer y terminan siendo desperdicio o utilizados como leña.
- 4) Son económicos si hay suficiente número de usos.
- 5) Cuando se quieren superficies de concreto lisas, es el acero el material más a propósito para obtenerlas.



Desventajas de los Encofrados Metálicos son:

- 1) Por no absorber humedad, hay que tomar precauciones especiales para el curado del concreto, especialmente cuando están expuestas al sol.
- 2) Donde hay un bajo número de usos son caros.

Con frecuencia los encofrados especiales de acero son pesados; pero esto no representa un gran problema si se usan poleas o grúas viajeras. El uso del acero generalmente reduce el número de puntales necesarios para retener una determinada masa de concreto; esto puede incluso convertirse en un factor a considerar en la selección de materiales. La mayoría de estos elementos no se encuentran disponibles en el país.

2.2.3.3 MADERA CONTRACHAPADA DE ALTA DENSIDAD (HDO)

La madera contrachapada de superposición de alta densidad (HDO) es un producto de madera típicamente utilizado en aplicaciones de trabajo pesado. Las propiedades de la madera contrachapada HDO incluyen fuerza y peso ligero y la superficie lisa de los productos de ingeniería, tales como una tabla de fibra de densidad media (MDF). Según la APA: la Asociación de Madera de Ingeniería, la capacidad de la madera contrachapada HDO para soportar la exposición grave a los elementos y resistir al calor, la abrasión, el deterioro y la penetración de la humedad la hacen adecuada para una variedad de aplicaciones.

Construcción exterior

La superficie lisa de la madera contrachapada HDO permite que el exceso de concreto sea limpiado fácilmente y su durabilidad le permite ser utilizada varias veces. El acabado liso también crea transferencia de grano mínimo de la madera en la superficie de concreto y resiste las propiedades alcalinas del concreto. Además, las propiedades aislantes naturales de la madera contrachapada añaden consistencia a las condiciones de curado.



Figura 22: Sistema de encofrados empleando HDO. (*Increte of North Florida, productor y distribuidos de formaleta en el Norte de Florida, Estados Unidos.*)

Recipientes

La madera contrachapada HDO ha sido utilizada en una variedad de recipientes desde buques hasta armarios de almacenamiento. Incluso se ha utilizado para construir peceras. Su superficie impregnada con resina es impermeable al agua y resistente a los productos químicos y es menos cara que el acero inoxidable y otros materiales usados para los contenedores de línea. APA también informa que la madera contrachapada HDO se ha utilizado en el revestimiento de camiones, remolques y vagones de ferrocarril, debido a su durabilidad y relación resistencia-peso.

Marino

La resistencia a la humedad es también una consideración para el uso de la madera contrachapada HDO en ambientes marinos. La madera contrachapada de grado marino está disponible con superficies de superposición de alta densidad y se utiliza con frecuencia en la construcción de barcos y en las zonas donde se requiere una alta durabilidad, como las cubiertas y mamparas.



Construcción del panel/resistencia a la humedad:

HDO™ se compone de un revestimiento patentado de 2 partes y de densidad alta en madera contrachapada dura densa con pliegues internos Douglas. Se produce con un laminado de 1 paso, posee pegamento a prueba de agua y cumple con la norma PS 1-07 de APA. Todos los productos Olympic se fabrican en los EE.UU

Características y beneficios:

- Para concretos revestidos lisos; excelentes para los sistemas de ingeniería.
- Mayor resistencia a la alcalinidad en comparación con frente HDO.
- Frente de madera dura densa que produce una superficie/color uniforme del concreto.
- Hidratación controlada que reduce las franjas atigradas.
- Construcción equilibrada que garantiza la estabilidad del panel.
- Transferencia de vetas mínimas en la madera y sin transferencia de parches.
- Mayor cantidad de coladas y menor costo por colada.

Cantidad de coladas:

- Sistemas de ingeniería: hasta 150
- Encofrados agrupados: Hasta 50
- Construcción en el lugar: Hasta 30

La cantidad de coladas puede variar debido al manejo en el lugar de trabajo y el mantenimiento del panel, el uso horizontal o vertical, el agente de desmolde del encofrado, el diseño/resistencia de mezclas de concreto, la alcalinidad y el índice de coladas y demás factores.

Revestimiento fácil de desmoldar:

- Agente de desmoldeo: No tratado en fábrica
- Revestimiento requerido: liviano, antes de la primera colada y en cada colada subsiguiente.
- Agente de desmolde recomendado: Nox-Crete PCE/PCS o equivalente.



No utilizar agentes de desmolde que contengan un derivado a base de petróleo.

Otras aplicaciones:

- Paletas, contenedores, maletas, cajas de mercancías, bobinas.
- Tanques, tinas, revestimiento para congeladores, armarios para almacenamiento, Porta equipajes y estanterías.
- Recintos para animales, construcciones agrícolas y equipos.

Limitaciones:

No exceder las limitaciones de diseño indicadas en la tabla de resistencia a la carga. Cumplir con los procedimientos de diseño del encofrado para concreto en base a la norma 347-04 del American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto - ACI). Se requieren agentes de desmoldeo. No emplear encofrado para concreto utilizado para aplicaciones estructurales. No pintar ni laminar este panel sin la preparación de la superficie

Espesores y tamaños:

HDO™ está disponible en: 1/2”, 5/8”, 3/4” y 1-1/8”. Los tamaños de paneles estándar son 2’ y 4’ X 8’ y 10’. El HDO de 10’ sólo está disponible con un frente de pino únicamente. Las propiedades exhibidas se aplican sólo a HDO™ de 8’. Averiguar la disponibilidad y las propiedades específicas de 10’. Están disponibles los espesores, los anchos y las longitudes no estándar que cumplen con los requisitos del volumen.



“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

Propiedades físicas	3/8" a 1/2"	5/8" a 1-1/8"
Control de resistencia – prueba #6 APA	2.3 mm	2.3 mm
Resistencia a la humedad (Cobb) 8 horas en remojo	2.78 g/pie cuadrado	2.78 g/pie cuadrado
Resistencia a la alcalinidad después de la exposición a los químicos D/T	221	221
Nivel de formaldehído ASTM E-1333	< 0.01 partes/millón	

Tolerancias del panel	3/8" a 3/4"	1" y mayor
Tolerancia del espesor	+/- 1/32" (.031")	+/- 5%
Tolerancia del ancho y la longitud	+0, -1/16" (.062")	+0, -1/16" (.062")
Simetría	1/16" (.062")	1/16" (.062")
Rectitud	1/16" (.062")	1/16" (.062")

Nota: Todas las tolerancias y especificaciones se aplican en el momento de la fabricación.
 Nota: El promedio del producto varía para los espesores individuales.

Embalaje estándar:

Espesor	Classic HDO™ 1 frente, parte posterior HDO Peso promedio* Lbs./PC	Classic HDO™ 2 frentes Peso promedio* Lbs./PC	Piezas por unidad
1/2"	1.665	1.740	66
5/8"	1.960	1.990	55
3/4"	2.444	2.340	44
1-1/8"	3.450	3.685	30

*Los pesos promedio del producto pueden variar +/- 10%

Tabla 2: Propiedades físicas del HDO. (*Encofrados para concreto classic® HDO, Olympic Panel Products, documento PDF*). APA (The Engineered Wood Association) (Asociación de Ingeniería para Madera).

Almacenamiento y manejo en el depósito

- Almacenar en un área interna bien ventilada, limpia y seca.
- Evitar los excesos de humedad y temperatura. Permitir que los paneles se nivelen durante 72 horas o más antes de utilizarlos.
- Las piezas no deben almacenarse en contacto con el piso.
- Limitar la altura de apilamiento a cuatro o cinco unidades. Separar las unidades con espaciadores secos y limpios de espesor uniforme, alineados cuidadosamente.



- Utilizar tres espaciadores para los paneles de 8' de largo, cuatro o cinco espaciadores para paneles más largos.

Tablas de presión y de resistencia a la carga

Estas tablas de presión y de resistencia a la carga simulan que los valores de resistencia a la carga seca de las condiciones reales de humedad son exagerados y no deberían utilizarse.

Tablas de presión: Las tablas 1 y 2 se basan en el criterio de APA y PS-1.					
Tabla de presión – Capacidades de diseño de humedad de la presión del trabajo seco – 4' X 8' únicamente					
	Estructura 1		Clase 1		Factor de ajuste húmedo
Espesor nominal	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	
Cantidad de pliegues	5	7	5	7	
Tabla 1: Veta frontal perpendicular a los soportes¹					
Rigidez a la flexión¹	142,562	429,452	142,310	423,697	.85
Resistencia a la flexión²	525.6	1,034.7	524.6	1,024.8	.75
Cizalla plana³	277.8	363.3	207.6	275.0	.75
Tabla 2: Veta frontal paralela a los soportes¹					
Rigidez a la flexión¹	56,820	247,726	48,022	208,310	.85
Resistencia a la flexión²	266.6	667.7	194.8	486.9	.75
Cizalla plana³	159.2	311.1	159.7	311.2	.75
¹ Rigidez a la flexión = EI^* (lb-pulgadas ² /pies); ² Resistencia a la flexión = M o $F_b S$ (lb-pulgadas/pies); ³ Capacidad de cizalla plana: V o $F_s lb/Q$ (lb/pies) No hay duración de la carga (DOL) o factor de experiencia aplicado en EI . $F_b S$ y $F_s lb/Q$.					

Tabla 3: Tabla de presiones y resistencia a cargas en el HDO. Parte 1 (*Encofrados para concreto classic® HDO, Olympic Panel Products, documento PDF*).



Tablas de resistencia a la carga: Las tablas 3 a 6 se basan en el criterio de APA y PS-1.

Estructura 1 TABLAS DE RESISTENCIA A LA CARGA – CONDICIONES DE HUMEDAD
LPC máximo recomendado en los paneles de estructura 1 o equivalentes (V405)

Tabla 3: Veta frontal perpendicular a los soportes¹

Espaciado del soporte	Espesor de la madera contrachapada – Presión admisible (LPC)							
	1/2"		5/8"		3/4"		1-1/8"	
(pulgadas)	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$
8"	1,405	1,405	1,970	1,970	2,050	2,050	3,095	3,095
12"	485	620	745	875	1,060	1,105	1,845	1,845
16"	205	275	350	450	505	575	1,335	1,335
19.2"	120	160	195	265	305	405	1,015	1,015
24"			100	135	160	210	625	650

Tabla 4: Veta frontal paralela a los soportes¹

Espaciado del soporte	Espesor de la madera contrachapada – Presión admisible (LPC)							
	1/2"		5/8"		3/4"		1-1/8"	
(pulgadas)	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$	$\lambda/360$	$\lambda/270$
8"	550	610	1,115	1,115	1,685	1,685	2,525	2,525
12"	155	210	430	575	715	810	1,560	1,560
16"			180	240	310	415	1,000	1,000
19.2"			125	170	220	250	555	555
24"					110	150	355	355

Notas: ¹Madera contrachapada continua a través de dos resistencias o más
Éstas son cargas totales (debe considerarse el peso del panel en las aplicaciones horizontales)
DOL (duración de la carga) 1.25 y el factor experiencia de 1.30 utilizado en las tablas de cargas.

Tabla 4: Tabla de presiones y resistencia a cargas en el HDO. Parte 2 (*Encofrados para concreto classic® HDO, Olympic Panel Products, documento PDF*).

Espesor del panel del encofrado:

Para obtener más información detallada del diseño, remitirse a la publicación “Plywood For Concrete Forming” de APA y a la publicación “Formwork for Concrete” del Instituto Americano del Concreto.



Soporte para cantos:

En condiciones de humedad alta/carga estable, los cantos pueden tener una desviación calculada.

El Sistema de Encofrados HDO es el sistema de encofrado marco que, con pocos elementos, alcanza una retícula consecuyente de 15 cm, ya sea en sentido horizontal o vertical. Todas las piezas de unión y todos los accesorios se unen sin juntas en la retícula para rápidos trabajos de encofrado y elevada rentabilidad.

Rentable

- Elevado número de puestas gracias a una extraordinaria calidad de fabricación y tableros extremadamente duraderos
- Reducido número de costosos puntos de compensación gracias a una consecuyente retícula de 15 cm
- Hasta un 12% de ahorro de costes en puntos de anclaje y trabajos de acabado en los orificios de los anclajes gracias a grandes distancias entre los anclajes de 1,35 m
- Larga durabilidad gracias a marcos de acero galvanizados con recubrimiento pulverizado
- Menor necesidad de la grúa gracias a unidades de desplazamiento compactas
- Procesos de trabajo optimizados incluso en lugares con poco espacio gracias al uso del sistema de anclaje desde un solo lado.



Figura 23: Sistema de encofrados HDO aplicado a edificaciones de concreto. (*Increte of North Florida, productor y distribuidos de formaleta en el Norte de Florida, Estados Unidos.*)

Manejo y planificación sencillos

- Aprovechamiento óptimo del material de encofrado gracias a formatos de elementos adaptados entre sí con una retícula lógica de los elementos
- Planificación, encofrado y logística sencillos y efectivos gracias a tan solo cinco anchos de elementos.

Seguridad laboral completa

- Escaleras seguras con el sistema de acceso.
- Lugar de trabajo protegido en todo su perímetro gracias al sistema de plataformas.
- Manejo del encofrado seguro y sencillo gracias a accesorios prácticos como puntales, sistemas de desplazamiento, barras de montaje, etc.

Trabajo rápido

- Breves tiempos de encofrado gracias a grandes distancias de anclaje hasta 1.35 m.
- Encofrado rápido gracias a unidades de desplazamiento de gran superficie o elementos grandes.
- Limpieza final e intermedia sin esfuerzo con equipos de alta presión gracias a marcos con recubrimiento pulverizado y un tablero mixto de madera y plástico.



Resultados extraordinarios en el concreto

Gracias a convenientes detalles del producto

- Superficie de concreto limpia gracias a tableros de alta calidad con una superficie recubierta de plástico.
- Formación de juntas ordenada incluso en combinación de elementos verticales y horizontales gracias a una retícula de los elementos adaptada.
- Sin marcas de tornillos en el concreto gracias a un atornillado de los tableros de encofrado por la parte de atrás.
- Menos trabajos de acabado gracias a la formación de juntas ordenada en el concreto.

2.2.4 CLASIFICACION DE LOS ENCOFRADOS

2.2.4.1 ENCOFRADOS VERTICALES

Los Encofrados verticales son aquellos empleados para construcción de zapatas, columnas, muros y pilares.

Estos encofrados son estructuras provisionarias que sirven para sostener y moldear el concreto fresco hasta que éste endurezca y adquiera la resistencia adecuada.

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

Es importante que antes de optar por un sistema de encofrado se determinen todas las dimensiones conforme proyecto, el acabado final de las superficies, tomar en cuenta la mano de obra especializada que llevará, las maquinarias y grúas y las condiciones climatológicas de la región que inciden en los tiempos y calidad de obra. Con todos estos datos y otros que requiera la obra, se efectúa la elección más apropiada y se elabora un plano del montaje con los detalles necesarios.

Los encofrados verticales sufren la mayor presión del concreto en sus paredes verticales. Puede estar atravesados por tirantes, y suelen emplearse para la construcción de pilas de puentes, muros, edificios industriales, etc.



Figura 24: Encofrado de pila trepante. (*Encofrados Alsina, Madrid España*).

Encofrados para concreto de espesor considerable. En este tipo de encofrados no se pueden emplear tirantes, ya que dado el espesor del concreto, o las condiciones de construcción no es posible. Se emplean en muros de parkings subterráneos, presas, esclusas, etc.

Ámbito de aplicación

Las presentes instrucciones hacen referencia a las operaciones de encofrado, armado y colado necesarias para la ejecución de las estructuras verticales haciéndose referencia a los riesgos más habituales en este tipo de operaciones.

Elementos y materiales

Los encofrados pueden ser esencialmente de dos tipos, “tradicional” (comúnmente de madera) y prefabricados (metálicos y de madera).

Los elementos constitutivos más importantes son:

- a) “Tradicional” (tablón, tabloncillo, tabla y puntales).
- b) Prefabricados (panel, grapas, estabilizadores, ménsulas de trabajo).

El uso de los encofrados in situ tiende a desaparecer por su costo y sus menores rendimientos frente al encofrado prefabricado.

Los encofrados metálicos son suministrados por empresas especializadas y deberá ser elegido el sistema comercial que más se adapte a las necesidades o a los procesos de trabajos previstos.

Montaje del encofrado

Se entiende por montaje de encofrado la unión entre diversos paneles unitarios modulados hasta conseguir el conjunto deseado tanto en longitud como en altura, incluyendo plataformas de trabajo, accesos, etc. Las unidades que se contemplan son montaje, traslado y colocación.

Se realizarán en el suelo el mayor número de operaciones de montaje posibles incluido el de las plataformas de trabajo, previas a la colocación “in situ” de los encofrados.

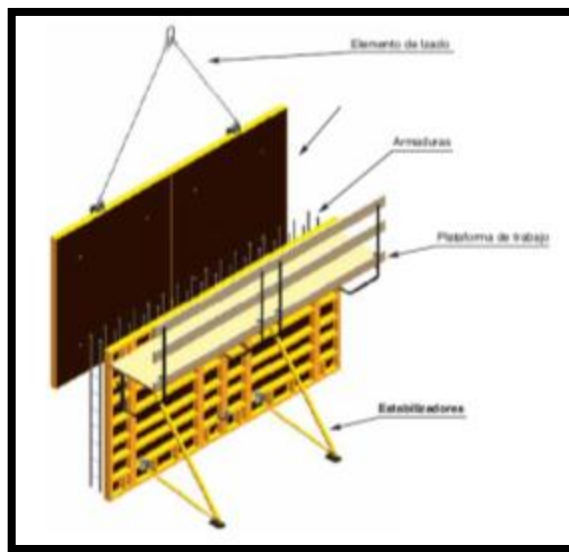


Figura 25: Montaje de un encofrado para muros. (Encofrados Simons, documento PDF)

Riesgos y medidas preventivas

- ✓ Todos los trabajos deberán realizarse desde plataformas de trabajo y cuando las condiciones del montaje no permitan trabajar desde los elementos indicados se hará uso del arnés de seguridad anti caídas, para lo que será necesario prever puntos de anclaje o líneas fiadoras.
- ✓ Si el encofrado no se encuentra horizontalmente sobre suelo natural sino inclinado, el amarre y desamarre mediante grapas se realizará con escaleras de mano.
- ✓ No se deberá trepar por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos.
- ✓ Los paneles de encofrado no se desengancharán hasta no haber procedido a su estabilización.
- ✓ La estabilización de los paneles se realizará acorde con las dimensiones de los mismos y siguiendo las indicaciones del fabricante.
- ✓ El uso de puntales y trácteles se reducirá a aquellos casos en los que por razones de espacio u otros motivos no sea posible el uso de estabilizadores.
- ✓ Durante la colocación del encofrado solo permanecerá en la zona de trabajo la persona o personas encargadas del mismo.



Figura 26: Encofrados para columnas en El Salvador. (*Construcción de casa habitacional de dos niveles en Riverside Gardens, San Miguel, El Salvador*).

2.2.4.1 ENCOFRADOS HORIZONTALES

Son sistemas de moldeo realizados por el armado de estructuras temporales o permanentes para concreto u otros materiales. Las tensiones fundamentales corresponden al peso propio del concreto.

Estos encofrados sirven para la construcción de estructuras horizontales como las fundaciones, losas, vigas, u otras de tipo horizontal, tanto para planta parcial como completa, que deben tener en cuenta distintos aspectos (armado y preparación del encofrado, vertido del concreto, temperatura y humedad relativa ambiente, desencofrado y desencofrantes, etc.), a fin de obtener el resultado deseado.

En función de las características de la estructura a realizar, los forjados se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- a) En función de la transmisión de cargas:
 - Forjados unidireccionales.
 - Forjados bidireccionales.
- b) En función de su sistema de ejecución:
 - Forjados “in situ”: losas y bidireccionales.
 - Forjados parcialmente prefabricados.
 - Forjados totalmente prefabricados.



Figura 27: Encofrados para vigas en El Salvador. (*Construcción de alcaldía municipal de Yucuaiquin, La Unión, El Salvador*).

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

En función de las características de la estructura a realizar, los forjados se pueden clasificar

Tipo de forjado según su sistema de ejecución	Tipo de forjado por su sistema de transmisión de cargas	Requerimientos del encofrado	Imagen
Forjados in situ	Losa armada maciza (bidireccional)	Requiere encofrado de planchada completa y cimbrado completo	
	Losa armada aligerada (bidireccional)	Requiere encofrado y cimbrado completo, el aligeramiento puede ser recuperable o no	
Forjados parcialmente prefabricados	Forjados de viga plana o de cuelgue con viguetas. (unidireccional)	Requiere encofrado de planchada completa en vigas cimbrado de vigas y a media vigueta (según indicaciones del fabricante)	
	Forjados de viga plana o de cuelgue con semiviguetas. (unidireccional)	Requiere encofrado de planchada completa en vigas cimbrado de vigas y a media vigueta (según indicaciones del fabricante)	
	Forjado con chapa colaborante (chapa grecada)	Solo requiere el apuntalado o cimbrado, ya que la misma chapa hace de encofrado perdido	
Forjados totalmente prefabricados	Prelosas nervadas o aligeradas. (habitualmente unidireccional)	Solo requieren encofrado y cimbrado de algunas zonas singulares	

Tabla 5: Tabla de clasificación de encofrados horizontales. (Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España).

Por ser las estructuras más habituales en la ejecución de edificios, se desarrollarán desde el punto de vista de prevención, los encofrados necesarios para los siguientes tipos de forjados:

- Forjados unidireccionales (vigüeta y bovedilla, semiprefabricados)
- Forjados bidireccionales (casetones) in situ
- Losas armadas (in situ)
- Mixtas, prelosas, chapa grecada, estructuras metálicas. (prefabricado)

Forjados unidireccionales:

Son estructuras formadas por elementos lineales resistentes (vigüetas o semi-vigüetas) dispuestos en una única dirección. Las vigüetas o semi-vigüetas se apoyan sobre vigas que a su vez se apoyan sobre los pilares correspondientes.

El forjado se completa con las piezas de entrevigado (bovedillas). Finalmente, se coloca el acero y se realiza el colado constituyendo un conjunto estable cuando el concreto ha adquirido la resistencia adecuada.



Figura 28: Armado unidireccional de vigüeta y bovedilla. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España*).



Este tipo de forjados puede ejecutarse con encofrado de planchada completa, pero los sistemas de encofrado elegidos habitualmente en obra tienen las siguientes características:

- Se ejecutan después de tener colados los pilares.
- Se encofran de forma continua las vigas, que habitualmente son vigas planas (sin cuelgue bajo la cara inferior del forjado).
- Los elementos prefabricados de concreto, viguetas o placas, se apoyan en el encofrado de la viga plana y se sostienen con correas y puntales en el centro.
- Las luces entre vigas suelen oscilar entre los 4 y los 7 m de longitud.

El sistema corresponde a una disposición que basa su arriostramiento en la transmisión de las cargas horizontales a los pilares ya hormigonados.

Su campo de aplicación es adecuado para luces de hasta 6 metros y cargas no muy importantes.

Existen diferencias dependiendo de que las vigas sean planas o de cuelgue, de que los nervios se ejecuten “in situ” o sean prefabricados (viguetas armadas, pretensadas) o del material de la pieza de entrevigado (cerámico, concreto, poliestireno expandido).

Forjados bidireccionales

Cuando la luz existente entre los pilares aumenta, o éstos no guardan una buena alineación o las cargas son fuertes, el forjado unidireccional deja de ser el más idóneo, recurriéndose habitualmente al forjado bidireccional.

Son estructuras en las que no existen vigas. El forjado está constituido por nervios en ambas direcciones formando una cuadrícula o retícula. Dicha retícula transmite directamente las cargas a los pilares o bien a través de macizados en la cabeza de los mismos llamados capiteles. El espacio existente entre los nervios puede estar hueco o relleno con casetones de diferentes materiales en función de las necesidades del proyecto.

Variando el canto de los nervios y la cuantía del armado se pueden conseguir estructuras de diferentes requerimientos.



Figura 29: Armado bidireccional de losa. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España*).

Losas armadas.

Esta estructura es aplicable en los mismos supuestos que el forjado bidireccional. La diferencia estriba que en este caso no existen nervios sino que es una placa continua de concreto. Los esfuerzos dentro de la placa son diferentes y ello se resuelve con la distribución del acero por la placa.

No existen luces máximas, ni cargas máximas en edificación. Dado que estamos hablando de grandes volúmenes de concreto el abanico de este sistema de encofrado y encofrado es elevado y en algunos casos especial.



Figura 27: Tipos de losas armadas. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España*).

Mixtas, prelosas, chapa grecada, estructuras metálicas, de madera, prefabricadas.

En obras en las que por el plazo o por requerimientos del proyecto no sean de aplicación las soluciones anteriores, existen sistemas alternativos que, siendo estructuras, se escapan del ámbito del encofrado para pasar a ser más bien, montaje de prefabricación.



Figura 30: Losas metálicas. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España.*)



Figura 31: Losas prefabricadas. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España.*)

Relación de materiales a utilizar

En general este tipo de sistemas de encofrados horizontales, estará compuesto por tres grupos fundamentales de elementos:

- ✓ **Estructura vertical:** compuesta por elementos, generalmente metálicos, que trasladan las cargas transmitidas por la estructura horizontal al forjado o losa inferior, o al terreno en el caso del primer forjado.
- ✓ **Estructura horizontal:** compuesta por vigas o sopandas y correas o contrasopandas, que trasladan las cargas transmitidas por la superficie encofrante a la estructura vertical.
- ✓ **Superficie encofrante:** compuesta por paneles que trasladan las cargas transmitidas por el peso de los elementos del forjado superior, aún no fraguado, a la estructura horizontal.



Figura 32: Colocación de puntales de refuerzo en losa ligera. (*Guía práctica de encofrados, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, España*).

2.2.4.1 ENCOFRADOS ESPECIALES

Encofrados especiales.

Son los que presentan alguna peculiaridad, y no pueden entrar en los subgrupos anteriores.



Figura 33: Encofrado especial para túnel. (*Túnel Flüelen, Suiza*)

Ya en la segunda etapa de desarrollo del concreto, durante el siglo XIX, los encofrados utilizados, se fabricaban con tablas de abeto, las cuales debían ser cortadas específicamente para el uso en el que se fueran a emplear, y se ensamblaban en obra por mano de obra muy especializada. Obtener la estructura de concreto con la forma y acabado deseados dependía en gran medida de los encofradores, encargados de la obtención de las tablas, y montaje de los encofrados. Estos sistemas eran muy adecuados en las obras de formas complicadas, ya que se adaptaban muy bien a las formas deseadas, pero presentaban muchos impedimentos: necesitaban una mano de obra muy calificada; era un proceso muy lento tanto en el montaje del encofrado como en el desmoldeo del mismo; los sistemas de sujeción eran de gran dimensión y dificultad, lo que entorpecía la accesibilidad; el concreto no quedaba terminado ya que necesitaba en la mayoría de los casos de un tratamiento posterior. Así en los primeros años del auge de la construcción, el material más utilizado era la madera pero el sistema se fue modernizando hasta tener a día de hoy encofrados formados por acero.

Encofrados para muros circulares

Encofrar muros circulares, sea con radio pequeño –entre 3 y 5 m- o con un radio mayor de 5 metros, es una tarea compleja: un problema es conseguir su nivelación vertical; también es difícil contrarrestar la presión del concreto o prever la aparición de momentos creados por la misma forma alabeada, pudiendo provocar el vuelco imprevisto de todo o parte del conjunto, por lo que son necesarios tensores y puntales repartidos por el encofrado.



Figura 34: Encofrado para paredes curvas. (*Cimentación de edificio cilíndrico, documento web*).

Existen sistemas específicos para realizar muros perfectamente circulares a partir de 1’20m de radio, si se utilizan correas articuladas, y llegando al metro, si es con tensores. En el primer si el anillo es cerrado las tensiones de concreto se pueden absorber únicamente con las correas prescindiendo de anclajes pasantes en el muro, haciéndolo totalmente estanco al agua. Además este método proporciona un buen acabado final ya que se puede elegir tablero y diseñar la junta. En el segundo caso el reglaje con tensores permite trazados con radio variable. La unión entre paneles se hace con grapa autoalineante como en los sistemas modulares rectos. En ambos casos pueden venir premontados los módulos a obra o replantearse con una plantilla.

Encofrados para túneles

Son sistemas de encofrado de configuración compleja y alto grado de especificidad, utilizados para la ejecución de túneles en mina (en espacio confinado) y a cielo abierto (falsos túneles).

Estos sistemas de encofrado, están formados por una subestructura interior, y paneles que cubren y se unen de forma solidaria a dicha subestructura, ambos de naturaleza metálica (acero), conformando un carro de encofrado ajustado a la geometría de sección del túnel, cuyo avance es través de carriles o raíles.

Para túneles de pequeña longitud se emplean elementos estándar del sistema, gracias a las cuales se obtiene un menor costo de ejecución de obra.

En túneles de mayor longitud, se diseña y fabrica encofrados especiales de acuerdo al requerimiento del contratista.

En ambos casos el principio de funcionamiento es el mismo. A través de un mecanismo mecánico o hidráulico, el encofrado se expande o contrae para llevarlo a las posiciones de vaciado o desencofrado. El sistema se desplaza sobre ruedas entre cada vaciado, sin desmontarlo en sus componentes individuales.



Figura 35: Encofrado para túnel de menor longitud. (*Técnica en la construcción, Cesar Urbina Huertas, documento PDF*).



Encofrados para puentes

Por la rapidez de construcción y su larga duración, las grandes obras de puentes que conectan los ríos, vaguadas o brazos de mar, se construyen con concreto en masa o armado. En muchas ocasiones hay que enfrentarse con casi insolubles problemas de cimentación, montaje de encofrados, castilletes de apeo y colado. Pero con una buena técnica, se puede decir en idioma vulgar que no hay puente que se resista.

En la técnica del encofrado de puentes de gran envergadura, no entra sólo el aspecto del molde, sino la resistencia de los elementos que lo han de sostener. En ocasiones hay que construir verdaderos castillos que forman el armazón resistente del molde propiamente dicho.

Clasificación

Indudablemente, en general se da el nombre de *puente* a toda obra de fábrica cuya finalidad es la de conectar dos puntos o solución de continuidad en el terreno para una vía de acceso, tal como carretera, ferrocarril, canal, etc. En ingeniería, estas obras de fábrica se agrupan según la luz libre o hueco de obra construida, en:

- Caños, cuando la obra de fábrica proyectada tiene una luz libre de 0,60 o 0,80 m.
- Tajeas, para aquellas obras de fábrica cuya luz libre va de 0,50 a 1,00 m, pudiendo ser de losa de tapa o de bóveda de arco.
- Alcantarillas, cuando la luz libre llega a 3,00 m.
- Pontones, si la luz libre no rebasa de 8,50 m.
- Puentes propiamente dichos, cuando la luz libre es superior a 8,50 m.

Dentro de esta clasificación hay que distinguir entre los puentes de tablero y los de arco, ya sea circular (de medio punto, rebajado, peraltado, etc.), parabólico o de cualquier otro tipo.

Las obras de fábrica de pequeñas luz ofrecen pocas dificultades al encofrador y vamos a describir su montaje en breves líneas.

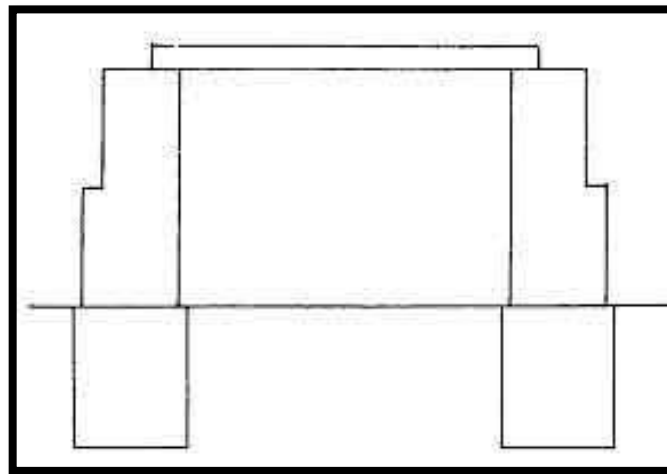


Figura 36: Puente de losa o tablero. (*Encofrados para puentes, documento PDF*).

En la figura 36 vemos una obra de este tipo, de losa o tablero. Se llaman estribos los muros laterales sobre los que apoya el tablero. El encofrado de estos estribos no se diferencia en nada del ya descrito para los muros, constando de tableros ya conocidos sobradamente. Los paramentos internos pueden ir escalonados, si la altura es considerable, inclinados en un suave talud o ser totalmente de un mismo grueso. Cualquiera que sea su forma, no ofrece dificultad su encofrado.

La losa se encofra igualmente como ya explicábamos en el capítulo de suelos, incluso puede llevar, como allí sucedía, vigas largueras que son los elementos resistentes.

Los paramentos exteriores, es decir, los vistos, son siempre verticales y se encofran como los interiores.

Puentes de arco.

Alcanzan los de este tipo las mayores luces conocidas, siendo innumerables de ellos verdaderas obras maestras de la ingeniería moderna.

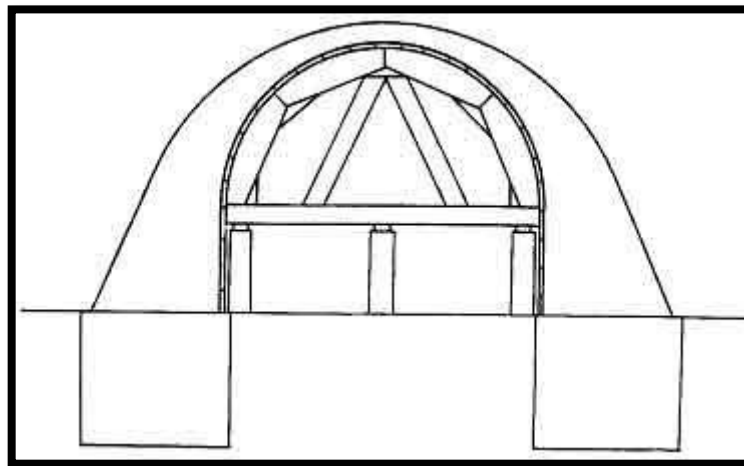


Figura 37: Puente de arco. (*Encofrados para puentes, documento PDF*).

Los puentes de arco de luces no muy grandes suelen hacerse a base de medias circunferencias, por lo que reciben el nombre de medio punto (figura 37). Cuando el arco es menor que una semicircunferencia, reciben el nombre de arcos rebajados, como el de la figura 37. Pueden también adoptar forma elíptica, y la más generalizada, en virtud de sus propiedades técnicas, es la parabólica.

Cuando el vano a salvar es de considerable anchura, se divide el mismo en varios tramos mediante un puente que consta de unos pilares centrales y entre ellos bien tablero o arco.

Volviendo a la figura 37, que nos va a servir en nuestra descripción general, vemos que los encofrados de los paramentos de los estribos están formados por tableros en donde las tablas están dispuestas horizontalmente, los cuales se apoyan contra unas carreras horizontales. Todo este armazón se apoya, a su vez, en tabloncillos clavados verticalmente en el suelo, los cuales suelen recibir el nombre de velas, por su parecido con éstas.

Para evitar que las velas se venzan al empuje del concreto, hay que disponer tornapuntas en el paramento del lado del terreno. En los que han de quedar vistos, como se ven en la citada figura 37, si la luz no es excesiva, se emplean codales que ofrecen mayor seguridad.

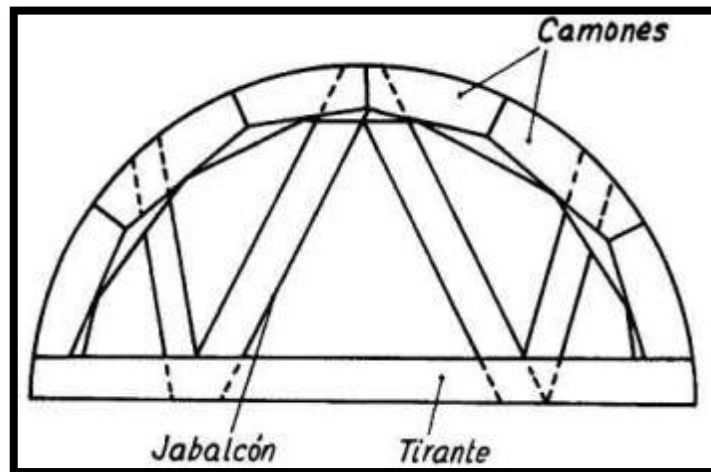


Figura 38: Encofrados para puentes. (*Encofrados para puentes, documento PDF*).

La disposición de los distintos elementos depende del empuje de concreto que deben soportar. La separación entre las carreras es función de dicho empuje.

Para darle forma al arco se emplean unas piezas llamadas encofrados, las cuales van montadas sobre unos caballetes que les sirven de apoyo. Estas encofrados o formaletas (reciben muy diversos nombres según las regiones) llevan en su parte alta la forma a dar al arco y sobre las cuales se apoyan las tablas del encofrado del arco. En la figura 34 vemos una encofrado para arco de medio punto.

El encofrado se compone de los camones, que pueden ir en una o varias filas para mayor refuerzo, el tirante o pieza horizontal, y los jabalcones, que son a modo de tornapuntas de la pieza. Entre las cabezas de los castilletes y los tirantes de las encofrados se colocan las cuñas, cuya misión principal no es la de llevar a su posición exacta la encofrado y, por lo tanto, el encofrado de la obra, sino la de facilitar la labor de desencofrado, cosa que no podría efectuarse sin esas cuñas.

Colocados los castilletes, se montan las encofrados y se arriostran. Se colocan algunas tablas del encofrado de la bóveda, para mantener entre sí la distancia debida y que se mantengan verticales. Después se coloca el resto de las tablas que forman la superficie inferior de la bóveda. La superior no va encofrada, o lleva tan sólo unas tablas en los arranques, ya que suele adoptar la caída del concreto a dicha superficie.

CAPITULO III

DIAGNOSTICO DEL USO DE ENCOFRADOS EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR.





3.0 DIAGNOSTICO DEL USO DE ENCOFRADOS EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR

3.1 METODOLOGIA A EMPLEAR

3.1.1 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio es de carácter exploratorio debido que el propósito es recabar información para reconocer, ubicar y definir problemas, así mismo fundamentadas en las hipótesis de la investigación. La reunión, organización, análisis e interpretación de datos de los resultados se evaluaron por medio de técnicas de investigación.

No se cuentan con mayores recursos con respecto a información, por lo que se apoyó en estudios internacionales con respecto al tema de investigación.

3.1.2 UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis para esta investigación fueron las diferentes visitas que se realizaron en las diferentes construcciones de la zona oriental de El Salvador.

En cada visita se llevó un registro fotográfico y una encuesta en donde se evaluaba el diseño y construcción del encofrado en el elemento estructural del concreto bajo diferentes parámetros que se mencionarán posteriormente.

Cabe mencionar que no se realizo pruebas y ensayos de laboratorio en los materiales utilizados en los encofrados, esto debido que los ensayos son de costos elevados o de difícil realización en campo, aunque si se tomó información acerca de los materiales utilizados y dimensiones del encofrado siempre cuando fuera posible.



3.1.3 UNIVERSO, POBLACION Y MUESTRA

Universo

En esta investigación el universo sería los proyectos de construcción donde involucra el diseño y utilización de encofrados en elementos estructurales de edificaciones en El Salvador realizados en los últimos diez años.

Población

En esta investigación la población se tomará en cuenta la cantidad de construcciones que se ejecutan en la zona oriental de El Salvador, el municipio “tipo” que vamos a seleccionar es San Miguel, la institución que lleva un control sobre los proyectos de construcción ejecutados es la alcaldía municipal al momento de registrar y otorgar permisos de construcción, la razón primordial de elegir esta población es debido que entre las cuatro cabeceras municipales de la zona oriental (municipios con más proyectos ejecutados por año) , San Miguel es donde se tiene la factibilidad de conocer el número de proyectos ejecutados durante un año, en este caso durante el año 2,013.

En la población se caracterizó una zona específica de interés por dos razones:

- ✓ Primero porque se quería llevar a cabo un diagnóstico en la zona, conocer las condiciones de cómo se está llevando a cabo el diseño y utilización de encofrados.

- ✓ Segundo por la factibilidad para realizar las visitas a los proyectos, que por la cercanía permite que el grupo de tesis se pueda movilizar sin problemas y en poco tiempo, tomando en cuenta también el aspecto económico de los integrantes.



Muestra

En esta investigación la muestra que se tomara de la población se analizará de acuerdo a las herramientas de selección de muestras estadísticas, tomando como población todos los permisos de construcción otorgados en el municipio de San Miguel durante el año 2013.

Las poblaciones identificadas, fueron analizadas tomando en cuenta el objetivo a alcanzar, la selección del número de visitas técnicas; de este modo se obtuvieron los siguientes datos:

Población: **43 Permisos de construcción.** (Datos proporcionados por la alcaldía municipal de San Miguel).

$$n = \frac{z^2(N)(p)(q)}{E^2(N - 1) + z^2(p)(q)}$$

$$n = \frac{1.65^2(43)(0.5)(0.5)}{(0.1)^2(43 - 1) + 1.65^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{29.266875}{0.042 + 0.680625}$$

$$n = 26.59 = \mathbf{27 \text{ muestras}}$$

N	Población	43
p	Variabilidad positiva	0.5
q	Variabilidad negativa	0.5
z	Nivel de confianza 90%	1.65
E	Error muestra	0.1
n	Muestra	27

Tabla 6: Datos utilizados para calcular la muestra (*Elaboración propia*).

El valor de “**p**” es el valor de la variabilidad positiva que indica la proporción de individuos que poseen la población la característica de estudio.

El valor de “**q = 1-p**” es el valor de la variabilidad negativa que indica la proporción de individuos que no poseen la población la característica de estudio.

En casos donde no se conocen la proporción real de la población se considera **p = 0.5** por ser la opción más segura y por ende **q = 1-0.5 = 0.5**.

El valor de “**z**” es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos. Los valores de “**z**” se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar.

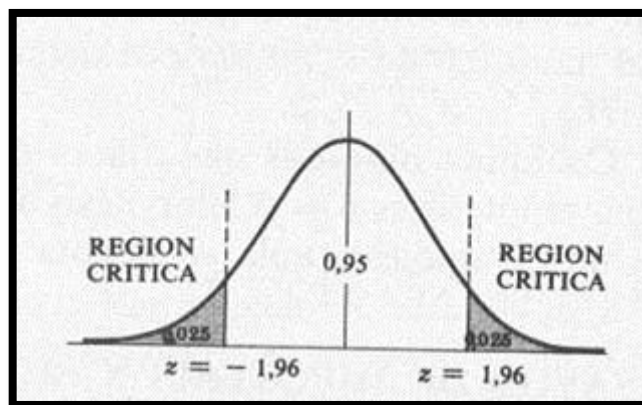


Figura 39: Distribución normal estándar. (*Probabilidad y Estadística Walpole, Myers, Myers Ed. Pearson*).

Valores de Z	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

Tabla 7: Valores de Z para los distintos niveles de confianza. (*Tamaño de la muestra, Wikipedia.org*).



El valor de “E” es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella, es el error a causa de observar una muestra en lugar de la población completa.

Error muestral	Tamaño muestral
10%	100
5%	400
2.5%	1,600
1.25%	6,400
0.62%	25,600

Tabla 8: Valores de e para los distintos tamaños de muestras. (*Técnicas de encuestas por muestreo, Joan S. Salos, seminario de ESOMAR Caracas y México en 1,990*).

Esto nos da el resultado de 27 visitas técnicas, la distribución de los proyectos investigados en la zona oriental (San Miguel, Usulután, Morazán y La Unión) dependerán de la disponibilidad de proyectos, tratando la manera de que sea lo más representativo posible.

3.1.4 DESCRIPCION DE VARIABLES

Las variables a evaluar en la investigación se harán en base a los parámetros evaluados en las encuestas las cuales son las siguientes:

- ✓ **DISEÑO:** cálculos de diseño, propiedades de los materiales utilizados, equipo utilizado, elaboración de planos de taller.



- ✓ TIEMPO: tiempo de colocación de los encofrados en función del tipo de estructura.

- ✓ EFICIENCIA: Seguridad en la colocación de los encofrados, errores en la implementación de encofrados, Reparaciones.

3.1.5 TECNICAS Y RECOPIACION DE DATOS

Los datos recopilados en las visitas técnicas realizadas en los proyectos se realizaran de la siguiente manera:


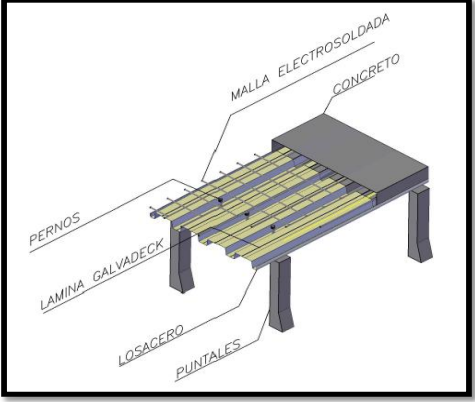

- ✓ Se llevara un registro fotográfico de los encofrados utilizados en las estructuras de concreto (siempre y cuando sea permitido en el proyecto).




- ✓ Se incluirá una pequeña descripción acerca de la información del encofrado utilizado que incluirá: nombre del proyecto y tipo de edificación, ubicación del proyecto, tipo de estructura a encofrar, materiales utilizados, dimensiones de los elementos del encofrado.

- ✓ Se incluirá una pequeña encuesta en donde se evaluaran las variables mencionadas anteriormente, el cual el modelo será el siguiente:




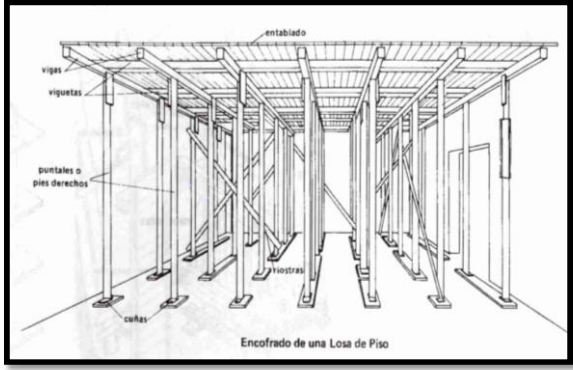

3.2 PRESENTACION DE FICHAS TECNICAS POR PROYECTOS.

FICHA TECNICA					
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional en Villas Deportivas, San Miguel.				
UBICACIÓN	Residencial Villas Deportivas, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel				
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de entripiso				
FECHA	04/02/2014	HORA	09:15 a.m.		
ESQUEMA 		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI NO</p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI NO</p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? SI NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>4</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? SI NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI NO</p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI NO</p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? SI NO</p>			
COMENTARIOS En la construcción se pretende realizar el colado de una losa densa utilizando láminas galvaldeck, puntales metálicos (alquilados) y madera de pino. El criterio para el diseño de encofrados es a base de experiencia, ya que el encargado de la obra solo posee los planos para los elementos estructurales y el encofrado quedo a cargo de los obreros. Se diseñó de manera empírica, es decir, en base a la experiencia de los obreros, debido a que el proyecto es de poca magnitud y no va a estar exigido por una carga considerable, siempre teniendo el cuidado de realizar un buen proceso constructivo y esperando que no se tengan problemas estructurales en el futuro.					
					

FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional en River Side Gardens, San Miguel.		
UBICACIÓN	Residencial River Side Gardens, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Fundaciones		
FECHA	04/02/2014	HORA	10:00 a.m.
ESQUEMA <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>14</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero <u>Maestro de Obra</u> Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En la construcción se pretende realizar el colado de fundaciones (estas incluyen zapatas y soleras) en donde utilizaran madera de pino el cual solo se le dará un uso al encofrado debido al colado de la estructura.</p> <p>El criterio para el diseño de encofrados es a base de experiencia, ya que el maestro de obra solo posee los planos para los elementos estructurales y el encofrado quedo a cargo del mismo, teniendo la excepción que en este proyecto la supervisión revisa si el encofrado está bien hecho.</p> <p>El tiempo de montaje de encofrados para la fundacion fue de 14 dias para la colocación del encofrado en zapatas y soleras de fundaciones, incluyendo los armados de hierro y la colocación de helados. Luego se procede al colado de 22 m3 de concreto, la cual tarda tres horas, luego se deja durante quince días antes de retirar los encofrados.</p>		<div style="text-align: center;">  </div>	



“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional en colonia San Jose, San Miguel.		
UBICACIÓN	Colonia San Jose, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de entrepiso		
FECHA	04/02/2014	HORA	11:00 a.m.
ESQUEMA 		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
COMENTARIOS En la construcción se pretende realizar el colado de una losa densa, en donde utilizaran madera de pino y puntales metálicos (alquilados), la obra prevista llegara hasta la construcción de paredes de segundo nivel debido a aspectos económicos. El criterio para el diseño de encofrados es a base de experiencia, ya que el encargado de la obra solo posee los planos para los elementos estructurales y el encofrado quedo a cargo de los albañiles. Como se puede observar, el colado de la losa ya estaba hecho, se necesitaron 7.75 m3 de concreto (1 camión), el armado y colocado del encofrado para esta losa tardó cinco días. Se eligió el diseño de losa densa (de parte del cliente), por motivos de seguridad, ya que se prefirió realizar un colado monolítico que utilizar la losa prefabricada, lo cual eleva su costo. Se retirarán los encofrados doce días después de haber realizado el colado.		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? SI <u>NO</u>	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 5 _____ Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u>	
		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero Maestro de Obra <u>Albañil</u> Armador Otros: _____	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? <u>SI</u> NO	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	
			

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.





FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion del Hospital Nacional de La Union.		
UBICACIÓN	Entrada a la ciudad de La Unión, municipio de La Union, departamento de La Union		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Muros para cisterna		
FECHA	07/02/2014	HORA	10:00 a.m.
ESQUEMA 		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? <u>SI</u> NO	
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? <u>SI</u> NO	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ <u>6</u> Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO	
COMENTARIOS En este proyecto se pretende llevar a cabo la construccion del hospital nacional de La Union, en el cual se aplicara los encofrados para varios tipos de estructuras con sistemas mixtos (madera, plywood, metalicos y HDO), para esta visita se explicara para una cisterna. Por ser un proyecto de gran magnitud el diseño de encofrados no sera empirico, sino que se tomara en cuenta el diseño de encofrados, el cual en este caso es realizado por la empresa Harsco Infraestructura El Salvador SA DE CV, en donde se diseña el sistema de encofrado a emplear en base a las especificaciones tecnicas y a las dimensiones de la estructura. Debido a los tiempos de colocacion, la calidad y seguridad se opto por utilizar el HDO, en donde el diseño se basa en resistencias en este caso el concreto a utilizar es de 280 kg/cm2, se toma en cuenta la velocidad para vaciar el concreto (entre 1.22 m/h a 2 m/h) y la temperatura de colado que debera de ser de 32° C (colados preferiblemente nocturnos). En este diseño, la empresa Harsco se encarga de realizar el diseño del encofrado en donde elabora planos constructivos y los materiales utilizados para los encofrados (el contratista debe de proveer la madera convencional) los cuales son alquilados debido a su gran cantidad de usos y a la rapidez del mismo, en este caso se podra retirar los encofrados 24 horas despues de haber sido colada la estructura. Nota Debido a la naturaleza del proyecto, no se puede obtener mucha informacion visual (fotografias y planos).		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: <u>Empresa Consultora</u>	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	




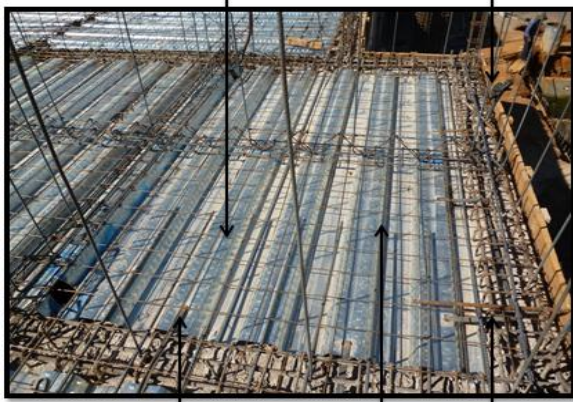

FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Ampliacion de la planta Tropigas del Pacifico..		
UBICACIÓN	Carretera a la playita km. 2.5 Punta Gorda, La Unión en El Golfo de Fonseca, El Salvador.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Tensores para fundacion de contenedores de gas propano		
FECHA	07/02/2014	HORA	11:00 a.m.
ESQUEMA 		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>8</u> Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO	
COMENTARIOS En este proyecto se pretende llevar a cabo la ampliacion de la planta Tropigas, en donde se construiran 6 nuevas esferas de almacenamiento los cuales son capaces de contener 250,000 galones cada una, de ahí radica la importancia de elaborar una buena estructura de concreto que sirva para resistir el peso de las estructuras de almacenamiento. Los materiales utilizados en el encofrado de fundaciones son plywood de 3/4" , cuarterones de pino, estacas y puntales de madera. El encofrado se basa según la armadura de la estructura que soportara y se utiliza el plywood porque es mas economico y tiene varios usos (6 usos), luego de hacer el colado se retiran los encofrados a los 24 dias.		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	






FICHA TECNICA				
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional de dos niveles			
UBICACIÓN	Calle los Ceniceros, Residencial el Sitio #2, San Miguel.			
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Vigas.			
FECHA	21/02/2014	HORA	09:30 a.m.	
ESQUEMA 		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 4 _____ Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>		
COMENTARIOS <p>En la construcción se realiza la elaboración de vigas de concreto la cual se realizó con el sistema de encofrado tradicional de madera en el cual se hizo de manera empírica utilizando en base a planos estructurales y a experiencia del ingeniero residente.</p> <p>Se utilizó tablas de madera de pino, además se utilizó puntales de cuartón de pino con una separación de 0.80 cms que sirve para soportar el peso del encofrado más el concreto que se colocara posteriormente.</p> <p>Se utilizó tablas de madera para soportar el peso del concreto más la armadura de la viga, Para la sección perimetral también se utilizó tabla de madera de pino el cual será utilizado para darle el acabado final a la viga, entre estas tablas se pudo observar que eran tensionadas con alambres de amarre y un trozo de madera para mantener la tensión entre el alambre y las dos tablas.</p>				

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de alcaldia municipal de Yucuaiquin y salon de usos multiples.		
UBICACIÓN	Calle principal frente al parque, barrio el Calvario, municipio de Yucuaiquin, departamento de La Union.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de entrepiso		
FECHA	25/02/2014	HORA	02:45 p.m.
ESQUEMA <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 5px;"> Lamina galvadeck Tabla de pino </div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> Platina de hierro Electromalla de 7 mm </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Varilla de hierro de #3/8"</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>3</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En el siguiente proyecto se lleva a cabo la construccion de la Alcaldia Municipal de Yucuaiquin y construccion de salon de usos multiples, en donde se esta construyendo una losa con el sistema de lamina galvadeck, el cual sirve como molde y al mismo tiempo forma parte de la losa, en este caso tiene un espesor de 8 cm.</p> <p>Se utilizo madera de pino para el perimetro de la losa y utilizan varillas de hierro y platinas para rigidizar la lamina galvadeck al momento de realizar el colado y evitar la generacion de momentos en la losa, la capacidad de carga de la lamina galvadeck es de 900 kg/m2 (7 a 8 personas), de esa manera permite trabajar sobre la losa sin que sufra daños en los encofrados.</p>			
			






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de alcaldia municipal de Yucuaiquin y salon de usos multiples.		
UBICACIÓN	Calle principal frente al parque, barrio el Calvario, municipio de Yucuaiquin, departamento de La Union.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Vigas		
FECHA	25/02/2014	HORA	03:15 p.m.
ESQUEMA <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 5px;"> Regla pacha a 45° (Refuerzo) Costaneras (Refuerzo) Tabla de pino </div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Puntales de bambú Puntales metálicos </div>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>4</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS En el siguiente proyecto se lleva a cabo la construccion de la Alcaldia Municipal de Yucuaiquin y construccion de salon de usos multiples, en donde se esta construyendo vigas con el sistema tradicional de madera, reforzados a cada 50 cm y con puntales metalicos a cada 70cm auxiliandose de puntales de bambu. Se utilizo madera de pino para el encofrado de las vigas, llevando un refuerzo de regla pacha de pino que funciona como apoyo colocado a 45° y con costaneras de pino la cual sirve para unir las tablas de pino. Para soportar el peso de la estructura del encofrado, se utiliza dos puntales metalicos y en las zonas de mayor concentracion de cargas se colocan puntales de bambu para refuerzo, el encofrado se diseño de manera empitica.			
			






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de oficina de la constructora FHC Ingenieros S.A. de C.V.		
UBICACIÓN	Colonia Escalon, Calle La Mascota # 160 San Salvador.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de entrepiso		
FECHA	26/02/2014	HORA	01:10 p.m.
ESQUEMA 		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 2 _____ Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <input checked="" type="checkbox"/> <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p>	
COMENTARIOS Este proyecto es acerca de la construccion de una losa de entrepiso utilizando el sistema de encofrados empleando el HDO como material principal, pero auxiliandose de los materiales convencionales como la madera y las estructuras metalicas. Se puede observar que las piezas de la madera contrachapada ya viene en dimensiones estandares y que tiene la facilidad que permite su reutilizacion hasta un numero de 20 veces, haciendolo mas practico y mas economico, tambien se utilizaron andamios metalicos para ofrecer un mejor soporte a la estructura de la losa (ya que se construira en voladizo) y deja mejor acabado en el concreto que la madera convencional.			
			






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional de dos niveles		
UBICACIÓN	Calle los Ceniceros, Residencial el Sitio #2, San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa vigueta bovedilla para entrepiso.		
FECHA	04/03/2014	HORA	09:00 a.m.
ESQUEMA  <p style="text-align: center;">Puntales Metálicos</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>10</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros:</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS En la construcción se realiza la elaboración de una losa vigueta bovedilla la cual se realizó con el sistema de encofrado tradicional mixto de madera en el cual se hizo de manera empírica utilizando en base a planos estructurales y a experiencia del ingeniero residente. Se colocó para resistir los soportes de carga un cuartón longitudinal perpendicular a la vigueta el cual era sostenido por dos filas de puntales metálicos a cada 1.00 m de espaciamiento por 60 cms, además se utilizara pie de amigo en puntales para la área de la losa en voladizo partiendo de las vigas principales, los pies de amigos fueron elaborados de madera de regla pacha de 60 cms de longitud sostenido por una costanera de 80 cms de longitud para distribuir cargas entre viga y losa.			



“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional en River Side Gardens, San Miguel.		
UBICACIÓN	Residencial River Side Gardens, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Columnas		
FECHA	06/03/2014	HORA	10:00 a.m.
<p>ESQUEMA</p> 		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 2 _____ Hora</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero <u>Maestro de Obra</u> Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
<p>COMENTARIOS</p> <p>En el proyecto se pretende realizar la construccion de columnas de concreto con refuerzo de acero que serviran para soportar las cargas del segundo nivel y del techo de la vivienda.</p> <p>Se utilizo tablas y costaneras de madera de pino, ademas se utilizo alambre de amarre para sostener las tablas que conforman el encofrado, tambien evita el uso de claros y genera resistencia a la fuerza de impacto en la estructura y se evitan daños en el elemento.</p> <p>El peldaño de refuerzo se deja a 20 cm en el inicio y luego se coloca a cada 60 cm. A los 3 días despues del colado se realiza el desmoldeo y se pica el elemento para su posterior repello.</p> 			

FICHA TECNICA				
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional de dos niveles niveles.			
UBICACIÓN	Barrios San Nicolas, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel			
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de Techo			
FECHA	19/03/2014	HORA	09:00 a.m.	
ESQUEMA <div style="text-align: center;">  </div>		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>		
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>		
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? SI <u>NO</u>		
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>10</u> Dias		
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO		
COMENTARIOS En la construccion se llevará a cabo la elaboracion de una losa densa de concreto el cual se realizo con el sistema de encofrado tradicional de madera en el cual se hizo de manera empírica. Se utilizo tablas y costaneras de madera de pino, ademas se utilizo 2 puntales de bambú con una separacion de 90 cm que sirve para soportar el peso del encofrado mas el concreto que se colocara posteriormente. Se coloca costaneras de pino para unir las tablas de madera aunque estas no se colocan de manera uniforme, sino que se coloca a criterio de los albañiles.		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u>		
		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero Maestro de Obra <u>Albañil</u> Armador Otros: _____		
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? <u>SI</u> NO		
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? <u>SI</u> NO		
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? SI <u>NO</u>		






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional de dos niveles		
UBICACIÓN	Calle los Ceniceros, Residencial el Sitio #2, San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Escaleras.		
FECHA	21/03/2014	HORA	10:00 a.m.
ESQUEMA  <p>Costanera de Pino Tabla de Madera de Pino Cuartón de Pino Puntales de Cuartón de Pino</p>		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>5</u> Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
COMENTARIOS En la construcción se realiza la elaboración de una escalera la cual se realizó con el sistema de encofrado tradicional de madera en el cual se hizo de manera empírica utilizando en base a planos estructurales y a experiencia del ingeniero residente.		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u>	
Se utilizó en sus partes perimetrales tabla de madera de pino sujetadas por balules de costanera de pino a cada 50 cms esos sujetados por alambre de amarre para mantener las dimensiones de cada uno de los elementos que se desea encofrar en este caso una grada y para dimensionar se utiliza una tabla longitudinal de madera de pino sostenida todas por un cuartón transversal que servirá para dividir los elementos de cada grada, también cuenta con dos filas de puntales de cuartón con una separación de 80 cms en el cual serán distribuidas las cargas por una costaneras conectadas longitudinalmente a cada 40 cms.		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros:	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	



FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de bases para fundacion de montacarga utilizado en la conduccion de bagazo.		
UBICACIÓN	Ingenio Chaparrastique, Km 144 carretera el Litoral, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Bases para fundacion de montacarga		
FECHA	02/04/2014	HORA	09:00 a.m.
ESQUEMA <p>Madera contrachapada de alta densidad (HDO)</p>  <p>Regla pacha de pino Puntales metálicos</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 2 _____ Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: <u>Empresa Consultora</u></p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <input checked="" type="checkbox"/> SI NO</p>	
COMENTARIOS En el siguiente proyecto se llevara a cabo la construccion de bases para conducir el bagazo, se utilizo el sistema de encofrados utilizando madera contrachapada de alta densidad (HDO) como material base auxiliandose de puntales metalicos y madera de pino para refuerzos. El diseño y planos de taller fueron elaborados por la empresa consultora HARSCO ademas de proporcionar materiales para encofrados de alquiler, asi disminuyendo los costos en la reutilizacion de los moldes. Los puntales se encuentran colocados a cada 40 cm y lleva un refuerzo de madera de pino que sirve de union para los paneles de HDO.			
			

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de bases para fundación de montacarga utilizado en la conducción de bagazo.		
UBICACIÓN	Ingenio Chaparrastique, Km 144 carretera el Litoral, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Zapatas		
FECHA	02/04/2014	HORA	09:30 a.m.
ESQUEMA <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Madera de pino</p>  <p>Madera contrachapada de alta densidad (HDO)</p> <p>Varillas de hierro para refuerzo</p> </div> </div>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 1 _____ Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros:</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En el siguiente proyecto se llevara a cabo la construccion de bases para conducir el bagazo, se utilizo el sistema de encofrados utilizando madera contrachapada de alta densidad (HDO) como material base auxiliandose de varillas de hierro y madera de pino para refuerzos.</p> <p>En este caso no se elaboró planos de taller para realizar el encofrado de la estructura, se utiliza varillas de hierro para reforzar el molde del encofrado.</p>			






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de Juzgado Segundo de Primera Instancia de San Francisco Gotera.		
UBICACIÓN	Barrio La Concordia, municipio de San Francisco Gotera, departamento de Morazán.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de Entrepiso		
FECHA	04/04/2014	HORA	02:00 p.m.
<p>ESQUEMA</p> <p>Tablas de Pino</p> <p>Costaneras (Refuerzo)</p> <p>Puntales de bambú</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>14</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
<p>COMENTARIOS</p> <p>En la construccion se llevará a cabo la elaboracion de una losa densa de concreto el cual se realizo con el sistema de encofrado tradicional de madera en el cual se hizo de manera empírica.</p> <p>Se utilizo tablas de madera de pino, ademas se utilizo puntales de bambú con una separacion de 80 cm que sirve para soportar el peso del encofrado mas el concreto que se colocara posteriormente.</p> <p>Se coloca costaneras de pino para unir las tablas de madera aunque estas no se colocan de manera uniforme, sino que se coloca a criterio de los albañiles en obra.</p>			

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Casa habitacional en River Side Gardens, San Miguel.		
UBICACIÓN	Residencial River Side Gardens, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de Entrepiso		
FECHA	07/04/2014	HORA	09:00 a.m.
ESQUEMA <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 5px;"> Tabla de Pino Costaneras (Refuerzo) </div>  <div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 10px;"> Puntales metálicos </div>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>12</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente Carpintero <u>Maestro de Obra</u> Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En la construccion se llevará a cabo la elaboracion de una losa vigueta bovedilla con recubrimiento de concreto el cual se realizo el encofrado de madera en el cual se hizo de manera empírica.</p> <p>Se utilizo tablas de madera de pino, ademas se utilizo puntales metalicos con una separacion de 60 cm que sirve para soportar el peso del encofrado mas el concreto que se colocara posteriormente.</p> <p>El uso que se le da a la madera es una vez, aunque se pueden reutilizar una vez mas siempre y cuando la traten con aceite quemado para ser reutilizada y que el acabado del colado quede aceptable, antes de realizar el colado de la losa se deja instalada las conexiones electricas e hidraulicas y los bastones para la pared del segundo nivel.</p>			






FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de casas habitacionales de dos niveles.		
UBICACIÓN	Colonia Ciudad Jardin, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de Entrepiso		
FECHA	07/04/2014	HORA	11:00 a.m.
ESQUEMA <div style="text-align: center;"> <p>Pie de amigo (Costanera de madera de pino)</p>  <p>Tabla de pino Puntales metálicos</p> </div>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 7 _____ Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En la construccion se llevará a cabo la elaboracion de una losa vigueta bovedilla con recubrimiento de concreto el cual se realizo el encofrado de madera en el cual se hizo de manera empírica.</p> <p>Se utilizo tablas de madera de pino, ademas se utilizo puntales metalicos con una separacion de 60 cm reforzado con costaneras de madera de pino (pie de amigo) que sirve para soportar el peso del encofrado mas el concreto que se colocara porteriormente.</p>			
			



FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construccion de fosa de reclamo (retorno de bagazo).		
UBICACIÓN	Ingenio Chaparrastique, Km 144 carretera el Litoral, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Paredes de concreto para fosa de reclamo		
FECHA	02/05/2014	HORA	10:30 a.m.
ESQUEMA		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
<div style="text-align: center;">Puntales metálicos</div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Tabla de madera de pino Madera contrachapada de alta densidad (HDO) </div>		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>2</u> Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
COMENTARIOS		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO	
<p>En el siguiente proyecto se llevara a cabo la construccion de una fosa de reclamo en el cual se construyo paredes de concreto, se utilizo el sistema de encofrados utilizando madera contrachapada de alta densidad (HDO) como material base auxiliandose de puntales metálicos y tablas de madera de pino para refuerzos.</p> <p>El encofrado de las paredes de concreto se va realizando por tramos para su posterior colado, permitiendo asi la eficiencia y disminucion de costos al momento de alquilar los encofrados.</p> <p>Los puntales se encuentran colocados a cada 60 cm y lleva un refuerzo de madera de pino que sirve de union para los paneles de HDO, cabe destacar que se utiliza un aditivo para evitar que el concreto se adhiera al encofrado y al mismo tiempo se deje una superficie lisa, en este caso se utilizo el aditivo Separol.</p>		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros:	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	



FICHA TECNICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de losa de piso para ventilador y pedestal.		
UBICACIÓN	Ingenio Chaparrastique, Km 144 carretera el Litoral, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de piso		
FECHA	02/05/2014	HORA	11:30 a.m.
<p>ESQUEMA</p> <p style="text-align: center;">Madera contrachapada de alta densidad (HDO) Helados de concreto</p>  <p style="text-align: center;">Madera de pino para refuerzo</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 1 _____ Dia</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? Ingeniero Residente <u>Carpintero</u> Maestro de Obra Albañil Armador Otros:</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
<p>COMENTARIOS</p> <p>En el siguiente proyecto se llevara a cabo la construccion de una losa de piso de concreto, se utilizo el sistema de encofrados utilizando madera contrachapada de alta densidad (HDO) como material base auxiliandose de refuerzos de tabla de pino y la colocacion de helados de concreto al momento de colocar el hierro de la estructura.</p> <p>Se elaboró el encofrado de acuerdo a los planos estructurales con su respectiva supervisión, de tal manera que no se presentaran problemas al momento de realizar el colado.</p> <p>El apuntalamiento del encofrado se realiza con madera de pino, esta colocada de manera inclinada formando un angulo aproximado de 30° con respecto a la horizontal, van colocado a cada 50 cm para mantener fijo el encofrado.</p>			



FICHA TECNICA BIBLIOGRAFICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Traslado de la Infraestructura de Escuela de Educación Especial de San Miguel.		
UBICACIÓN	Calle Los Hermanos Maristas y Avenida los Ángeles contiguo al ISSS, Residencial los Pinos San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Viga con union de columna.		
FECHA	05/09/2012	HORA	---
ESQUEMA 		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>12</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros:</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
COMENTARIOS <p>En la construcción se llevará a cabo la elaboración de una viga unión con columna de concreto la cual se realizó con el sistema de encofrado tradicional de madera en el cual se hizo de manera empírica utilizando planos estructurales.</p> <p>Se colocó tabla de pino para las caras de las vigas en el cual tablas perimetrales estaban sujetas por balules de costanera de pino sujetados por alambres de amarre para mantener la sección del elemento a encofrar los cuales estaban sostenidos por dos tipos de puntales para las alturas variables que se presenten en el cual las alturas más prolongadas se utilizó el cuartón y para las alturas más cortas llámese así vigas que pasen por altura de repisa, se utilizara costaneras que no sobrepasen alturas de 1.20 m, también se auxiliara la carga en los puntales con pie de amigo elaborado de regla pacha de 60 cms. y una costanera para distribuir la carga de presión de 80 cms. de longitud.</p>			






FICHA TECNICA BIBLIOGRAFICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Traslado de la Infraestructura de Escuela de Educación Especial de San Miguel.		
UBICACIÓN	Calle Los Hermanos Maristas y Avenida los Ángeles contiguo al ISSS, Residencial los Pinos San Miguel.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa vigueta bovedilla para entpiso.		
FECHA	05/09/2012	HORA	--
<p>ESQUEMA</p> <p>Soporte Longitudinal para sostener viguetas de Cuartón de Pino</p> <p>Puntales Metálicos</p>		<p>1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u></p> <p>3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>12</u> Dias</p> <p>5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO</p> <p>6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO</p> <p>7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros:</p> <p>8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u></p> <p>10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO</p>	
<p>COMENTARIOS</p> <p>En la construcción se realizara la elaboración de una losa vigueta bovedilla la cual se realizó con el sistema de encofrado tradicional mixto de madera en el cual se hizo de manera empírica utilizando en base a planos estructurales y a experiencia del ingeniero residente.</p> <p>Se utilizó un soporte longitudinal para sostener las viguetas que son el diafragma rígido de la losa así como también el acabado perimetral se utilizó tabla de madera de pino, balules de costanera de pino a cada 40 cms. en las áreas confinadas y 60 cms. en las áreas no confinadas como también lleva un refuerzo longitudinal llámese así cincho en el lecho inferior y superior elaborados de costanera sujetos a la armadura de las vigas principales por medio de alambre de amarre para mantener el dimensionamiento del elemento, también se observó que se auxiliaron de pies de amigo en los puntales para las áreas de mayor carga.</p>			






FICHA TECNICA BIBLIOGRAFICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de basculas en Aduana Terrestre el Amatillo.		
UBICACIÓN	Aduana Terrestre el Amatillo, Ciudad de Pasaquina, Departamento de La Unión, El Salvador.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Losa de Piso.		
FECHA	Agosto del 2013.	HORA	---
ESQUEMA  <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 50px; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <small>Costaneras de Madera de Pino</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>Tabla de Madera de Pino</small> </div> </div>		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? <u>2</u> Dias	
COMENTARIOS Para la construcción de las losas de piso se utilizó madera de pino para la parte del perímetro y se utilizó los que son costaneras de pino a cada 40 cm de separación sostenidas y tensionadas por alambre de amarre hacia la armadura del piso para que estas pudiesen ayudar a la presión del concreto en su fase semi sólida. También se reforzaron las uniones de madera con refuerzo de costanera a cada 10 cms ya que ahí presenta las partes más críticas de presión de concreto y así evitar que los moldes se abran y apoyándose con dichas costaneras a 5 cms de separación le brinda una mayor sujeción del molde en los empalmes.		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO	
		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	



FICHA TECNICA BIBLIOGRAFICA				
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de basculas en Aduana Terrestre el Amatillo.			
UBICACIÓN	Aduana Terrestre el Amatillo, Ciudad de Pasaquina, Departamento de La Unión, El Salvador.			
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Zapatas.			
FECHA	Agosto del 2013.	HORA	---	
ESQUEMA  Tabla de Madera de Pino		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>		
COMENTARIOS Para la elaboración de moldes de zapata se utilizó lo que es madera de pino en la parte perimetral y debido a sus dimensiones muy cortas no se necesitó colocar costaneras de sujeción y el mismo suelo sirvió para poder resistir las presiones laterales del concreto , como también se pudo observar una varilla enterrada horizontalmente al centro de las tablas para mantener las dimensiones en todas sus caras, esta varilla sin mayor detalle sobre el elemento.		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>		
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO		
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 1 _____ Dias		
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO		
		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO		
		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____		
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>		
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>		
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un incoveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO		
				

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



FICHA TECNICA BIBLIOGRAFICA			
NOMBRE DEL PROYECTO	Construcción de basculas en Aduana Terrestre el Amatillo.		
UBICACIÓN	Aduana Terrestre el Amatillo, Ciudad de Pasaquina, Departamento de La Unión, El Salvador.		
ESTRUCTURA A ENCOFRAR	Paredes de concreto.		
FECHA	Agosto del 2013.	HORA	---
ESQUEMA  <p style="text-align: center;"> Regla Pacha Plywood de 1/2" Puntales de Cuartón de Madera de Pino </p>		1) ¿Realizo calculos al momento de diseñar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		2) ¿Realizo plano de taller de los encofrados? SI <u>NO</u>	
		3) ¿Se conoce las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado? <u>SI</u> NO	
		4) ¿Tiempo de colocacion de los encofrados? _____ 14 _____ Dias	
		5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado? <u>SI</u> NO	
COMENTARIOS Para la elaboración de las paredes para la báscula , se realizó con el tipo de encofrados de madera solamente que se utilizó plywood de 1/2" para darle una mejor textura de acabado al elemento y la altura no era muy exigente como para reforzarlo con puntales metálicos. Debido a que las condiciones del terreno permitía espacios para reforzar en dicho elemento se optó por apuntalar todas las paredes en ambos sentidos de las caras, se anclo una costanera longitudinalmente a lo largo de toda la pared, partiendo de ahí para fijar los puntales hacia el plywood con una inclinación de 30 grados , tocando así a una altura de 20 cm del lecho superior en el cual iba sujeto a una regla pacha alrededor de todo su perímetro para asegurar las presiones del concreto no vayan a ser mayores para flexionar el plywood y así tener deformaciones no deseadas.		6) ¿Se utiliza el equipo de proteccion para elaborar los encofrados? <u>SI</u> NO	
		7) ¿ Que personal esta a cargo para elaborar los encofrados? <u>Ingeniero Residente</u> Carpintero Maestro de Obra Albañil Armador Otros: _____	
		8) ¿Han presentado algun inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado? SI <u>NO</u>	
		9) ¿Han presentado daño los elementos del encofrado? SI <u>NO</u>	
		10) ¿Conoce algun proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilizacion del encofrado? <u>SI</u> NO	



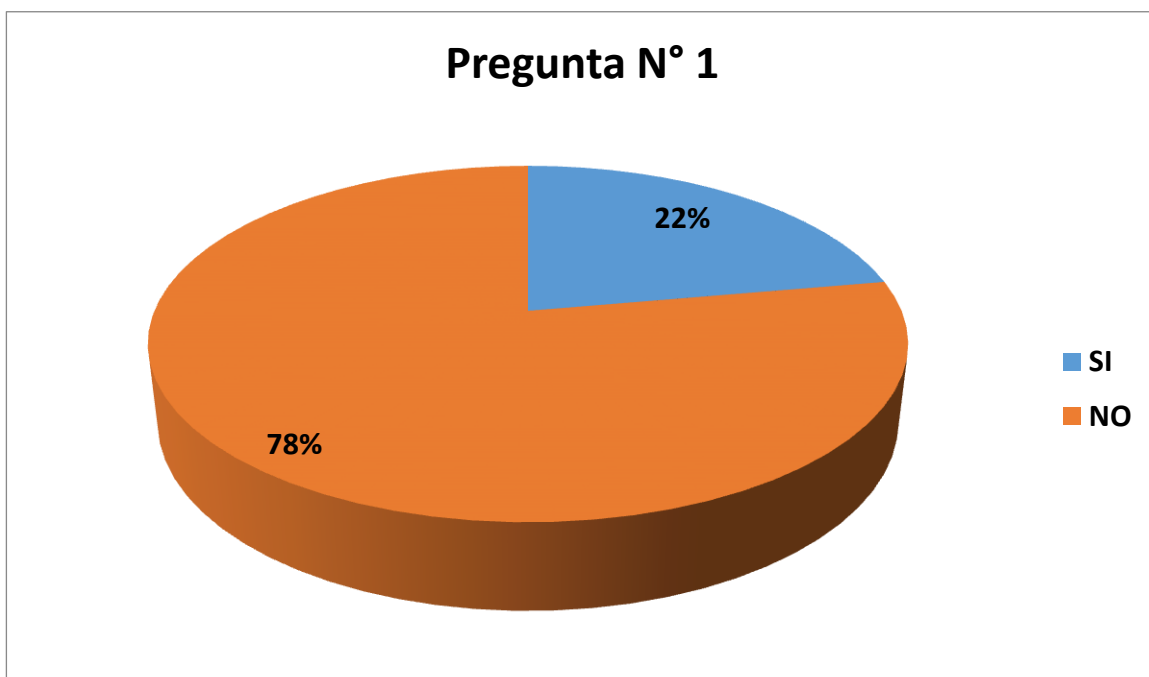
3.3 ANALISIS DE RESULTADOS

3.3.1 PREGUNTA N° 1

1) ¿Realizó cálculos al momento de diseñar los encofrados?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	6	22.00
NO	21	78.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 9: Resultados de la pregunta 1. (Elaboración propia).



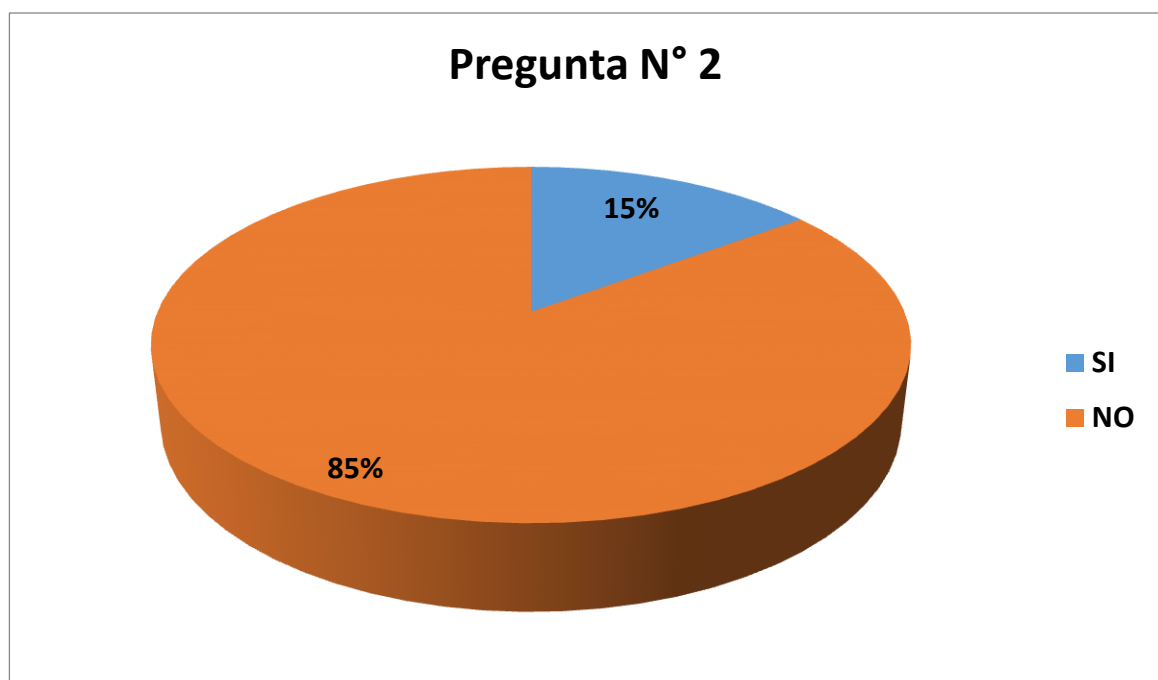
Gráficos 1: Resultados de la pregunta 1. (Elaboración propia).

3.3.2 PREGUNTA N° 2

2) ¿Realizó planos de taller de los encofrados?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	4	15.00
NO	23	85.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 10: Resultados de la pregunta 2. (Elaboración propia).



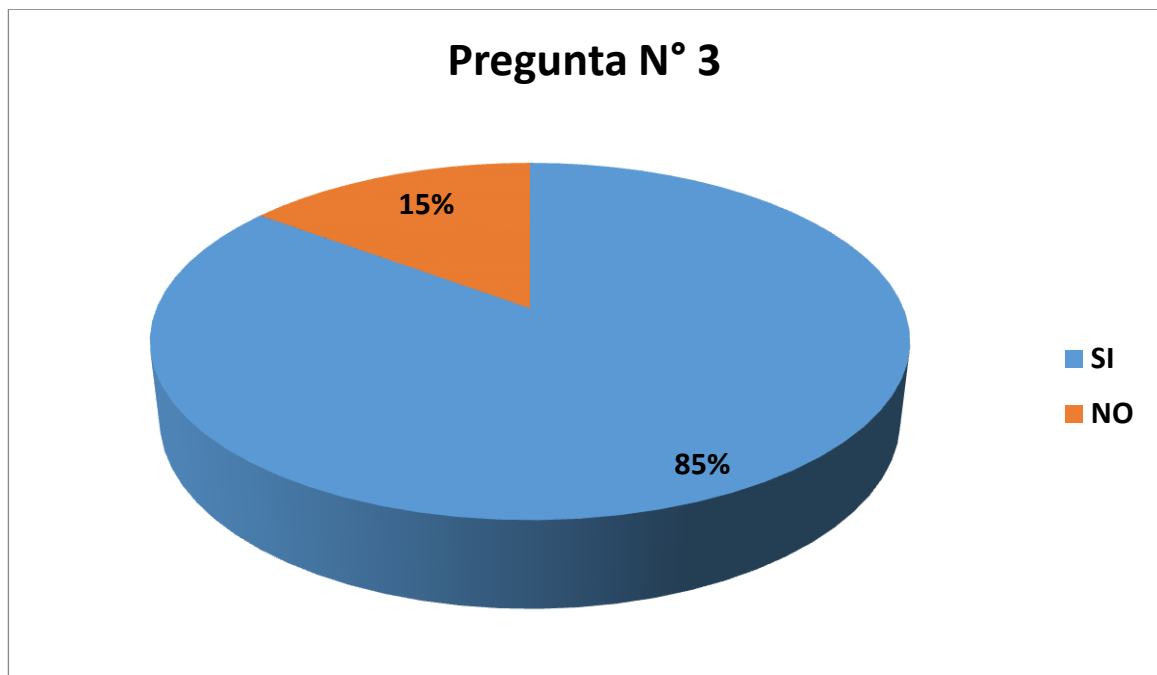
Gráficos 2: Resultados de la pregunta 2. (Elaboración propia).

3.3.3 PREGUNTA N° 3

3) ¿Se conocen las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	23	85.00
NO	4	15.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 11: Resultados de la pregunta 3. (Elaboración propia).



Gráficos 3: Resultados de la pregunta 3. (Elaboración propia).

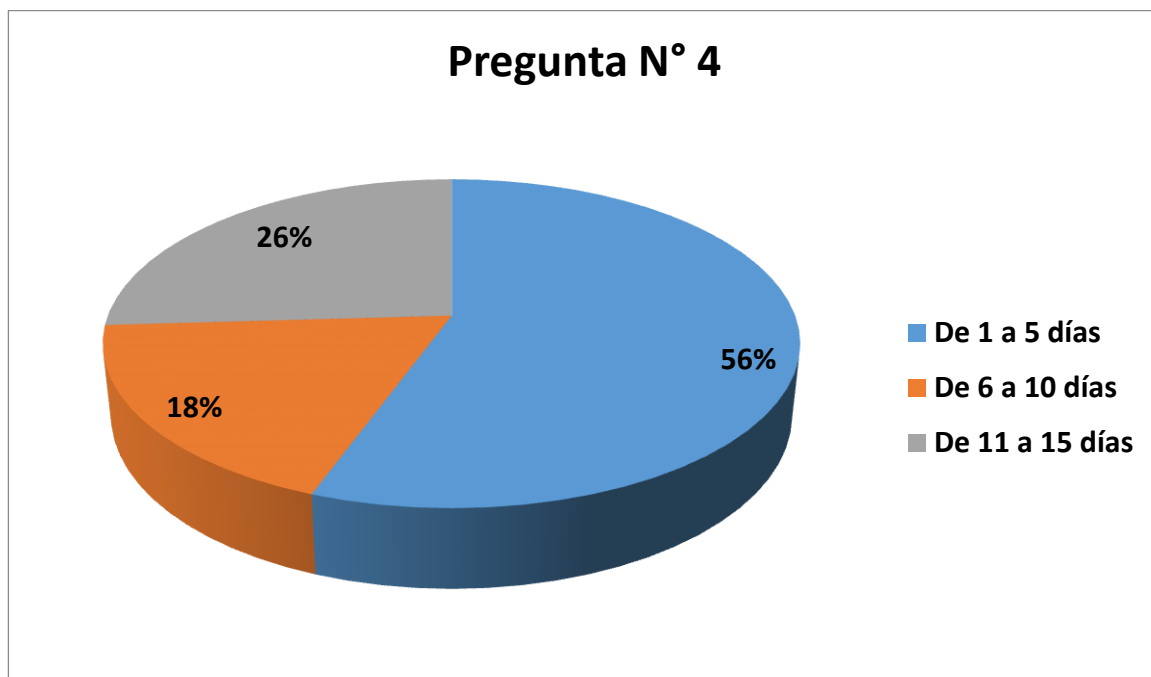


3.3.4 PREGUNTA N° 4

4) Tiempo de colocación de los encofrados.

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
De 1 a 5 días	15	56.00
De 6 a 10 días	5	18.00
De 11 a 15 días	7	26.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 12: Resultados de la pregunta 4. (Elaboración propia).



Gráficos 4: Resultados de la pregunta 4. (Elaboración propia).

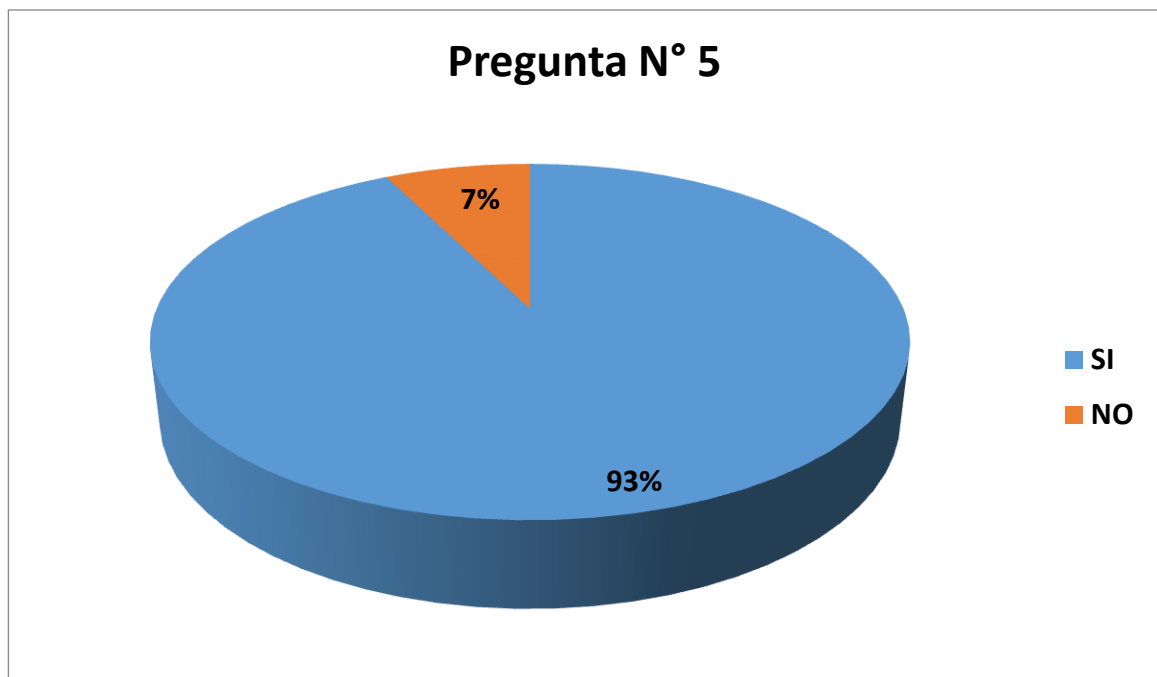


3.3.5 PREGUNTA N° 5

5) ¿Cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	25	93.00
NO	2	7.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 13: Resultados de la pregunta 5. (Elaboración propia).



Gráficos 5: Resultados de la pregunta 5. (Elaboración propia).

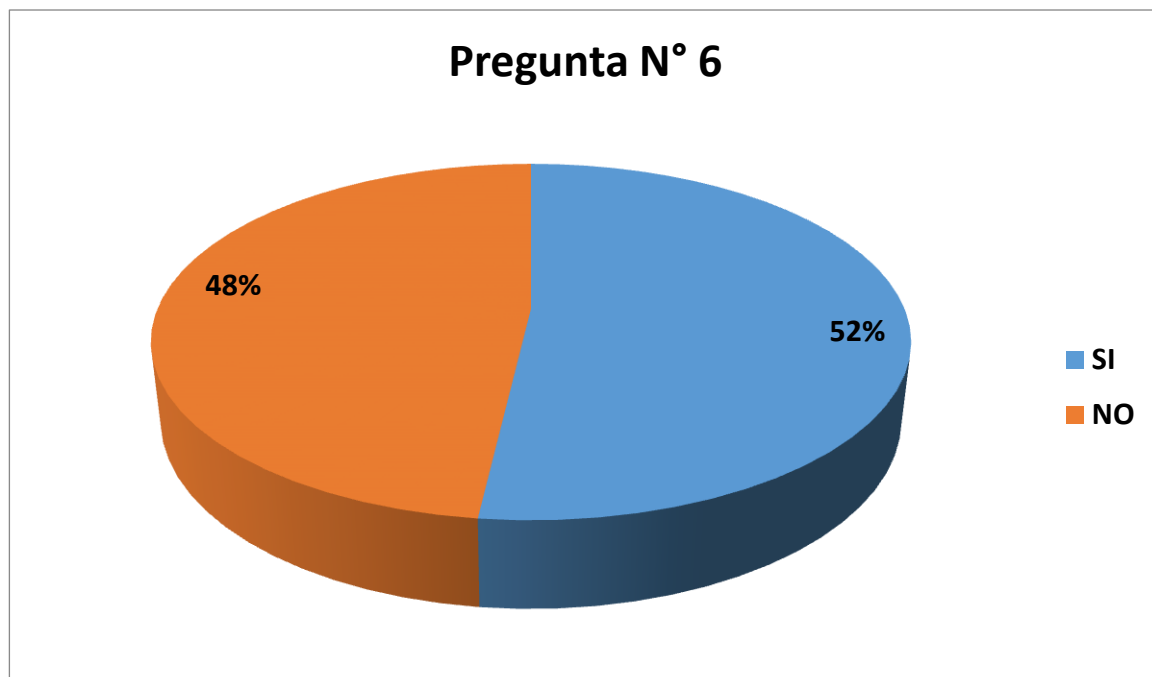


3.3.6 PREGUNTA N° 6

6) ¿Se utilizó el equipo de protección para elaborar los encofrados?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	14	52.00
NO	13	48.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 14: Resultados de la pregunta 6. (Elaboración propia).



Gráficos 6: Resultados de la pregunta 6. (Elaboración propia).

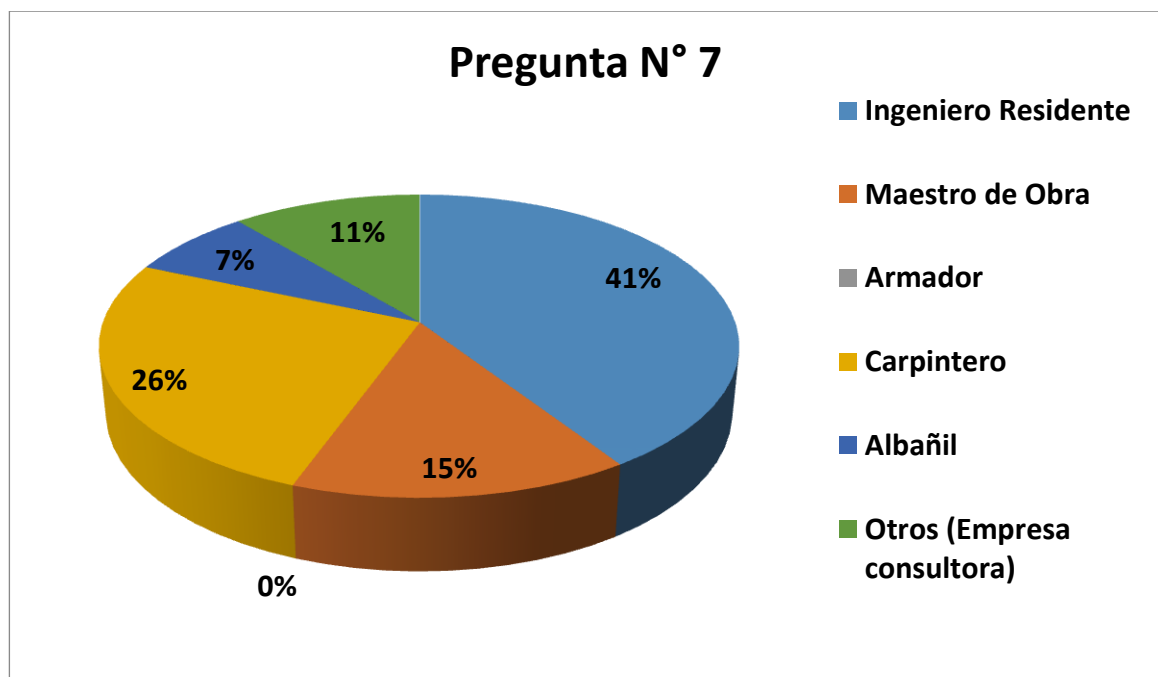


3.3.7 PREGUNTA N° 7

7) ¿Qué personal está a cargo para elaborar los encofrados?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Ingeniero Residente	11	41.00
Maestro de Obra	4	15.00
Armador	0	0.00
Carpintero	7	26.00
Albañil	2	7.00
Otros (Empresa consultora)	3	11.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 15: Resultados de la pregunta 7. (Elaboración propia).



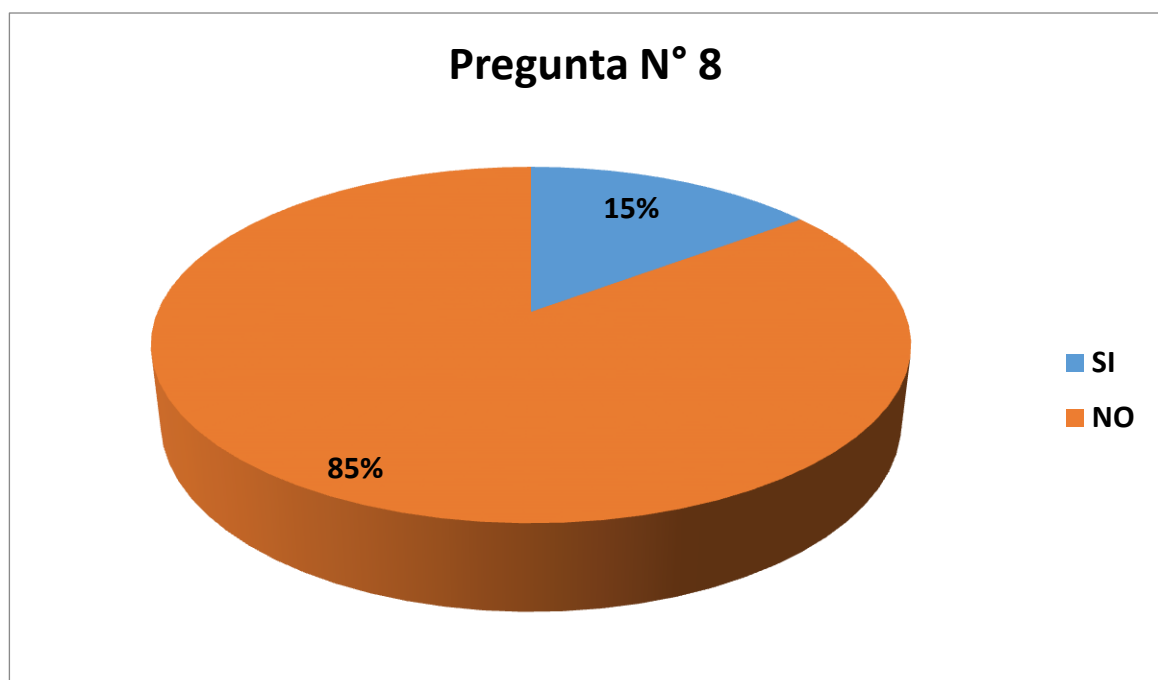
Gráficos 7: Resultados de la pregunta 7. (Elaboración propia).

3.3.8 PREGUNTA N° 8

8) ¿Han presentado algún inconveniente a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	4	15.00
NO	23	85.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 16: Resultados de la pregunta 8. (Elaboración propia).



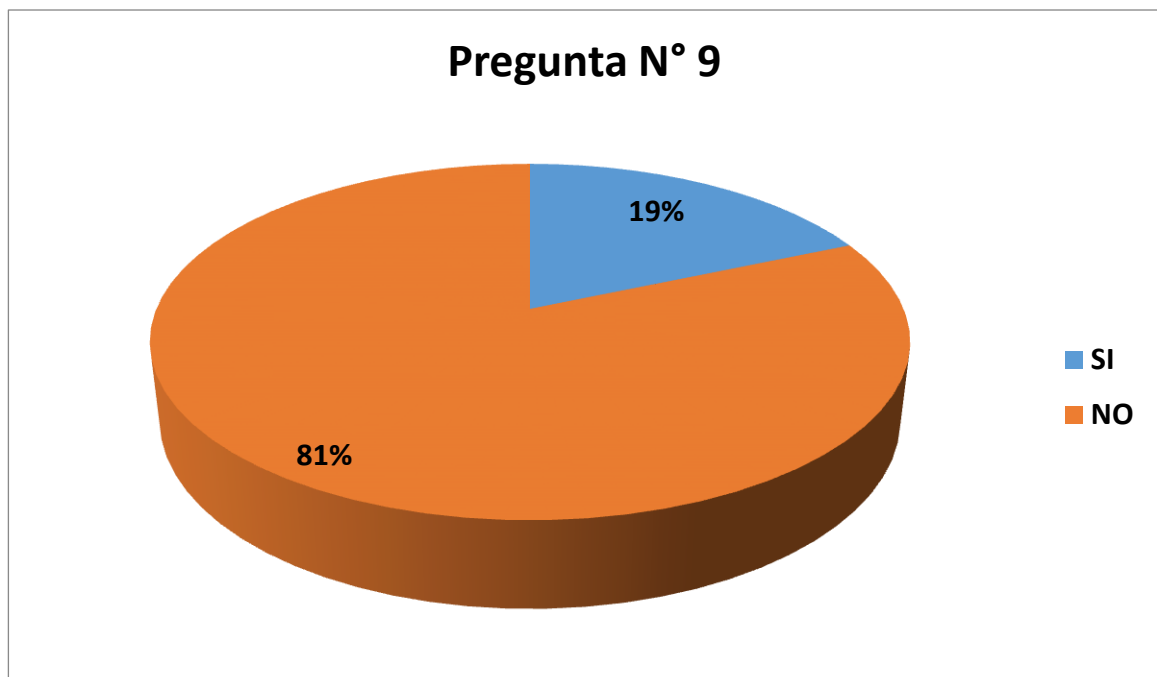
Gráficos 8: Resultados de la pregunta 8. (Elaboración propia).

3.3.9 PREGUNTA N° 9

9) ¿Han presentado daños los elementos del encofrado?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	5	19.00
NO	22	81.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 17: Resultados de la pregunta 9. (Elaboración propia).



Gráficos 9: Resultados de la pregunta 9. (Elaboración propia).

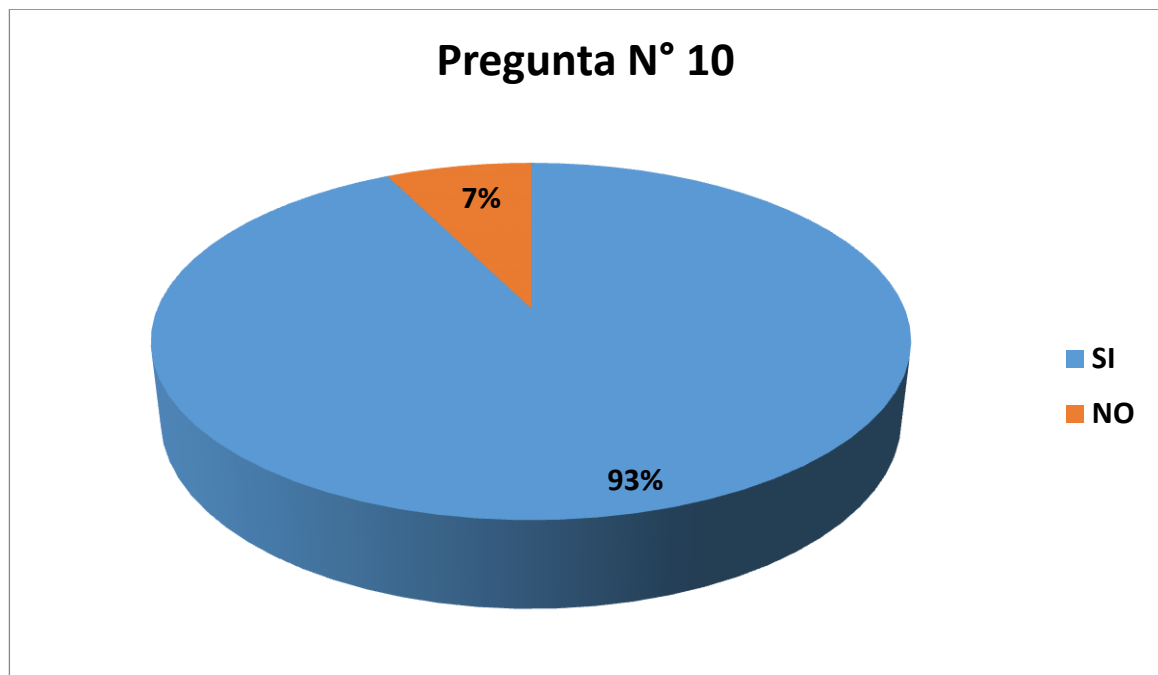


3.3.10 PREGUNTA N° 10

10) ¿Conoce algún proceso correctivo al momento de presentarse un inconveniente en la utilización del encofrado?

ALTERNATIVA	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
SI	25	93.00
NO	2	7.00
TOTAL	27	100.00

Tabla 18: Resultados de la pregunta 10. (Elaboración propia).



Gráficos 10: Resultados de la pregunta 10. (Elaboración propia).



3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los resultados de las encuestas determinan lo siguiente:

- 3.4.1 En la pregunta N°1 se determina que el 22.00 % de la población realiza cálculos estructurales al momento de diseñar los encofrados realizados en su mayoría por el residente o empresas consultoras, mientras que el 78.00% de la población no realizan dichos cálculos o los desconocen, realizando los diseños de encofrados en base a la experiencia de proyectos similares.
- 3.4.2 En la pregunta N°2 se determina que el 15.00 % de la población realiza planos de taller de los encofrados los cuales son realizados por empresas consultoras o ingenieros que conocen sobre el área de estructuras, mientras que el 85.00% de la población no realizaron planos de taller de encofrados y solo utilizan los planos estructurales al momento de elaborar los encofrados.
- 3.4.3 En la pregunta N°3 se determina que el 85.00 % de la población conocen las propiedades y resistencias de los materiales utilizados en el encofrado, mientras que el 15.00 % de la población los desconocen. Esta pregunta cobra mucha importancia al momento de la selección de los materiales más adecuados para elaborar los encofrados.
- 3.4.4 En la pregunta N°4 se determina los tiempos de colocación de los encofrados teniendo la siguiente distribución: el 56.00 % de la población se tarda de 1 a 5 días para la colocación de los encofrados, el 18.00% de la población se tarda de 6 a 10 días y el 26.00% de la población se tarda de 11 a 15 días para dichas colocaciones de los encofrados. Los tiempos invertidos en la elaboración y colocación de encofrados van en función del tipo de estructura y el volumen de obra a encofrar, siendo las columnas los elementos que tardan menos en encofrar y las losas son los elemento que demoran mas tiempo.



- 3.4.5 En la pregunta N°5 se determina que el 93.00 % de la población cuenta con el equipo adecuado para realizar el encofrado, mientras que el 7.00 % de la población no utiliza el equipo adecuado, utilizando otras herramientas que ocasionan daños al encofrado o no los realizan con una buena calidad.
- 3.4.6 En la pregunta N°6 se determina que el 52.00 % de la población utiliza equipo de protección al momento de elaborar los encofrados, mientras que el 48.00% de la población no utilizan equipo de protección adecuado o no utilizan ningún equipo. Se pudo observar que en pequeñas construcciones (casas habitacionales) no se utiliza equipos de protección, pero en obras de mayor magnitud se hace de carácter obligatorio portar el equipo de protección por seguridad industrial.
- 3.4.7 En la pregunta N°7 se determina que persona se encuentra a cargo para elaborar los encofrados teniendo la distribución de la siguiente manera: el 41.00% de la población la persona que elabora el diseño los encofrados es el ingeniero residente, el 15.00% de la población la persona que elabora el diseño los encofrados es el maestro de obra el cual lo hace en base a la experiencia (empirismo), el 26.00% de la población la persona que elabora el diseño los encofrados es el carpintero el cual lo hace en base a la experiencia (empirismo), el 7.00% de la población la persona que elabora el diseño los encofrados es el ingeniero albañil el cual lo hace en base a la experiencia (empirismo) y el 11.00% de la población la instancia que elabora el diseño los encofrados es una empresa consultora especializada en el diseño y elaboración de dichos elementos.

En la pregunta N° 7 podemos concluir que el 52.00 % de la población, el diseño y elaboración de encofrados es realizado por personas e instituciones capacitadas en donde toma en cuenta las propiedades del elemento estructural de concreto que se desea moldear para realizar el molde respectivo, mientras que el 48.00 % de la población, la elaboración de los encofrados es realizado por mano de obra



no capacitadas en el cual sus diseños son basados en la experiencia de construcciones pasadas (empirismo).

- 3.4.8 En la pregunta N°8 se determina que el 15.00 % de la población han presentado inconvenientes a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado, mientras que el 85.00% de la población no han presentado dichos sucesos. Los problemas que se dan a la hora de la elaboración o la colocación del encofrado puede ser de distintas naturalezas, desde la utilización de materiales de mala calidad, procesos constructivos deficientes o imprevistos ambientales que dificultan dicho suceso.
- 3.4.9 En la pregunta N°9 se determina que el 19.00 % de la población han presentado daños los elementos del encofrado, mientras que el 81.00% de la población no han presentado problemas en dichos elementos. Los daños que reflejan los elementos del encofrado son a causa de problemas a la hora de elaborar y/o colocar el encofrado, esto no quiere decir que un problema se convertirá en daños, si se le da una solución oportuna al problema se pueden evitar daños en el encofrado.
- 3.4.10 En la pregunta N°10 se determina que el 93.00 % de la población conocen procesos correctivos al momento de presentarse problemas en la utilización del encofrado, mientras que el 7.00 % de la población desconocen dichos procesos correctivos. Como se mencionaba anteriormente, si se conocen procesos correctivos podemos evitar daños en los encofrados aunque se nos presenten dificultades, la mayoría de personas que laboran en el área de construcción conocen procesos para corregir los problemas.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE MANUAL TECNICO PARA ENCOFRADOS.





4.0 PROPUESTA DE MANUAL TECNICO PARA ENCOFRADOS.

4.1 INTRODUCCION

Dentro del proceso constructivo en una obra civil, la fase de ejecución de las estructuras de concreto supone en plazo, inversión y recursos, una partida importante del total de la obra, por lo tanto el diseño y construcción de encofrados debe considerarse el ahorro en dinero y en tiempo.

La propuesta de un manual técnico para encofrados surge a partir de la elaboración de un diagnóstico realizado en la zona oriental de El Salvador, en donde se realizaron visitas técnicas a proyectos de pequeña y mediana magnitud y se pudo observar que la mayoría de encofrados utilizados carecen del respectivo diseño y planos de taller, es llevado a cabo muchas veces por mano de obra no calificada dejando en manos del empirismo la ejecución de los mismos, añadiendo la mala calidad de los materiales utilizados y procesos constructivos deficientes, originan daños en los encofrados o aun peor, daños en las estructuras de concreto.

Es por ello, que se propone realizar un documento que contenga información acerca del diseño y elaboración de encofrados con los materiales utilizados actualmente para los distintos tipos de estructuras de concreto en edificaciones tomados en las condiciones establecidas en el diagnóstico previo y con la finalidad que un profesional que labora en dicha área pueda realizar un diseño de encofrado de manera eficiente y segura en base a la norma ACI¹ – 347 (Guide to Formwork for Concrete²).

Para evitar confusiones en el uso de unidades al momento de realizar el diseño de los encofrados, se tratara la manera de trabajar con el sistema internacional, debido a que las dimensiones de los elementos estructurales de concreto en el país se utilizan dicho sistema pero se indicara las conversiones necesarias y se facilitara la comprensión del diseño.

¹ American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

² Guía de formaletas para concreto.



4.2 GENERALIDADES

Los encofrados son utilizados para darle la forma a las estructuras de concreto y son los que se encargan de resistir la presión hasta que este alcance la resistencia requerida. Si bien la mayoría de pequeñas y medianas construcciones emplean moldes de madera, en construcciones de mayor magnitud se van implementando el sistema mixto, los cuales pueden ser metálicos o de madera contrachapada de media o alta densidad, esto se debe a que estos tipos de moldes tienen medidas exactas, son de rápido montaje y posee una mayor cantidad de usos, lo cuales significan economía y tiempos de ahorro además de dejar una superficie con una textura uniforme en el concreto.

Aunque el fin último de todos los encofrados es el mismo, hay grandes diferencias entre unos y otros, y esto permite llevar a cabo diferentes clasificaciones en función de su material, su modo uso, en lugar donde se utilizan, pudiéndose emplear directamente en obra o no, del número de usos y de su disposición.

El encofrado ofrece la facilidad de darle al concreto la forma proyectada proveyendo su estabilidad como concreto fresco, asegurando la protección y la correcta colocación como armaduras. Entre otras funciones están las de proteger al concreto de golpes, de las temperaturas externas y de la pérdida de agua.

Definiciones.

Andamio: Armazón de tablonos o vigas para colocarse encima de él y trabajar en la construcción o reparación de edificaciones.

Carga muerta: Carga vertical aplicada sobre una estructura que incluye el peso de la misma estructura más la de los elementos permanentes (por su propio peso).

Carga viva: Carga externa movable sobre una estructura que incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc., que actúa verticalmente.



Columna: Elemento estructural vertical de soporte con sección circular o rectangular que recibe la carga según la dirección de sus ejes longitudinales.

Concreto: Material de construcción formado por una mezcla de Cemento, Áridos (Arena y Grava), Agua y algunos Aditivo en determinadas proporciones.

Cuartón: Elemento estructural de madera cuando su espesor y ancho son del mismo tamaño.

Deflexión: Se considera como la respuesta estructural que responde a una acción de cargas aplicadas (muertas, sismos, entre otras).

Elemento prefabricado: Elementos o piezas que han sido fabricados en serie para facilitar el montaje o construcción en el lugar de destino.

Encofrado: Sistema de moldes temporales o permanentes que se utiliza para darle forma al concreto antes de fraguar.

Esfuerzo cortante: Esfuerzo interno resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un elemento estructural.

Flexión: Tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Losa: Estructura plana horizontal de concreto reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta.

Módulo de elasticidad: Parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico según la dirección en que se aplica una fuerza.

Pared de concreto: Elemento estructural que limita un espacio de construcción, su forma suele ser prismática y sus dimensiones horizontales y verticales son mayores que su espesor.

Plano de taller: Plano de un objeto o estructura que tiene todas las medidas y especificaciones necesarias para llevar a cabo su fabricación.



Plyform: Madera contrachapada de media (MDO) o alta (HDO) densidad, utilizado generalmente para encofrados.

Plywood: Tablero elaborado con fina chapa de madera pegada con las fibras transversales unas sobre otras que mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero.

Tensor: Elemento estructural sometido a esfuerzos de tracción axial, fuerzas aplicadas en el eje del elemento.

Viga: Elemento estructural rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que están sometidos hacia los elementos de apoyo.

Zapata: Cimentación que puede ser empleada en terrenos homogéneos y de resistencia a compresión media o alta. Consiste en un elemento estructural en forma de prisma hecha de concreto.

4.3 CRITERIOS BASICOS DEL DISEÑO EN LOS ENCOFRADOS

4.3.1 ECONOMÍA EN ENCOFRADOS

En el diseño y construcción de encofrados, debe considerarse el ahorro en dinero y tiempo. De allí la importancia del aspecto económico, debido que en la mayoría de los casos, el costo de encofrados varían entre el 30% y 60% del costo total de las partidas de concreto estructural, y en algunas obras puede ser más caro que el concreto y acero juntos. Al evaluar el aspecto económico es importante no descuidar la calidad y seguridad de estos, si son sobre diseñados afecta directamente a la economía del proyecto, pero en caso contrario podría afectar la seguridad no solo de la obra en si ya que podría cobrar vidas de obreros que laboran en la construcción. Si los moldes no producen la superficie de acabado especificada puede incurrir en gastos de mano de obra y materiales o hasta la demolición del elemento, lo cual indica la importancia de la buena calidad de costos.



Otro aspecto a considerar para no afectar la economía, es estudiar las posibles alternativas, considerando los tipos de materiales a usar o las posibles combinaciones de materiales fabricados en la obra, como los elementos prefabricados.

4.3.2 SEGURIDAD DE ENCOFRADOS

En todo tipo de diseño de elementos estructurales, se tiene como prioridad la seguridad de estos, es por eso que los encofrados deben prepararse para que sean seguros, para soportar así las cargas a las que les somete durante el periodo de uso.

La seguridad de los encofrados dependerá de la calidad de los materiales que se utilicen para su construcción, así como el diseño estructural de estos y la calidad de mano de obra.

4.3.3 CALIDAD DE LOS ENCOFRADOS

Al diseñar y construir un encofrado se pretende que este sea funcional; pero la calidad dependerá del acabado que se desea. Al desencofrar un elemento podemos obtener dos tipos de acabados:

- a) **Concreto arquitectónico:** En este caso la apariencia del elemento será la que se obtenga después de desencofrar; se hace necesario un encofrado de mucha calidad, por ejemplo encofrados elaborados de plywood, plyform, etc.
- b) **Concreto no arquitectónico:** El acabado final de estos elementos se hace después de desencofrar, por lo que no es necesario un molde de mucha calidad, en cuanto a apariencia y acabado se refiere.

4.3.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE ENCOFRADOS A CONSIDERAR

A continuación se presentan las ecuaciones que servirán para el análisis de los encofrados:

$A_n = \text{Área neta de la sección transversal del miembro en cm}^2$ (Área Total menos el área proyectada del material eliminando los miembros de unión).



$F't$ = Esfuerzo permisible en compresión (kg/cm^2).

$F'a$ = Esfuerzo permisible aplicado en fuerza axial (kg/cm^2).

P = Fuerza axial en tensión o compresión (kg).

f_a = Esfuerzo de trabajo en tensión o compresión (kg/cm^2)

f_b = Esfuerzo de trabajo en tensión o compresión por flexión (kg/cm^2).

$F'v$ = Esfuerzo admisible en cortante (kg/cm^2).

f_v = Esfuerzo de trabajo cortante (kg/cm^2).

$F'b$ = Esfuerzo admisible por flexión (kg/cm^2).

Diseño por fuerza axial

Por lo general los únicos elementos que están sometidos a carga axial en los encofrados son los apuntalamientos, ya que son los encargados de soportar cargas laterales, peso propio del molde y transmitir estas cargas al piso.

Para el caso de elementos que están sometidos a tensión o compresión Axial, el esfuerzo de trabajo viene dado por:

Tensión Axial: $f_a = \frac{p}{An} \leq F't$

Compresión Axial: $f_a = \frac{p}{An} \leq f_a = \frac{0.3 E}{\left(\frac{kl}{d}\right)^2} \leq F'a$. Dónde:

L = Longitud libre de pandeo en miembros a compresión (cm).

E = Módulo de elasticidad de la madera (kg/cm^2).

k = Factor de esbeltez (Ver tabla 18).

d = Peralte de la sección.

kl/d = tomada en la dirección más desfavorable.



Condiciones de apoyo en los extremos del elemento	K
Dos extremos fijos; sin desplazamiento lateral	0.65
Un extremo fijo y otro articulado; sin desplazamiento lateral	0.80
Dos extremos fijos; con desplazamiento lateral	1.20
Dos extremos articulados; sin desplazamiento lateral	1.00
Un extremo fijo y otro libre	2.00

Tabla 19: Valores de k: Factor de esbeltez. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

Diseño por flexión

Estos diseños se basaran en esfuerzos de flexión para la madera que esté utilizando.

$$fb = \frac{Mc}{I} \leq F'b$$

Dónde:

M = Momento flector máximo (kg-cm).

I = Momento de inercia de la sección transversal (cm⁴).

C = La distancia del eje neutro de la sección a las fibras más alejadas (cm).

Diseño por deflexión

Los encofrados se diseñan para que no deflecten más allá de los límites prescritos ya que pueden dañar el acabado final y la textura del elemento encofrado.

La magnitud de la deflexión dependerá del acabado así como su localización y esta deberá estar de acuerdo a los límites de desviación que deben ser permitidos.

$$\delta = \frac{L}{270} ; \text{ Cuando estas no afectan elementos estructurales.}$$

$$\delta = \frac{L}{480} ; \text{ Cuando se afectan elementos estructurales.}$$



Diseño por cortante

La máxima fuerza de cortante horizontal de una viga rectangular de madera, se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{3v}{2bh}$$

Dónde:

v = Esfuerzo cortante por flexión (kg/cm^2).

V = $wl/2$; Máxima fuerza cortante por flexión (kg).

bh = sección transversal del elemento en cm. (ancho y alto de la viga respectivamente).

La tabla 19 muestra los valores de los esfuerzos permisibles en maderas latifolias y coníferas que establece el reglamento de diseño sísmico de la Republica de El Salvador.

Siendo las coníferas la utilizadas en la construcción de encofrados.

Flexión	F ^b	100
Tensión paralela a la fibra	F ^t	70
Compresión paralela a la fibra	F ^c	80
Compresión perpendicular a la fibra	F ⁿ	40
Cortante paralelo a la fibra	F ^v	10

Tabla 20: Esfuerzos permisibles de la madera conífera en Kg/cm^2 y $\text{CH}^3 < 18\%$. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

³ Dónde: CH = Contenido de Humedad de la madera



4.3.5 METODOLOGIA DE CÁLCULO Y DISEÑO DE ENCOFRADOS

El diseño de los encofrados involucra ciertas variables importantes mencionadas anteriormente

- Altura de vaciado del concreto.
- Temperatura del concreto.
- Velocidad de Colado.
- Módulo de elasticidad de los materiales
- Propiedades mecánicas de los materiales (Flexión, Corte y Deflexión).

Existen muchos diseños de moldes de encofrados para los diferentes elementos estructurales, los cuales por no ser diseñados adecuadamente se les coloca más madera de la necesaria y en otras ocasiones menos produciendo fallas, lo que significa pérdidas económicas.

El concepto de encofrados económicos que se aplicará a continuación consiste en tomar los diseños de moldes más simples y sencillos que involucren la mínima cantidad de materiales para su fabricación y que sean funcionales, a los cuales, para minimizar aún más su costo se diseñara de acuerdo a los siguientes factores:

- Presión del Concreto.
- Revisión por flexión.
- Revisión por cortante.
- Revisión por deflexión.
- Revisión por carga axial.

De acuerdo a lo anterior se determinará la cantidad mínima necesaria de materiales que este diseño sea funcional y económico. La forma de lograr esto es calculando la separación máxima necesaria entre los elementos del encofrado, para que este no falle.



Entre los diseños de encofrados que se elaborarán están los moldes de columnas, losas, vigas, paredes y fundaciones, a los cuales se aplicará la metodología descrita anteriormente.

Revisión por flexión.

Cuando el elemento sometido a carga se comporta elásticamente, el máximo esfuerzo de tensión y compresión por flexión viene dado por:

$$f_b = \frac{Mc}{I} ; M = \frac{wl^2}{10} \text{ (Máximo momento Flector).}$$

Y según la tabla 19 del reglamento de diseño sísmico de el Salvador, el esfuerzo permisible por flexión para madera conífera tiene un valor de 100 (kg/cm²) (F_b). El módulo de sección de una sección rectangular $S = I/C$, tiene un valor de $S = 1/6 bh^2$.

Sustituyendo M, F_b y S en la formula anterior y despejando L, tenemos la separación máxima para que la sección no falle por flexión

$$L = 12.9 h \sqrt{\frac{b}{w}}$$

Dónde:

L = Separación máxima entre Refuerzos.

B y h = Altura de la sección transversal del refuerzo.

W = Carga sobre refuerzo.

Revisión por cortante

Para una sección rectangular el esfuerzo de corte viene dado por:

$$V = \frac{3v}{2bh}$$



En donde el cortante máximo es igual a $WL / 2$ y según la tabla 19, el esfuerzo permisible por corte para madera conífera es de $10 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$. Sustituyendo V y el esfuerzo cortante permisible en la expresión anterior tenemos que:

$$L = \frac{13.33 bh}{W}$$

Revisión por deflexión

Para un elemento sometido a flexión por una carga W , se ve deformada en cierta medida (Deflexión) la cual se puede calcular de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{wl^4}{145 EI} \text{ Para una viga de más de 3 claros.}$$

La expresión anterior tiene que ser menor por lo menos igual, a la deflexión máxima permitida $\delta = \frac{L}{270}$ igualando ambas y despejando “L” tenemos:

$$L = 0.36 h^3 \sqrt{\frac{bE}{w}}$$

Dónde:

L = Separación Máxima entre refuerzos.

E = Módulo de elasticidad de la madera.

Revisión por carga axial

Los elementos que generalmente soportan carga axial son los puntales (Compresión axial paralela a la fibra), por lo que se revisan contra el pandeo, el que dependerá de la sección y de la longitud no arriostrada (L) entre los extremos de apoyo de estos:

$$f_a = \frac{p}{An} \leq f_a = \frac{0.3 E}{\left(\frac{kl}{d}\right)^2} \leq F_a$$



La carga sobre el puntal p se calcula de la siguiente forma:

$$P = 1.2 WL$$

En el caso que el puntal no cumpla con la deflexión establecida se tendrá que disminuir la longitud colocándole arriostramiento a ciertas distancias determinadas.

De las revisiones anteriores, los elementos que se vean sometidos a flexión se les revisará la separación “L” por flexión, corte y deflexión no así carga axial.

Específicamente los puntales serán los únicos elementos que tendrán por revisión solo el pandero que puedan sufrir carga axial.

Para los elementos que sufren flexión se determinaron separaciones mínimas entre apoyos para los casos (Flexión, cortante y Deflexión), de las cuales la longitud o separación a elegir será la menor de ellas

4.4 FACTORES QUE SE TOMAN EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE ENCOFRADOS

Los encofrados deberían soportar las cargas que se le apliquen hasta que el concreto adquiriera la resistencia necesaria de diseño, por eso el molde debe cubrir dos aspectos de gran importancia:

- a) Resistencia
- b) Limitación por deformación

La resistencia para que el molde soporte las cargas cuando se efectuó el colado y la deformación, por el aspecto que tendría el elemento encofrado una vez fraguado.

El primer paso para proceder al diseño del molde debe ser la determinación de las cargas a que estarán sometidos. No se ha podido determinar con exactitud en lo que se refiere al valor y la aplicación de estas cargas, pero existe una reglamentación para ello, que es el nuevo "Reglamento de Diseño Sísmico de la Republica de El Salvador".



Las cargas más importantes que actúan sobre el molde son las siguientes:

- a) Cargas Verticales.
- b) Presión del Concreto.
- c) Presión lateral en el concreto.

4.4.1 CARGAS VERTICALES

Entre las cargas verticales más importantes están el peso del concreto, el peso propio del molde y las cargas vivas.

- ✓ **PESO DEL CONCRETO:** El peso del concreto es la carga vertical más importante de las que actúan en el encofrado. Como peso volumétrico del concreto, se acepta el de $2,400 \text{ kg/m}^3$, este valor incluye el peso del refuerzo de acero.
- ✓ **PESO PROPIO DEL MOLDE:** Si las cargas del concreto son grandes se podría despreciar en su totalidad. Esta carga es variable dependiendo del tipo de molde, pero puede tomarse un valor de $50 - 100 \text{ kg/m}^2$.
- ✓ **CARGA VIVA:** La carga viva se debe fundamentalmente al peso de los obreros que van a trabajar mientras se está efectuando el colado, así como el equipo necesario para efectuar el transporte del concreto. Para el caso de la carga viva el ACI-347 establece una carga viva de 245 kg/m^2 .

Las cargas verticales que se han mencionado son las más importantes; pero además de ellas habrá que considerar cualquier otra carga que actué sobre el encofrado y su valor considerable.

4.4.2 PRESION DEL CONCRETO

En el momento en que se efectúa el colado del concreto, este ejerce una presión lateral sobre el molde. Esta fuerza es máxima en el momento de iniciar el colado, y es nulo en cuanto fragua el concreto, aunque este no haya alcanzado la resistencia de diseño.



Esta fuerza se origina debido a que el concreto en su forma inicial es material plástico, comportándose en esta etapa como un fluido y ejerciendo sobre la pared del molde una presión semejante a la hidrostática.

La determinación de la presión real que ejerce el concreto ha sido un tema muy estudiado y que no ha llegado a establecerse en forma precisa debido a que está afectado por muchos factores y los que actúan de una forma más importante son los siguientes:

1. Componentes del concreto.
2. Ejecución del colado.
3. Temperatura del concreto.

4.4.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

Influyen todos los elementos que intervienen en el concreto.

La relación agua-cemento: es un elemento del concreto y es evidente que influye de alguna manera ya que a mayor valor de esta relación, la variación de la presión del concreto se parecerá más a una presión hidrostática.

Se puede decir que la relación agua-cemento equivale en gran parte el revenimiento del concreto o viceversa, el valor del revenimiento en la mayoría de análisis se desprecia ya que influye muy poco en el valor de la presión total.

La granulometría del concreto: tiene gran influencia en la presión resultante debido a que esta afecta la densidad del concreto, el cual tiene un peso volumétrico de 150 lb/pie³ o 2400 kg/m³.

Las características de la pasta o mortero: afecta la presión del concreto en forma parecida a lo mencionado anteriormente. Un concreto de fraguado rígido hará que el fraguado inicial se presenta antes que el caso de un concreto de tipo normal y por tanto la presión se ejercerá durante un tiempo menor.

Un caso importante que hay que tomar en cuenta es cuando un aditivo sea expansivo, las presiones del concreto pueden llegar a aumentar hasta un 50%.



4.4.2.2 EJECUCION DEL COLADO

Este es uno de los factores más importantes que afectan las fuerzas transmitidas por el concreto. Una colocación inadecuada puede producir la falla en el molde. Así, un vaciado de una altura relativamente grande incrementara apreciablemente la presión del concreto; pero los elementos más importantes que influyen son:

- a) Altura de colado.
- b) Velocidad del colado.
- c) Vibrado del concreto durante el colado.

Altura de colado:

Este valor es el que influye más directamente en la presión, ya que el concreto puede comportarse como un fluido, y la presión depende de la densidad de este, como de la profundidad debido a esta relación de altura y densidad que hay en la presión, se establece el espesor del concreto no influye en la presión del mismo.

Velocidad de colado:

La velocidad de colado debe tomarse en cuenta ya que cuando mayor sea esta, mayor será la presión en las partes inferiores del molde, si el concreto no ha comenzado a fraguar.

Vibrado del concreto durante el colado:

El vibrado produce en el concreto una consolidación de los materiales, pero momentáneamente hace que este se comporte como un fluido en la zona alrededor del vibrador, lo que provoca un aumento de presión que puede ser hasta de un 20%.

4.2.2.3 TEMPERATURA DEL CONCRETO

La temperatura afecta en forma importante la fuerza ejercida por el concreto. A bajas temperaturas el concreto tarda más en fraguar y por lo tanto da lugar a que este alcance cierta altura antes de fraguar. Esto se traduce en un incremento de presión, lo contrario ocurre con un aumento de temperatura.



4.4.3 PRESION LATERAL EN EL CONCRETO

El encofrado debe ser diseñado para la presión lateral del concreto recién colocado.

Presión lateral del concreto:

$$P_{max} = wh \text{ (KPa)}, \text{ donde:}$$

P_{max} = presión lateral del concreto (kPa, kN/m²).

w = peso unitario del concreto (kN/m³).

h = profundidad de colocación del concreto (m).

Las características de ajuste de una mezcla deben entenderse y el uso de la velocidad de colocación, el nivel de concreto fluido puede ser determinado.

Para las columnas u otras formas que pueden ser llenadas rápidamente antes de que el concreto alcance su rigidez, “ h ” debe ser tomado como la altura completa o la distancia entre las juntas de construcción horizontales en la colocación del concreto a realizar.

Densidad del Concreto (kg/m ³)	C_w
Menor que 2,240 Kg/m ³	$0.5[1+(w/2,320 \text{ Kg/m}^3)]$, no menor que 0.80
2,240 Kg/m ³ hasta 2,400 Kg/m ³	1.0
Más de 2,400 Kg/m ³	$w/2,320 \text{ Kg/m}^3$

Tabla 21: Coeficiente de peso unitario del concreto C_w . (ACI 347 - Guide to Formwork for Concrete).



Tipo de cemento o combinación	C _c
I,II y III sin retardadores	1.0
I,II y III con retardadores	1.2
Otros tipos de combinaciones que contienen menos del 70% de escoria o 40% de ceniza volante sin retardadores	1.2
Otros tipos de combinaciones que contienen menos del 70% de escoria o 40% de ceniza volante con retardadores	1.4
Combinaciones que contienen más del 70% de escoria o 40% de ceniza volante	1.4

Tabla 22: Coeficiente químico del concreto C_c. (ACI 347 - Guide to Formwork for Concrete).

Para concreto que tiene un asentamiento de 175mm o menor y colocado con vibración interna en espesores de 1.2m o menos, el encofrado debe ser diseñado para soportar una presión lateral igual a:

En columnas:

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{785 R}{(T + 17.8)} \right)$$

Dónde:

P_m = Presión máxima que el concreto ejerce sobre el molde (kPa, kN/m²).

R = Velocidad de colado (metro/hora).

T = Temperatura del concreto (°C).

Con un mínimo de 30C_w (kPa, kN/m²), pero no mayor que wh.

En paredes:

Con una velocidad de colado menor de 2.1 m/h y colocado en alturas que no exceden 4.2m.

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{785 R}{(T + 17.8)} \right)$$

- Con un mínimo de 30C_w (kPa), pero no mayor que wh.

Con una velocidad de colado menor de 2.1 m/h y colocado en alturas que exceden 4.2m y para todos los muros con velocidad de colado entre 2.1 y 4.5 m/h.

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{1,156}{(T + 17.8)} + \frac{244 R}{(T + 17.8)} \right)$$

- Con un mínimo de $30C_w$ (kPa), pero no mayor que wh .

La diferencia entre las fórmulas de presión máxima de paredes y columnas se debe a que las columnas tienen menor sección y por lo tanto la velocidad de colado es mayor que en el caso de una pared lo cual significa que se desarrollaran presiones importantes antes de iniciar el fraguado del concreto.

Para efectos de cálculo la variación de la presión lateral con la profundidad se puede representar esquemáticamente tal como lo indica la siguiente figura:

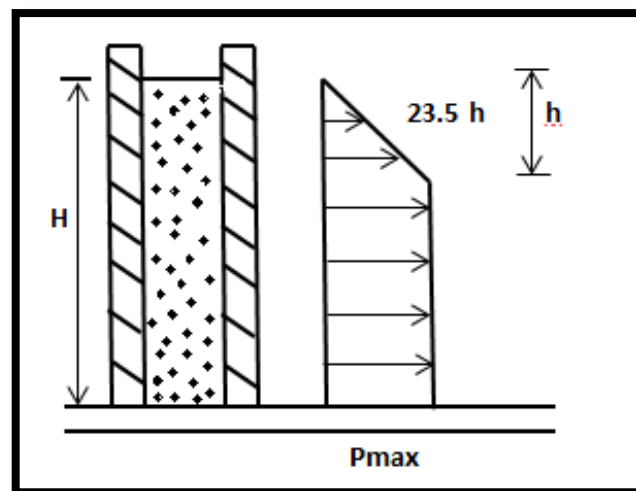
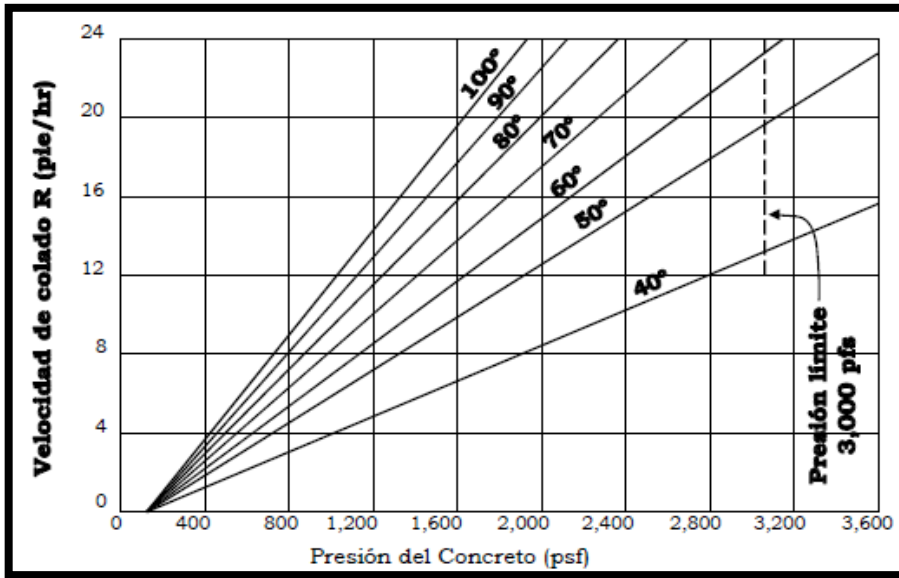


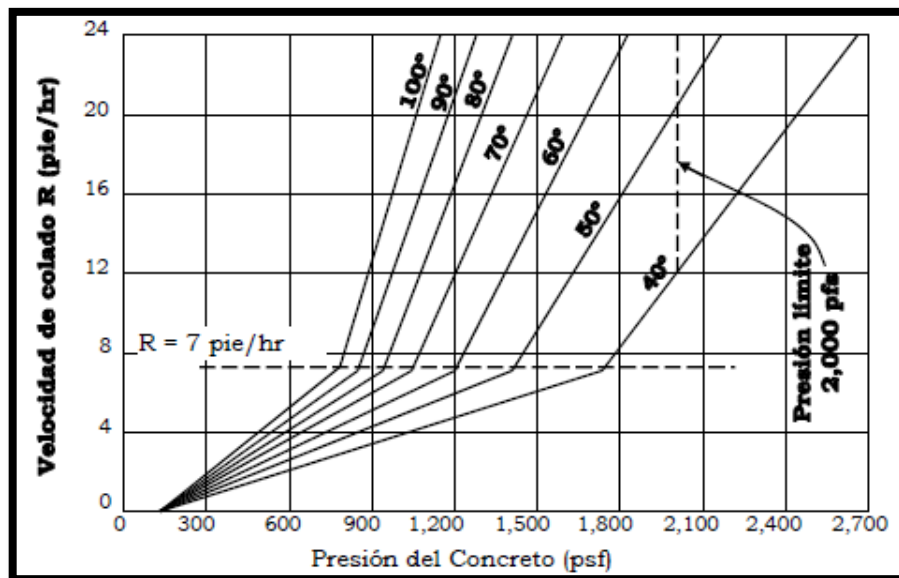
Figura 40: Distribución de presiones. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

La figura 40 muestra la relación entre la velocidad de colado en paredes; máxima presión y la temperatura del concreto y las gráficas 11 y 12 ilustran la relación entre la velocidad de colado en columnas y paredes, máxima presión y temperatura del concreto; las dos graficas están basadas en las formulas del ACI. (Sistema Ingles).

Las tablas 23 y 24 se muestran la relación entre la velocidad del colado, máxima presión y la temperatura de columnas y paredes respectivamente.



Gráfica 11: Relación entre velocidad de colado en columnas, máxima presión y temperatura. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).



Gráfica 12: Relación entre velocidad de colado en paredes, máxima presión y temperatura. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).



VELOCIDAD DEL COLADO (m/hr)	MAXIMA PRESION DEL CONCRETO KN/m ²						
	TEMPERATURA °C						
	4.45	10	15.5	21.11	26.66	32.2	37.78
0.3	17.95	15.79	14.42	13.34	12.55	11.96	11.47
0.61	28.73	24.42	21.57	19.61	17.95	16.77	15.79
0.91	39.52	33.05	28.73	25.69	23.34	21.57	20.10
1.22	50.31	41.68	35.99	31.87	28.73	26.38	24.42
1.52	61.10	50.31	43.15	38.05	34.13	31.19	28.73
1.83	71.98	58.94	50.31	44.13	39.52	35.99	33.05
2.13	82.77	67.67	57.57	50.31	44.91	40.80	37.36
2.44	93.56	76.30	64.72	56.58	50.31	45.60	41.68
2.74	104.34	84.93	71.98	62.66	55.70	50.31	45.99
3.05	115.13	93.56	79.14	68.76	61.10	55.11	50.31
3.66	136.70	110.82	93.56	81.20	71.98	64.72	58.94
4.57	169.07	136.70	115.13	100.30	88.06	79.14	71.98
6.61	223.00	179.85	151.02	130.53	115.13	103.07	93.56

Tabla 23: Relación entre la velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en columnas. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

VELOCIDAD DEL COLADO (m/hr)	MAXIMA PRESION DEL CONCRETO KN/m ²						
	TEMPERATURA °C						
	4.45	10	15.5	21.11	26.66	32.2	37.78
0.3	17.95	15.79	14.42	13.34	12.55	11.96	11.47
0.61	28.73	24.42	21.57	19.61	17.95	16.77	15.79
0.91	39.52	33.05	28.73	25.69	23.34	21.57	20.10
1.22	50.31	41.68	35.99	31.87	28.73	26.38	24.42
1.52	61.10	50.31	43.15	38.05	34.13	31.19	28.73
1.83	71.98	58.94	50.31	44.13	39.52	35.99	33.05
2.13	82.77	67.67	57.57	50.31	44.72	40.80	37.36
2.44	86.00	70.31	59.72	52.27	46.58	42.07	38.74
2.74	89.44	72.96	61.98	54.23	48.25	43.74	40.11
3.05	92.77	75.71	64.23	56.09	50.01	45.21	41.48
4.57	104.74	89.14	75.41	65.70	58.35	52.66	48.15
6.1	126.41	102.58	86.59	75.32	66.78	60.11	54.82

Tabla 24: Relación entre la velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en paredes. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).



Ejemplo 1

La formaleta de una columna de 4.5 metros de alto puede ser colado a $R = 3.05$ m/hora cuando la temperatura es de 21.11 °C. Calcular el diagrama de presiones que le ejercerá el concreto a la columna. Considerar densidad del concreto de $2,400$ Kg/m³ y cemento tipo I (sin retardantes).

Solución:

$$R = 3.05 \text{ m/hora}$$

$$T = 21.11^\circ\text{C}$$

1er. Método:

✓ Usando la fórmula de Presión Máxima del Concreto en Columnas

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{785 R}{(T + 17.8)} \right)$$

$$P_m = (1.0)(1.0) \left(7.2 + \frac{785 \times 3.05 \text{ metros/h}}{(21.11 + 17.8)} \right)$$

$$P_m = (1.0)(7.2 + 61.53)$$

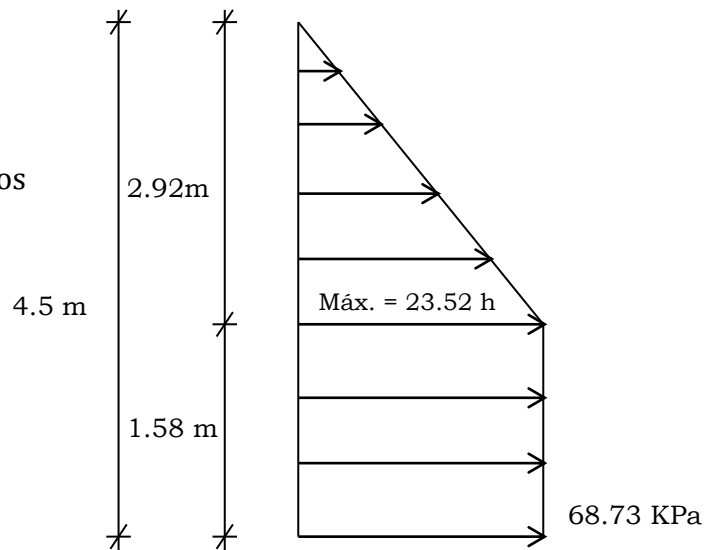
$$P_m = 68.73 \text{ KPa}$$

$$P_m = 68.73 \text{ KPa} < P_m \text{ máx. ok!}$$

$$P_m \text{ máx} = wh = (23.52 \text{ KN/m}^3)(4.5 \text{ metros}) = 105.84 \text{ KN/m}^2 \text{ (no gobierna)}$$

¿A qué altura gobierna wh?

$$h = \frac{68.73 \text{ KN/m}^2}{23.52 \text{ KN/m}^3} = 2.92 \text{ metros}$$





2do. Método:

- ✓ Usando tabla de Relación entre la velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en columnas. (Tabla 23).

Máxima presión del concreto KPa

$$\text{Si } R = 3.05 \frac{m}{\text{hora}} \text{ y } T = 21.11^{\circ}\text{C} \Rightarrow P_m = 68.76 \text{ KPa} < P_m \text{ máx. (105.84 KPa) ok}$$

Ejemplo 2

La formaleta de una pared de 4.5 metros de alto puede ser colado a $R = 3.05$ m/hora cuando la temperatura es de 15.56°C . Calcular el diagrama de presiones que le ejercerá el concreto a la formaleta. Considerar densidad del concreto de $2,400 \text{ Kg/m}^3$ y cemento tipo I (sin retardantes)

Solución:

$$R = 3.05 \text{ m/hora}$$

$$T = 15.56^{\circ}\text{C}$$

1er. Método:

- ✓ Usando la fórmula de Presión Máxima del Concreto en Paredes

Con una velocidad de colado menor de 2.1 m/h y colocado en alturas que exceden 4.2m y para todos los muros con velocidad de colado entre 2.1 y 4.5 m/h.

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{1,156}{(T + 17.8)} + \frac{244 R}{(T + 17.8)} \right)$$
$$P_m = (1.0)(1.0) \left(7.2 + \frac{1,156}{(15.56^{\circ}\text{C} + 17.8)} + \frac{244 \times 3.05 \text{ m/hora}}{(15.56^{\circ}\text{C} + 17.8)} \right)$$

$$P_m = (1.0)(7.2 + 34.6523 + 22.3081)$$

$$P_m = 64.16 \text{ KPa}$$

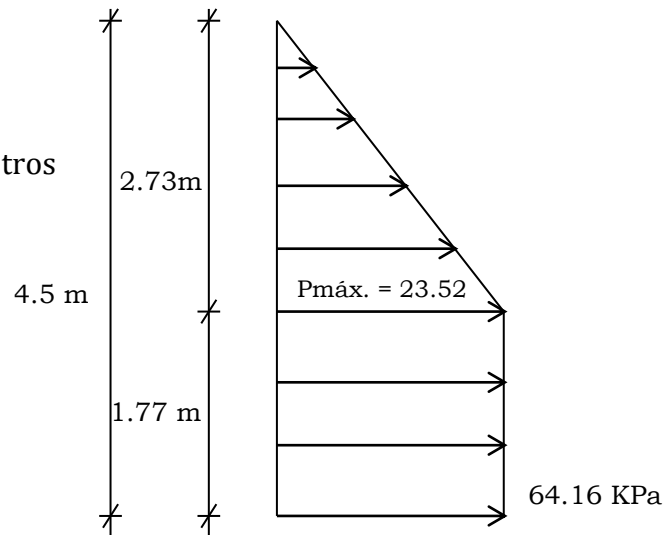
$$P_m = 64.16 \text{ KPa} < P_m \text{ máx. ok!}$$

$$P_m \text{ máx} = wh = (23.52 \text{ KN/m}^3)(4.5 \text{ metros}) = 105.84 \text{ KN/m}^2 \text{ (no gobierna)}$$



¿A qué altura gobierna wh ?

$$h = \frac{64.14 \text{ KN/m}^2}{23.52 \text{ KN/m}^3} = 2.73 \text{ metros}$$



2do. Método:

- ✓ Usando tabla de Relación entre la velocidad de colado (R), máxima presión y temperatura en paredes. (Tabla 24).

Máxima presión del concreto KPa

$$\text{Si } R = 3.05 \frac{\text{m}}{\text{hora}} \text{ y } T = 15.56^\circ\text{C} \Rightarrow P_m = 64.23 \text{ KPa} < P_m \text{ máx. (105.84 KPa) ok}$$

4.5 ENCOFRADOS PARA COLUMNAS

4.5.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Calcular presión del concreto:

Se determina la presión que el concreto ejerce sobre el molde, la cual se obtiene mediante varios factores conocidos ya determinados anteriormente y se calcula de la siguiente forma:

- $P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{785 R}{(T+17.8)} \right)$ (KPa)
- $P_m = 144.2 \text{ KPa}$
- $P_m = 23.52 H \text{ KPa}$

El valor que gobernara para P_m será el menor que se obtenga de comparar los literales

a), b) y c), pero nunca deberá ser menor de 30.0 KPa/m²

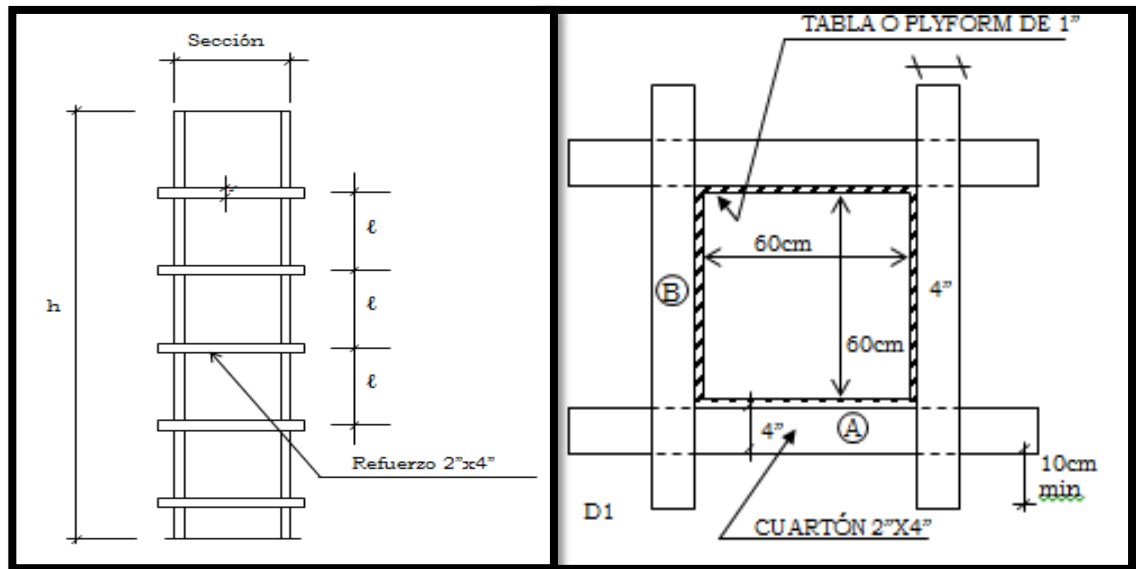


Figura 41: Diseño de encofrado en columnas. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

Calculo de la separación vertical del cuartón 2” x 4” que sostiene la tabla.

Ya conocida la presión máxima que ejerce el concreto sobre el molde tendrá que diseñarse de tal forma que sea capaz de resistirla. Entre los parámetros más importantes esta la separación de los refuerzos que sostiene a la tabla o plywood de 1”, la cual tiene que cumplir con las limitaciones de flexión, corte y deflexión, los cuales se determinan así:

a) **Flexión:** $L_1 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{bh^2}{W_1}\right)}$

b) **Corte:** $L_1 = \frac{13.33bh}{W_1}$

c) **Deflexión:** $L_1 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{bE}{W_1}\right)}$

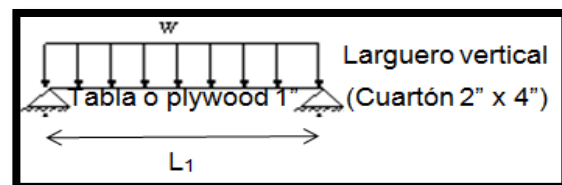


Figura 42: Carga distribuida en la tabla o plywood.

Nota: Se elige la menor de las tres (L_1) como separación máxima entre apoyos. Para este caso los apoyos son los cuartones de 2” x 4” que están sosteniendo la tabla.

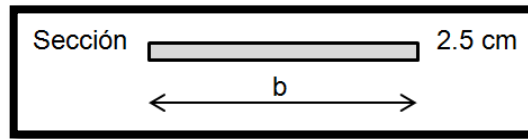


Figura 43: Sección de la tabla o plywood.

Revisión de la separación del cuartón 2” x 4” en el sentido horizontal (sección desfavorable)

a) Flexión: $L_1 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{bh^2}{W_2}\right)}$

b) Corte: $L_1 = \frac{13.33bh}{W_2}$

c) Deflexión: $L_1 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{bE}{W_2}\right)}$

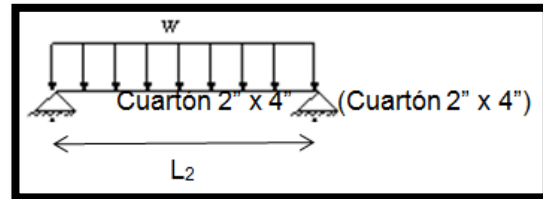


Figura 44: Carga distribuida en cuartón.

Nota: Los valores de sección (b,h) son las dimensiones para este caso del cuartón 2”x 4”.

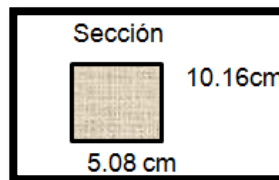
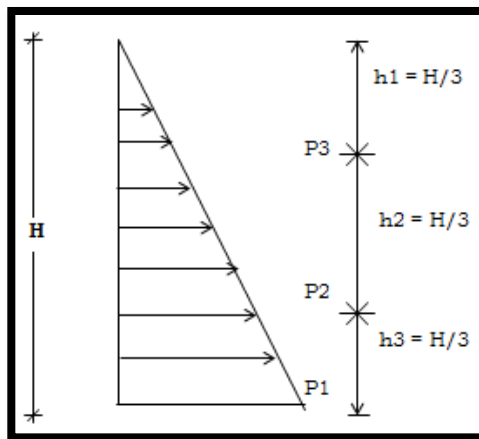


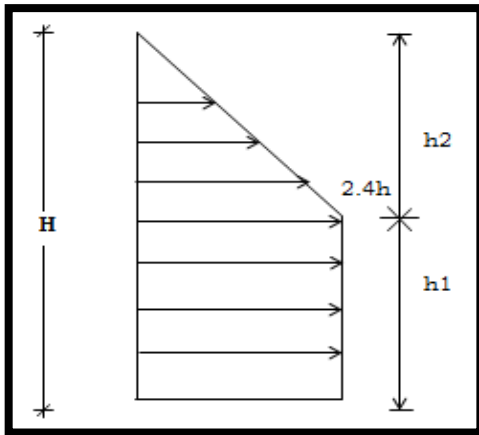
Figura 45: Sección del cuartón 2” x 4”.

Consideraciones



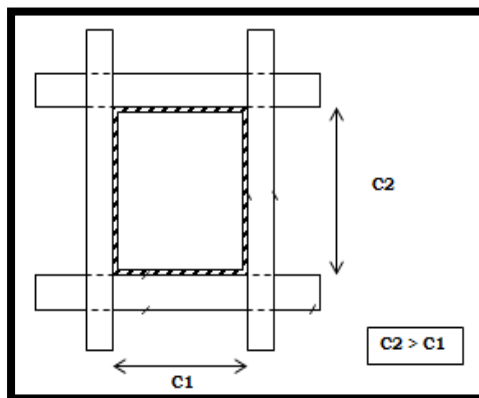
- ✓ Si la altura de las columnas es considerable (3m o más), debido a la forma como varía la presión del concreto a medida que cambia la altura, es recomendable analizar por lo menos tres franjas a H/3 cada una en donde se encontrarán diferentes separaciones entre cada una de ellas, esto nos evitará colocar el refuerzo innecesario en la parte superior del molde.

Figura 46: Consideración 1. (Elaboración propia).



- ✓ En el caso particular que se dé una distribución de esfuerzos como el que se muestra para h_1 ; se tiene que determinar una sola separación de apoyos ya que la presión se mantiene constante en todo ese claro. Para h_2 hay que encontrar luego otra longitud entre apoyos, dependiendo de sus dimensiones (h_2) se puede subdividir en más franjas si esta es considerable.

Figura 47: Consideración 2. (Elaboración propia)



- ✓ Para una columna de sección rectangular, la longitud L_2 se tomara el lado más desfavorable, el cual será el de mayor longitud en este caso: $L_2 = C_2$

Figura 48: Consideración 3. (Elaboración propia)

4.5.2 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO TRADICIONAL

Datos:

- Altura de columna: $H = 4.25 \text{ m}$
- Sección de columna: $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
- Velocidad de colado: $R = \frac{H}{T} = \frac{4.25 \text{ m}}{\frac{1}{2} \text{ hora}} = 8.5 \frac{\text{m}}{\text{hora}}$
- Temperatura del concreto: $T = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Material a utilizar: Tabla de pino de $1'' \times 12''$ y Cuartón $2'' \times 4''$
- Esfuerzo permisible por flexión (madera): 100 kg/cm^2

- Esfuerzo permisible por corte (madera): 10 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad (madera): $E = 80,000 \text{ kg/cm}^2$
- Deflexión máxima permisible (madera): $\frac{L}{270}$

1. Cálculo de presión máxima del concreto

$$a) P_m = 7.2 + \frac{[(785)(R)]}{17.8+T}$$

$$P_m = 7.2 + \frac{[(785)(8.5)]}{17.8 + 35} = 133.57 \text{ KPa}$$

$$b) P_m = 144.2 \text{ KPa}$$

$$c) P_m = 23.52 H = (23.52)(4.25)$$

$P_m = 105.84 \text{ KPa} \longrightarrow$ Cumple por ser el menor de las presiones máximas.

$$P_m = 105.84 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa}) = 1.02 \text{ kg/cm}^2$$

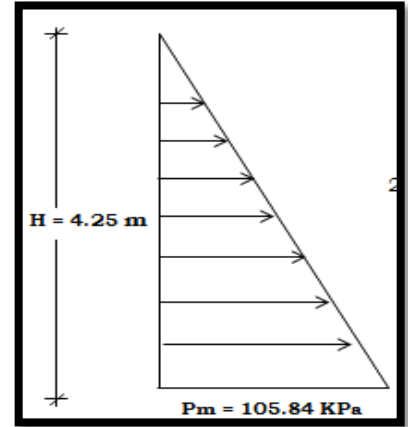


Figura 49: Distribución de presiones.

Secciones transversales

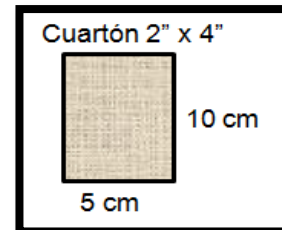
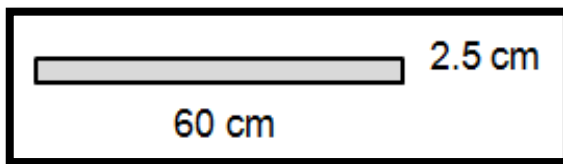


Figura 50: Secciones transversales.

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(60)(2.5)^3$$

$$I = 78.125 \text{ cm}^4$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(5)(10)^3$$

$$I = 416.67 \text{ cm}^4$$

2. Cálculo de la separación de los refuerzos de 2” × 4” que sostiene la tabla de 1” de espesor. (Refuerzo vertical)

Cálculo de W_1

$$W_1 = P_m \times L_1 \text{ (Carga distribuida más desfavorable).}$$

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm}$$

$$W_1 = 61.20 \text{ kg/cm}$$

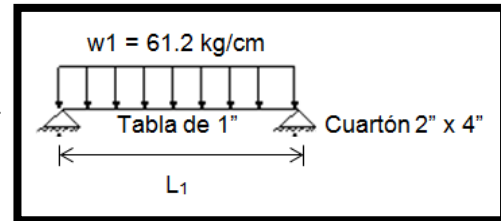


Figura 51: Carga distribuida en la tabla

$$\text{Revisión por flexión: } L_1 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{bh^2}{W_1}\right)}$$

$$L_1 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{(60)(2.5)^2}{61.20}\right)}$$

$$L_1 = 32.0 \text{ cm}$$

$$\text{Revisión por corte: } L_1 = \frac{13.33 bh}{W_1}$$

$$L_1 = \frac{(13.33)(60)(2.5)}{61.20}$$

$$L_1 = 33.0 \text{ cm}$$

$$\text{Revisión por deflexión: } L_1 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{bE}{W_1}\right)}$$

$$L_1 = 0.36(2.5) \sqrt[3]{\left(\frac{(60)(80,000)}{61.20}\right)}$$

$$L_1 = 38.5 \text{ cm}$$

Se puede observar la separación entre apoyos (L_1) que cumple según las tres revisiones es $L_1 = 32.0 \text{ cm}$, se puede decir inicialmente que la tabla de 1” de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 30 cm, entonces:

- Se colocaran apoyos @30 cm horizontalmente (por el momento).

3. Revisión del cuartón 2" × 4" en el sentido de L_2 (Refuerzo horizontal)

$W_2 = P_m \times L_2$ (Carga distribuida más desfavorable).

$$W_2 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 30 \text{ cm}$$

$$W_2 = 30.60 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Revisión por flexión: } L_2 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{bh^2}{W_1}\right)}$$

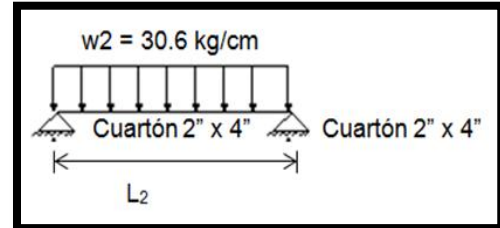


Figura 52: carga distribuida en el cuartón.

$$L_2 = 12.90 \sqrt{\left(\frac{(5)(10)^2}{30.6}\right)}$$

$$L_2 = 68.50 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

$$\text{Revisión por corte: } L_2 = \frac{13.33 bh}{W_2}$$

$$L_2 = \frac{(13.33)(5)(10)}{30.60}$$

$$L_2 = 22 \text{ cm} \longrightarrow \text{No cumple.}$$

$$\text{Revisión por deflexión: } L_2 = 0.36h^3 \sqrt{\left(\frac{bE}{W_1}\right)}$$

$$L_2 = 0.36(10)^3 \sqrt{\left(\frac{(60)(80,000)}{61.20}\right)}$$

$$L_2 = 64.80 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Al revisar el refuerzo horizontal en las mismas dirección encontramos que por flexión cumple ya que la longitud máxima que necesita para no fallar es de 68.5 cm y la longitud de sección que tenemos es de 60 cm o sea menor; por deflexión se ve que cumple la separación entre apoyos, en cambio por corte la diferencia es muy grande (casi un tercio del claro que se tiene) por lo tanto este valor de separación no es aceptado.



Hay dos soluciones para esta situación, primero se le coloca doble cuartón 2” × 4” o un cuartón 4” × 4” de refuerzo para que se incremente la resistencia al corte y permita que L_2 por corte sea mucho mayor y la segunda es disminuir L_1 hasta que la contribución de carga distribuida que se tiene que soportar sea tal que el refuerzo pueda resistirlo con $L_2 = 60$ cm. Optando por la segunda solución tenemos:

- Asumiendo un valor de separación vertical $L_1 = 20$ cm:

$$W_2 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 20 \text{ cm}$$

$$W_2 = 20.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Revisión por corte: } L_2 = \frac{13.33 bh}{W_2}$$

$$L_2 = \frac{(13.33)(5)(10)}{20.4}$$

$$L_2 = 32.67 \text{ cm} \longrightarrow \text{No cumple}$$

Como se puede observar al disminuir L_1 el valor de L_2 por corte aumenta, pero para un $L_1 = 20$ cm. La separación por corte aun no cumple por lo que hay que seguir disminuyendo a L_1 . Se revisa por corte porque es la única que no cumple.

- Asumiendo un valor de separación vertical $L_1 = 10$ cm:

$$W_2 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 10 \text{ cm}$$

$$W_2 = 10.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Revisión por corte: } L_2 = \frac{13.33 bh}{W_2}$$

$$L_2 = \frac{(13.33)(5)(10)}{10.2}$$

$$L_2 = 65 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$



Una forma más exacta de determinar L_1 era:

$$L_2 = \frac{13.33 bh}{W} = \frac{13.33 bh}{1.02 L_1} ; \text{ si } L_2 = 60 \text{ cm}$$

Entonces:

$$60 = \frac{13.33 (5)(10)}{1.02L_1}$$

Entonces $L_1 = 10.89 \text{ cm}$

Por facilidad de colocar los refuerzos, usaremos apoyos @10 cm verticalmente. Como la altura de la columna excede los tres metros se analizarán tres franjas para diferentes separaciones.

- Cuando $h = 1.25\text{m}$: $P_m = 23.52(1.25) = 29.4 \text{ KPa}$
- Cuando $h = 2.75\text{m}$: $P_m = 23.52(2.75) = 64.7 \text{ KPa}$

Para $h_1 = 1.5\text{m}$ asumiremos en $L_1 = 20 \text{ cm}$, Luego tenemos:

$$W_2 = 0.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 20 \text{ cm}$$

$$W_2 = 13.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Revisión por corte: $L_2 = \frac{13.33 bh}{W_2}$

$$L_2 = \frac{(13.33)(5)(10)}{13.2}$$

$$L_2 = 50.5 \text{ cm} \longrightarrow \text{Aceptable}$$

No es mucha la diferencia de valores y por flexión y deflexión ya está bien sobrado.

Para $h_2 = 1.5 \text{ m}$ colocar apoyos @20 cm.

En $h_3 = 1.258$ m. Asumiendo $L_1 = 35$ cm:

$$W_2 = 0.30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 10 \text{ cm}$$

$$W_2 = 10.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Revisión por corte: $L_2 = \frac{13.33 bh}{W_2}$

$$L_2 = \frac{(13.33)(5)(10)}{10.5}$$

$$L_2 = 63.7 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Para $h_3 = 1.25$ m colocar apoyos @35 cm.

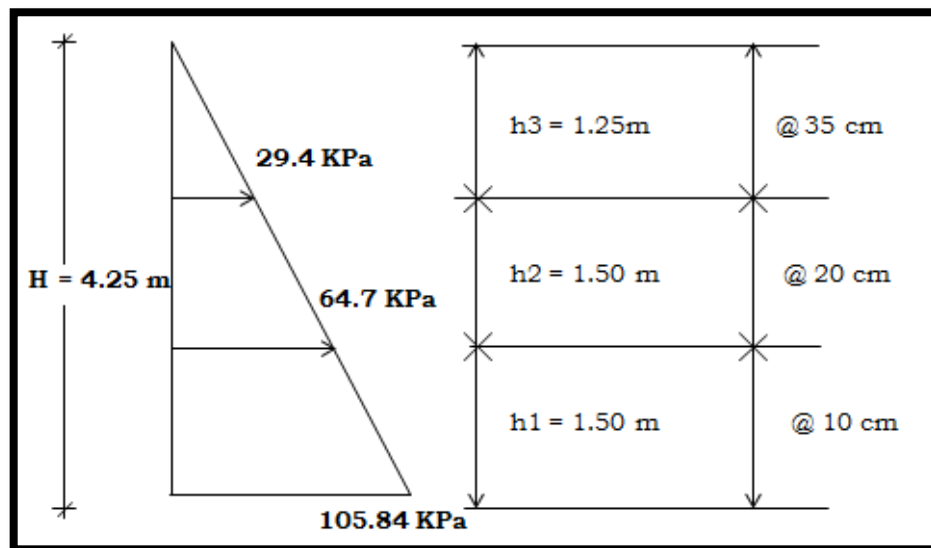


Figura 53: Distribución de presiones y refuerzo en columna diseñada. (Elaboración propia).

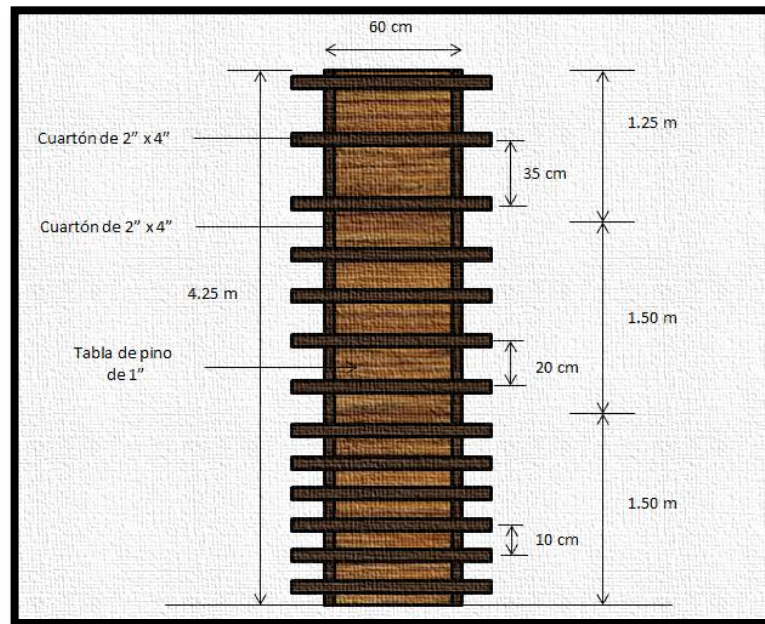


Figura 54: Diseño de encofrado tradicional para columnas. (Elaboración propia).

4.5.3 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO METALICO

Datos:

- Altura de columna: $H = 4.25 \text{ m}$
- Sección de columna: $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
- Velocidad de colado: $R = \frac{H}{T} = \frac{4.25 \text{ m}}{\frac{1}{2} \text{ hora}} = 8.5 \frac{\text{m}}{\text{hora}}$
- Temperatura del concreto: $T = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Material a utilizar: Lamina de 1/8" y ángulos de L 2 x 2 x 5/16
- Esfuerzo admisible para lamina A 36: $1,890 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo admisible para ángulos: $1,512 \text{ kg/cm}^2$

1. Calculo de presión máxima del concreto

$$a) P_m = 7.2 + \frac{[(785)(R)]}{17.8+T}$$

$$P_m = 7.2 + \frac{[(785)(8.5)]}{17.8 + 35} = 133.57 \text{ KPa}$$

b) $P_m = 144.2 \text{ KPa}$

c) $P_m = 23.52 H = (23.52)(4.25)$

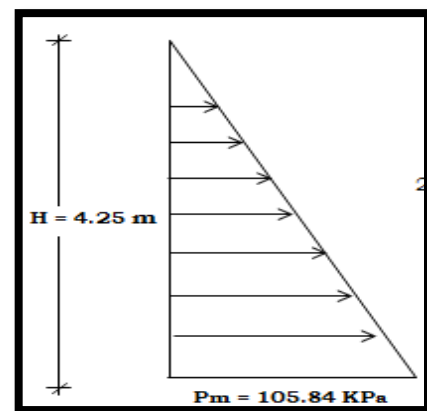


Figura 55: Distribución de presiones.

$P_m = 105.84 \text{ KPa} \longrightarrow$ Cumple por ser el menor de las presiones máximas.

$$P_m = 105.84 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa}) = 1.02 \text{ kg/cm}^2$$

Secciones transversales



Figura 56: Secciones transversales.

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(60)(0.3175)^3$$

$$I = 0.16 \text{ cm}^4$$

$$I = 14.57 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 4.10 \text{ cm}^3$$

2. Revisión de lámina de 1/8”.

Calculo de W_1 (Tramo 1)

$$W_1 = P_m \times L$$

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm}$$

$$W_1 = 61.2 \text{ kg/cm}$$

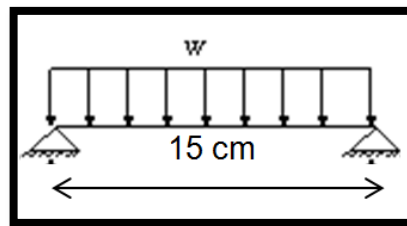


Figura 57: Carga distribuida en la lámina.

Revisión por flexión: $L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(1,890 \text{ kg/cm}^2)(0.16 \text{ cm}^4)}{(61.2 \text{ kg/cm})(0.3175/2 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 17.64 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple}$$

Revisión por corte: no es necesario diseñar por corte porque por lo general las estructuras metálicas son buenas para resistir el esfuerzo cortante y los refuerzos quedarían muy separados en consecuencia fallarían por flexión.

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(1,400 \text{ kg/cm}^2)(0.3175 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(61.2 \text{ kg/cm})}$$

$L_2 = 581 \text{ cm}$ (El espacio entre cada refuerzo es demasiado grande).

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que cumple según las dos revisiones es $L_1 = 17.64 \text{ cm}$, se puede decir inicialmente que la lámina de 1/8" de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 15 cm en el primer tramo.

Calculo de W_2 (Tramo 2)

$$W_2 = P_m \times L$$

$$P_m = 64.7 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa})$$

$$P_m = 0.66 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_2 = 0.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm} = 39.6 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Revisión por flexión: } L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(1,890 \text{ kg/cm}^2)(0.16 \text{ cm}^4)}{(39.6 \text{ kg/cm})(0.3175/2 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 21.93 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple}$$

Revisión por corte: no es necesario diseñar por corte porque por lo general las estructuras metálicas son buenas para resistir el esfuerzo cortante y los refuerzos quedarían muy separados en consecuencia fallarían por flexión.

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(1,400 \text{ kg/cm}^2)(0.3175 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(39.6 \text{ kg/cm})}$$

$L_2 = 897 \text{ cm}$ (El espacio entre cada refuerzo es demasiado grande).

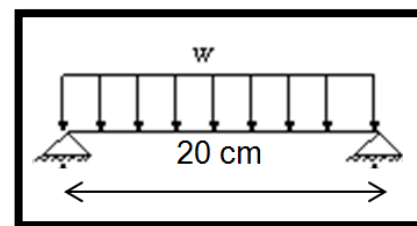


Figura 58: Carga distribuida en la lámina.

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que cumple según las dos revisiones es $L_1 = 21.93$ cm, se puede decir inicialmente que la lámina de 1/8” de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 20 cm en el segundo tramo.

Calculo de W_3 (Tramo 3)

$$W_3 = P_m \times L$$

$$P_m = 29.4 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa})$$

$$P_m = 0.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_3 = 0.30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm}$$

$$W_3 = 18 \text{ kg/cm}$$

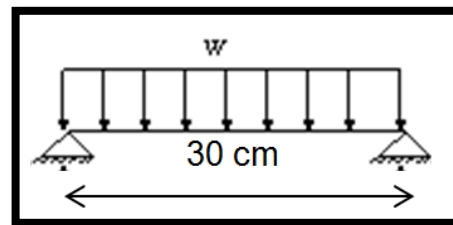


Figura 59: Carga distribuida en la lámina.

Revisión por flexión: $L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(1,890 \text{ kg/cm}^2)(0.16 \text{ cm}^4)}{(18 \text{ kg/cm})(0.3175/2 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 32.53 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Revisión por corte: no es necesario diseñar por corte porque por lo general las estructuras metálicas son buenas para resistir el esfuerzo cortante y los refuerzos quedarían muy separados en consecuencia fallarían por flexión.

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(1,400 \text{ kg/cm}^2)(0.3175 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(18 \text{ kg/cm})}$$

$$L_2 = 1,975 \text{ cm} \text{ (El espacio entre cada refuerzo es demasiado grande).}$$

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que cumple según las dos revisiones es $L_1 = 32.53$ cm, se puede decir inicialmente que la lámina de 1/8” de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 30 cm en el tercer tramo.

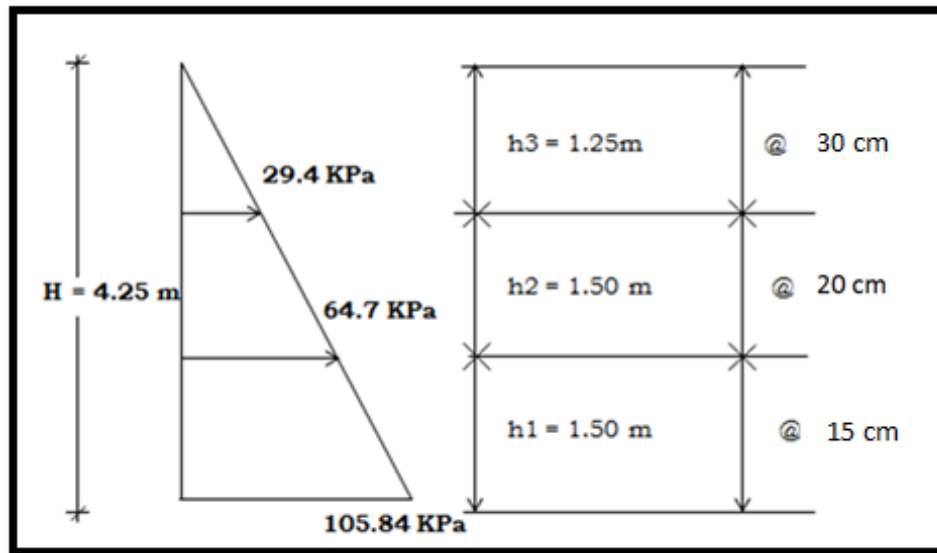


Figura 60: Distribución de presiones y refuerzo en columna diseñada. (Elaboración propia).

3. Revisión de ángulos horizontales.

$W_1 = P_m \times L$ (Carga distribuida más desfavorable).

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 15 \text{ cm}$$

$$W_1 = 15.3 \text{ kg/cm}$$

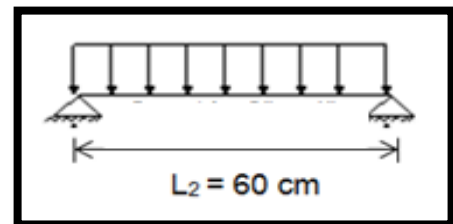


Figura 61: Carga distribuida en el ángulo.

Revisión por flexión: $M_{max} = \frac{wl^2}{8}$

$$M_{max} = \frac{(15.3 \text{ kg/cm})(60\text{cm})^2}{8}$$

$$M_{max} = 6,885 \text{ kg.cm}$$

Primero se encuentra el módulo de sección:

$$F_b = \frac{M_{max}C}{I}$$
$$\frac{I}{C} = \frac{M_{max}}{F_b} \quad y \quad S = \frac{I}{C}$$
$$S = \frac{M_{max}}{F_b}$$

Encontrar el ángulo más adecuado para refuerzo

$$S = \frac{(6,885 \text{ kg.cm})}{(1,512 \text{ kg/cm}^2)}$$
$$S = 4.55 \text{ cm}^3$$

Utilizar el ángulo L 2 x 2 x 5/16 ($S = 4.92 \text{ cm}^3$), comprobar el esfuerzo de flexión:

$$F_b = \frac{M_{max}}{S} = \frac{6,885 \text{ kg.cm}}{4.92 \text{ cm}^3} = 1,340 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 1,512 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Se elige el ángulo adecuado para soportar el esfuerzo por flexión, revisarlo por cortante no es necesario debido a la gran capacidad del acero a soportar esfuerzos cortantes, se analiza bajo las condiciones de mayor presión (cuando $P_m = 1.02 \text{ kg/cm}$).

4. Revisión de pernos para ángulos.

$W_1 = P_m \times L_2$ (Carga distribuida más desfavorable).

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 15 \text{ cm}$$

$$W_1 = 15.3 \text{ kg/cm}$$

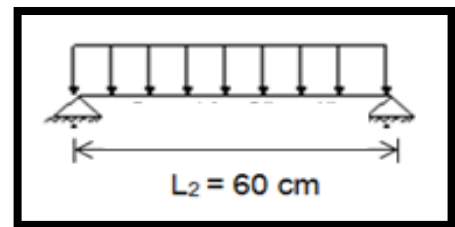


Figura 62: Carga distribuida en el ángulo.

Revisión por cortante:

$$V = \frac{wl}{2}$$

$$V = \frac{(15.3 \text{ kg/cm})(60\text{cm})}{2}$$

$$V = 459 \text{ kg}$$

Ahora se encuentra V_T ya que el perno está sometido a fuerzas cortantes en ambas direcciones:

$$V = \sqrt{(459 \text{ kg})^2 + (459 \text{ kg})^2}$$

$$V = 649 \text{ kg}$$

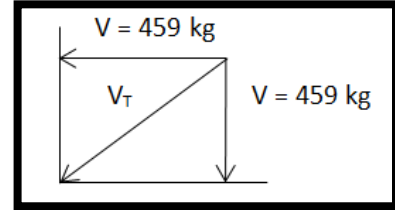


Figura 63: Cortante sometido en el perno.

Se utiliza perno de 3/8”

$$V_{\text{perno}} = \text{Area del perno} \times \text{Esfuerzo cortante maximo}$$

$$V_{\text{perno}} = (0.71 \text{ cm}^2) \left(1,400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = 994 \text{ kg} > 649 \text{ kg} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Se elige el perno de 3/8” que tiene una capacidad de resistir una fuerza cortante máxima de 994 kg, el cual es suficiente para soportar las fuerzas cortantes que están sometidos los pernos en el encofrado (649 kg), estos pernos unen los dos ángulos en forma de L.

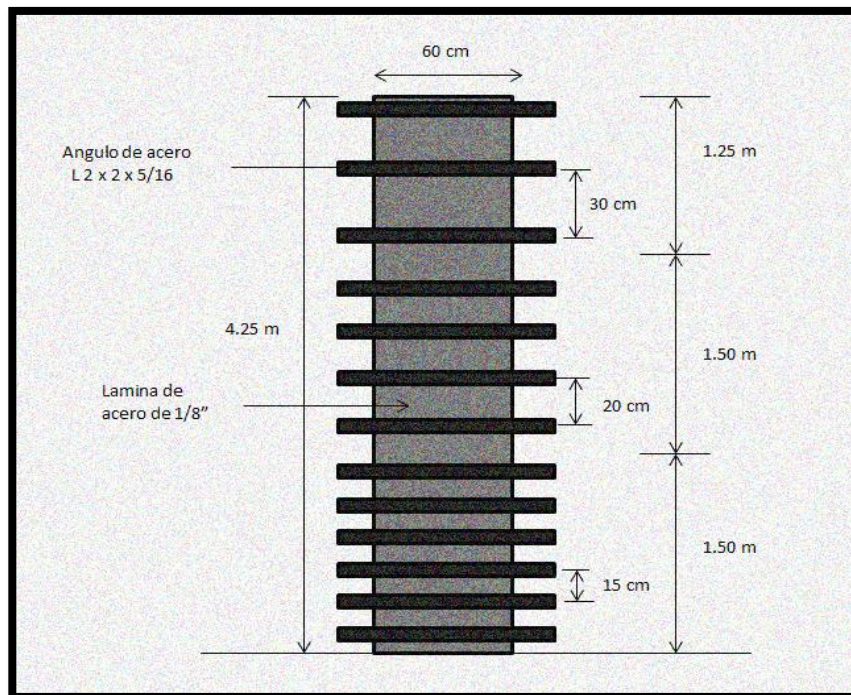


Figura 64: Diseño de encofrado metálico para columnas. (Elaboración propia).

4.5.4 DISEÑO DE COLUMNA CON ENCOFRADO MIXTO

Datos:

- Altura de columna: $H = 4.25 \text{ m}$
- Sección de columna: $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
- Velocidad de colado: $R = \frac{H}{T} = \frac{4.25 \text{ m}}{\frac{1}{2} \text{ hora}} = 8.5 \frac{\text{m}}{\text{hora}}$
- Temperatura del concreto: $T = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Material a utilizar: Plyform HDO 3/4" y ángulos L 2½ x 2½ x 5/16
- Esfuerzo permisible por flexión (HDO): 100 kg/cm^2
- Esfuerzo permisible por corte (HDO): 10 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad (HDO): $E = 80,000 \text{ kg/cm}^2$
- Esfuerzo admisible para ángulos L: $1,512 \text{ kg/cm}^2$

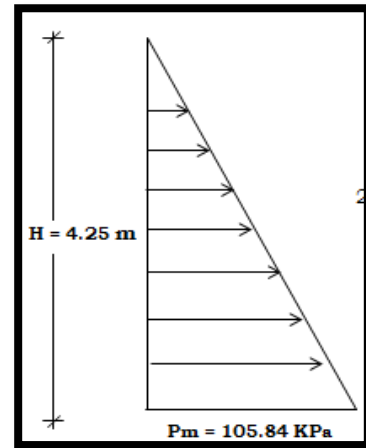


Figura 65: Distribución de presiones.

1. Cálculo de presión máxima del concreto

$$a) P_m = 7.2 + \frac{[(785)(R)]}{17.8+T}$$

$$P_m = 7.2 + \frac{[(785)(8.5)]}{17.8 + 35} = 133.57 \text{ KPa}$$

$$b) P_m = 144.2 \text{ KPa}$$

$$c) P_m = 23.52 H = (23.52)(4.25)$$

$P_m = 105.84 \text{ KPa} \longrightarrow$ Cumple por ser el menor de las presiones máximas.

$$P_m = 105.84 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa}) = 1.02 \text{ kg/cm}^2$$

Secciones transversales

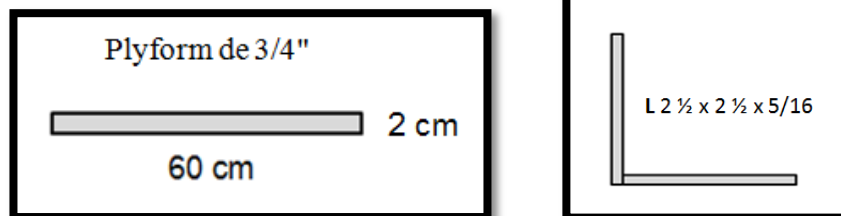


Figura 66: Secciones transversales.

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(60)(2)^3$$

$$I = 40 \text{ cm}^4$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(5)(10)^3$$

$$I = 416.67 \text{ cm}^4$$

2. Revisión de plyform de 3/4”.

Calculo de W_1 (Tramo 1)

$$W_1 = P_m \times L$$

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm}$$

$$W_1 = 61.2 \text{ kg/cm}$$

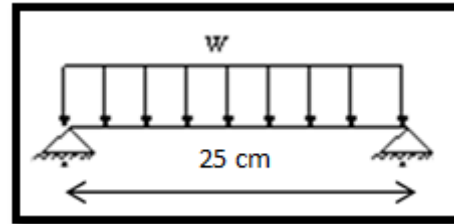


Figura 67: Carga distribuida en el plyform.

Revisión por flexión: $L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(100 \text{ kg/cm}^2)(40 \text{ cm}^4)}{(61.2 \text{ kg/cm})(1 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 25.56 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{Cumple.}$$

Revisión por corte:

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(10 \text{ kg/cm}^2)(2 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(61.2 \text{ kg/cm})}$$

$$L_2 = 26.14 \text{ cm}$$

Revisión por deflexión: $L_3 = 0.36h^3 \sqrt{\left(\frac{bE}{W_1}\right)}$

$$L_3 = 0.36(2)^3 \sqrt{\left(\frac{(60)(80,000)}{61.20}\right)}$$

$$L_3 = 30.81 \text{ cm}$$

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que cumple según las tres revisiones es $L_1 = 25.56$ cm, se puede decir inicialmente que el plyform de 3/4" de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 25 cm en el primer tramo.

Calculo de W_2 (Tramo 2)

$$W_2 = P_m \times L$$

$$P_m = 64.7 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa})$$

$$P_m = 0.66 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_2 = 0.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm} = 39.6 \text{ kg/cm}$$

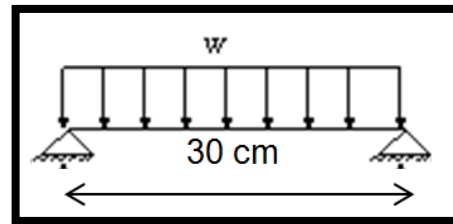


Figura 68: Carga distribuida en el plyform.

Revisión por flexión:

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(100 \text{ kg/cm}^2)(40 \text{ cm}^4)}{(39.6 \text{ kg/cm})(1 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 31.78 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{Cumple.}$$

Revisión por corte:

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(10 \text{ kg/cm}^2)(2 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(39.6 \text{ kg/cm})}$$

$$L_2 = 40.4 \text{ cm}$$

Revisión por deflexión: $L_3 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{bE}{W_1}\right)}$

$$L_3 = 0.36(2) \sqrt[3]{\left(\frac{(60)(80,000)}{39.6}\right)}$$

$$L_3 = 35.63 \text{ cm}$$

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que Cumple según las tres revisiones es $L_1 = 31.78 \text{ cm}$, se puede decir inicialmente que el plyform de 3/4" de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro aproximado de 30 cm en el segundo tramo.

Calculo de W_3 (Tramo 3)

$$W_3 = P_m \times L$$

$$P_m = 29.4 \text{ KPa} \times (1 \text{ kg/cm}^2 / 98.07 \text{ KPa})$$

$$P_m = 0.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_3 = 0.30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 60 \text{ cm}$$

$$W_3 = 18 \text{ kg/cm}$$

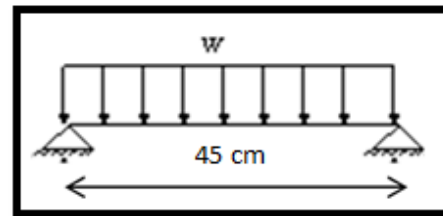


Figura 69: Carga distribuida en el plyform.

Revisión por flexión:

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b I}{WC}\right)}$$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(100 \text{ kg/cm}^2)(40 \text{ cm}^4)}{(18 \text{ kg/cm})(1 \text{ cm})}\right)}$$

$$L_1 = 47 \text{ cm}$$

Revisión por corte:

$$L_2 = \frac{4F_v A}{3W}$$

$$L_2 = \frac{4(10 \text{ kg/cm}^2)(2 \text{ cm})(60 \text{ cm})}{3(18 \text{ kg/cm})}$$

$$L_2 = 88 \text{ cm}$$

Revisión por deflexión: $L_3 = 0.36h^3 \sqrt{\frac{bE}{W_1}}$

$$L_3 = 0.36(2)^3 \sqrt{\frac{(60)(80,000)}{18}}$$

$$L_3 = 46.34 \text{ cm} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Se puede observar la separación entre apoyos (L) que Cumple según las tres revisiones es $L_3 = 46.34 \text{ cm}$, se puede decir inicialmente que el plyform de 3/4" de espesor cumple para una separación vertical del refuerzo con un claro de 45 cm en el tercer tramo.

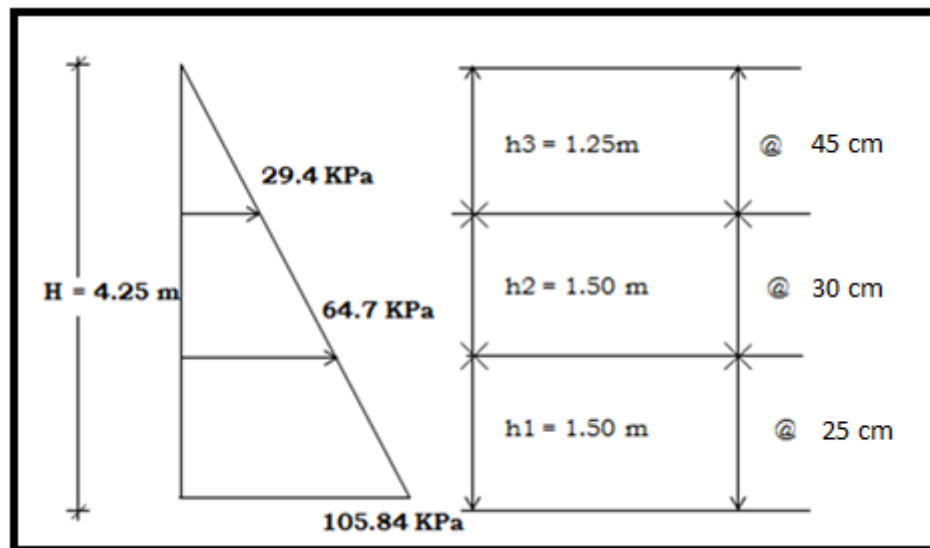


Figura 70: Distribución de presiones y refuerzo en columna diseñada. (Elaboración propia).

3. Revisión de ángulos horizontales.

$$W_1 = P_m \times L_2 \text{ (Carga distribuida más desfavorable).}$$

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 25 \text{ cm}$$

$$W_1 = 25.5 \text{ kg/cm}$$

Revisión por flexión: $M_{max} = \frac{wl^2}{8}$

$$M_{max} = \frac{(25.5 \text{ kg/cm})(60\text{cm})^2}{8}$$

$$M_{max} = 11,475 \text{ kg.cm}$$

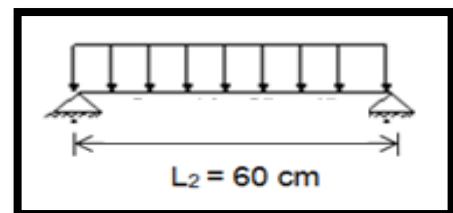


Figura 71: Carga distribuida en el ángulo.

Primero se encuentra el módulo de sección:

$$F_b = \frac{M_{max}C}{I}$$
$$\frac{I}{C} = \frac{M_{max}}{F_b} \quad y \quad S = \frac{I}{C}$$
$$S = \frac{M_{max}}{F_b}$$

Encontrar el ángulo más adecuado para refuerzo

$$S = \frac{(11,475 \text{ kg.cm})}{(1,512 \text{ kg/cm}^2)}$$
$$S = 7.59 \text{ cm}^3$$

Utilizar el ángulo L 2 ½ x 2 ½ x 5/16 (S = 7.87 cm³), comprobar el esfuerzo de flexión:

$$F_b = \frac{M_{max}}{S} = \frac{11,475 \text{ kg.cm}}{7.87 \text{ cm}^3} = 1,458 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 1,512 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Se elige el ángulo adecuado para soportar el esfuerzo por flexión, revisarlo por cortante no es necesario debido a la gran capacidad del acero a soportar esfuerzos cortantes, se analiza bajo las condiciones de mayor presión (cuando Pm = 1.02 kg/cm).

4. Revisión de pernos para ángulos.

$W_1 = P_m \times L_2$ (Carga distribuida más desfavorable).

$$W_1 = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 25 \text{ cm}$$

$$W_1 = 25.5 \text{ kg/cm}$$

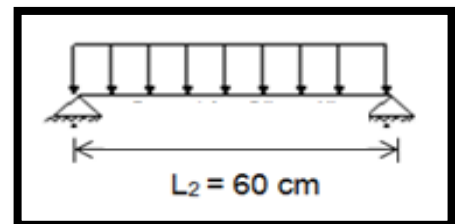


Figura 72: Carga distribuida en el ángulo.

Revisión por cortante: $V = \frac{wl}{2}$

$$V = \frac{(25.5 \text{ kg/cm})(60 \text{ cm})}{2}$$

$$V = 765 \text{ kg}$$

Ahora se encuentra V_T ya que el perno está sometido a fuerzas cortantes en ambas direcciones:

$$V = \sqrt{(765 \text{ kg})^2 + (765 \text{ kg})^2}$$

$$V = 1,081.87 \text{ kg}$$

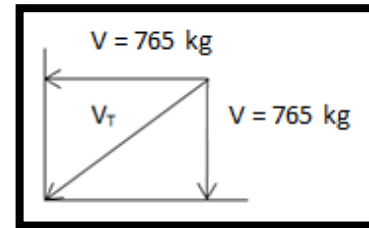


Figura 73: Cortante sometido en el perno.

Se utiliza perno de 1/2”

$$V_{perno} = \text{Area del perno} \times \text{Esfuerzo cortante maximo}$$

$$V_{perno} = (1.24 \text{ cm}^2) \left(1,400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = 1,736 \text{ kg} > 1,081.87 \text{ kg} \longrightarrow \text{Cumple.}$$

Se elige el perno de 1/2” que tiene una capacidad de resistir una fuerza cortante máxima de 1,736 kg, el cual es suficiente para soportar las fuerzas cortantes que están sometidos los pernos en el encofrado (1,081.87 kg), estos pernos unen dos ángulos en forma de L.

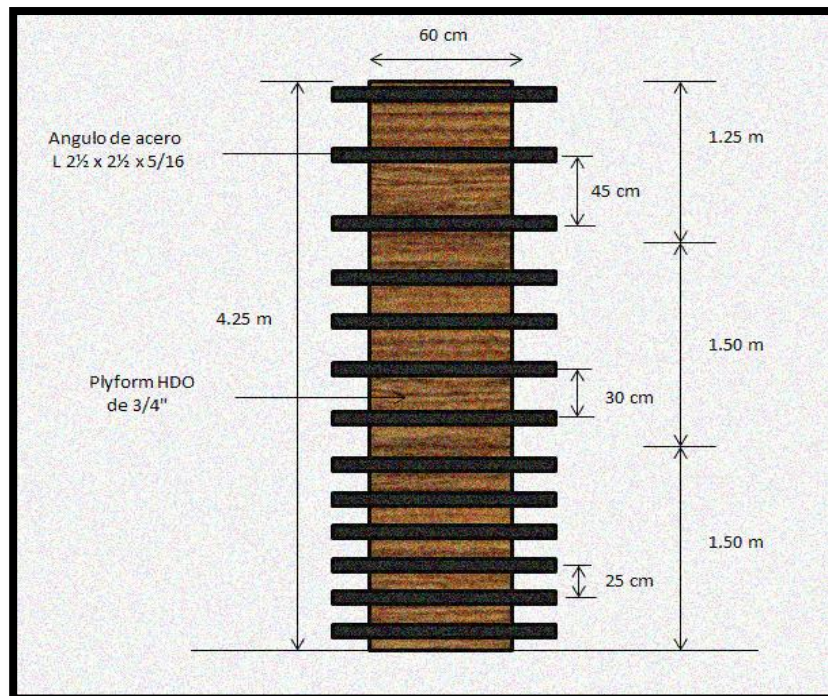


Figura 74: Diseño de encofrado mixto para columnas. (Elaboración propia).



4.6 ENCOFRADOS PARA PAREDES DE CONCRETO

4.6.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Este es el molde más sencillo para la fabricación de paredes de concreto reforzado o muros de los mismos. La metodología para su diseño se detalla a continuación.

1. Se calculara la presión que el concreto ejercerá sobre el encofrado en el momento de efectuarse el vaciado del concreto en él. La presión se calcula de la siguiente forma:

- a) Con una velocidad de colado menor de 2.1 m/h y colocado en alturas que no exceden 4.2m.

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{785 R}{(T + 17.8)} \right)$$

- Con un mínimo de $30C_w$ (kPa), pero no mayor que wh.

- b) Con una velocidad de colado menor de 2.1 m/h y colocado en alturas que exceden 4.2m y para todos los muros con velocidad de colado entre 2.1 y 4.5 m/h.

$$P_m = C_w C_c \left(7.2 + \frac{1,156}{(T + 17.8)} + \frac{244 R}{(T + 17.8)} \right)$$

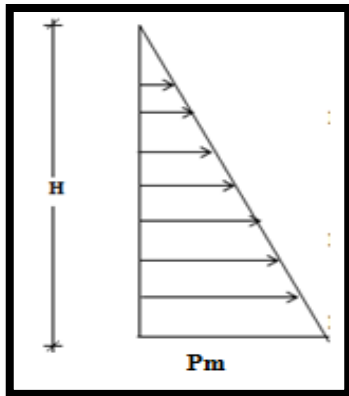
- Con un mínimo de $30C_w$ (kPa), pero no mayor que wh.

c) Los literales anteriores se comparan con:

- $P_m = 95.65$ en KPa
- $P_m = 23.52 H$ en KPa (H = altura de la pared)

Se toma el menor valor como la presión máxima que el concreto ejerce sobre el molde.

La presión se distribuirá de la siguiente forma:

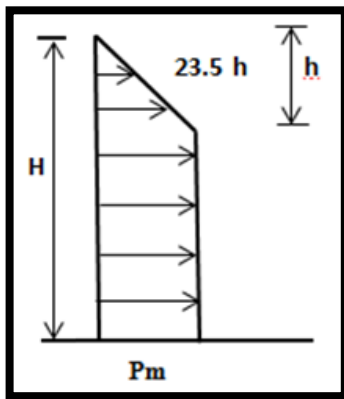


$$P_m = 23.52 H$$

$$h = P_m / 23.52 > H$$

$$P_m = 95.65 \text{ KPa} > 2.4 H$$

Figura 75: Distribución 1. (Elaboración propia).



$$H = P_m / 23.52 < H$$

$$P_m = 95.65 \text{ KPa} < 2.4 H$$

Figura 76: Distribución 2. (Elaboración propia).

- Con la presión del concreto sobre el molde calculada, se procede a revisar la tabla o plywood de 1" y se calcula L_1 , que es la separación máxima de los largueros verticales para que la tabla o plywood no falle por flexión, cortante o deflexión.

El cálculo de L_1 se basa en la deflexión máxima permitida para el elemento en análisis, además de la revisión de las propiedades mecánicas tanto en flexión como en cortante.

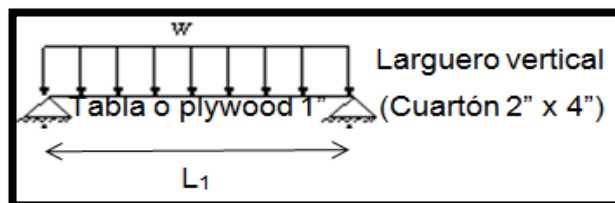


Figura 77: Carga distribuida en la tabla.

$$W_1 = P_m \times 1.00 \text{ m}$$

Dónde:

w_1 = Carga uniformemente repartida

P_m = Presión máxima del concreto

1.0m = Se analiza una franja de 1.00 m de profundidad, de la pared.

- Revisión por deflexión: $L_1 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{6E}{W_1}\right)}$
- Revisión por flexión: $L_1 = 12.90h \sqrt{\left(\frac{b}{W_1}\right)}$
- Revisión por Cortante: $L_1 = \frac{13.33bh}{W}$
- Se tomara el menor valor obtenido.

3. Determinando el valor de L_1 se procede a calcular la separación máxima entre largueros horizontales para que los largueros verticales cumplan con los requisitos de diseño (deflexión, flexión y cortante).

$$W_2 = P_m \times L_1$$

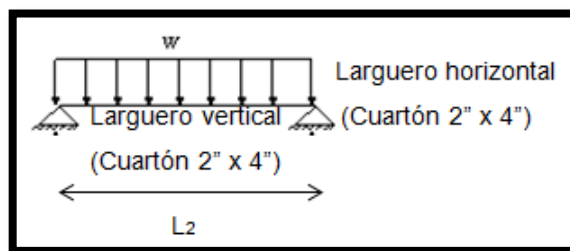


Figura 78: Carga distribuida en el cuartón.

- Revisión por deflexión: $L_2 = 0.36h \sqrt[3]{\left(\frac{6E}{W_2}\right)}$
- Revisión por flexión: $L_2 = 12.90h \sqrt{\left(\frac{b}{W_2}\right)}$
- Revisión por cortante: $L_2 = \frac{13.33bh}{W_2}$
- Se tomara el menor valor obtenido.

4. Diseño de larguero horizontal.

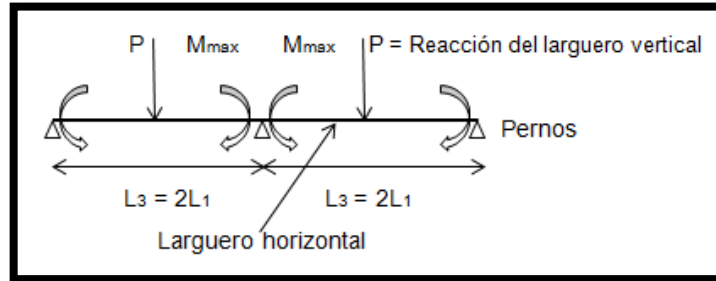


Figura 79: Diseño de larguero horizontal. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

✓ Flexión: $M_{max} = \frac{PL_3}{8} \rightarrow fb = \frac{PL_3C}{8I} \rightarrow fb = \frac{0.75PL_3C}{bh^2} < F'b$

✓ Cortante: $V_{max} = \frac{P}{2} \rightarrow fv = \frac{3P}{4A} \rightarrow fv = \frac{3P}{4bh} < F'v$

5. Diseño de tensor.

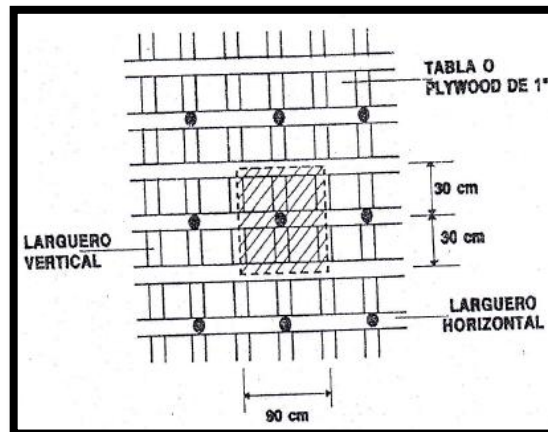


Figura 80: Diseño de tensor. (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

$$T = A \times P_m$$

$$A_s = T/F_a; A_s = \pi d^2/4$$

$$D = \sqrt{\left[\frac{(4A_s)}{\pi} \times 0.3937 \right]} \text{ (pulg.);}$$

Donde:

T = Fuerza que resiste el perno (kg)

A = Área de influencia (cm^2)

As = Área de acero necesaria (cm^2)

F_t = Esfuerzo permisible del perno (A-36: $F_t = 1550 \text{ kg/cm}^2$)

D = Diámetro del perno necesario (pulg.)

4.6.2 DISEÑO DE PARED CON ENCOFRADO TRADICIONAL

Realizar el diseño de encofrado para una pared de concreto de 20 cm de espesor.

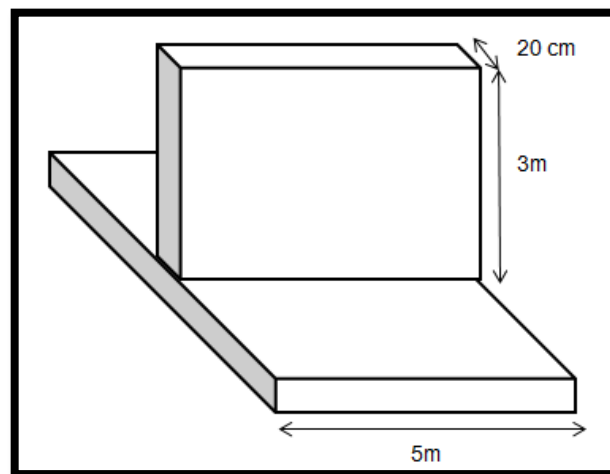


Figura 81: Dimensiones de la pared a analizar. (Elaboración propia).

DATOS:

- Velocidad del colado: $V = 3 \text{ m/h}$
- Temperatura: $T = 30^\circ\text{C}$
- Módulo de Elasticidad de la madera: $E = 80,000 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a flexión: $F'_b = 100 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia al corte: $F'_v = 10 \text{ kg/cm}^2$

MATERIAL:

- Plywood de 1"
- Cuartón 2" x 4"
- Pernos de acero $\phi 1/4$ "

1. Calculo de presión del concreto.

a) Para una velocidad de colado: $2\text{m/h} < V < 3\text{m/h}$

$$P_m = (1.0)(1.0) \left(7.2 + \frac{1,156}{(30+17.8)} + \frac{244(3)}{(30+17.8)} \right) = 46.69 \text{ KPa} \rightarrow \text{Cumple } (4.76 \text{ Ton} / \text{m}^2)$$

b) Los literales anteriores se comparan con:

- $P_m = 95.65 \text{ KPa}$
- $P_m = 23.52(3) \text{ KPa} = 70.56 \text{ KPa}$

Tomándose el menor valor obtenido como la presión máxima que el concreto ejerce sobre el molde.

La altura que gobierna 23.52 H es:

$$h = \frac{P_m}{2.4}$$
$$h = \frac{46.69}{23.52}$$
$$h = 1.98 \text{ m}$$

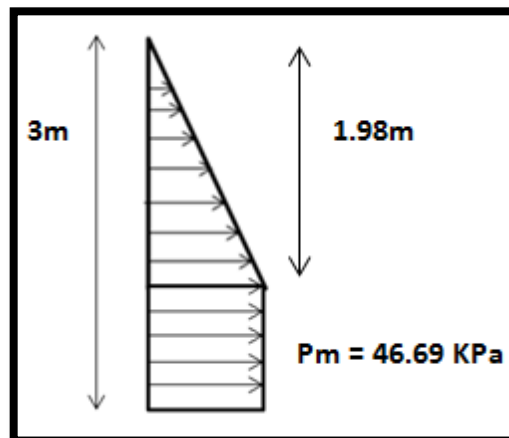


Figura 82: Presiones de la pared a analizar.

2. Revisión de plywood de 1”

Analizando una franja de 1.0 m

$$P_m = 46.69 \text{ KPa} \times (1\text{kg/cm}^2/98.07 \text{ KPa})$$

$$W = 0.476 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm} = 47.6 \text{ kg/cm}$$

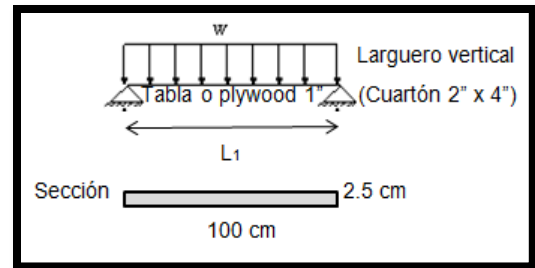


Figura 83: Carga distribuida y sección del plywood.

✓ Revisión por deflexión: $L_1 = 0.36(2.5) \sqrt[3]{((100)(80000)/47.6)}$

$$L_1 = 49.67 \text{ cm}$$

✓ Revisión por flexión: $L_1 = 12.90 \sqrt{(100)(2.5)^2/47.6}$

$$L_1 = 46.74 \text{ cm} \text{ **Cumple**}$$

✓ Revisión por cortante: $L_1 = \frac{13.33 (100)(2.5)}{47.6}$

$$L_1 = 70.01 \text{ cm}$$

Colocar larguero verticales @ 45 cm

3. Diseño del larguero vertical

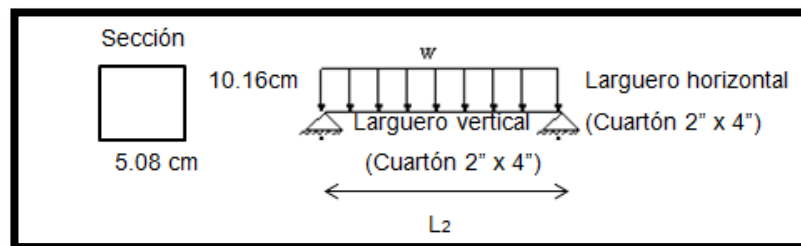


Figura 84: Carga distribuida y sección en el cuartón (*elaboración propia*).

$$W = 0.476 \text{ kg/cm}^2 \times 45 \text{ cm} = 21.42 \text{ kg/cm}$$

$$I = (1/12) \times (5.08) \times (10.16)^3 = 443.98 \text{ cm}^4$$

✓ Revisión por deflexión: $L_1 = 0.36(10.16) \sqrt[3]{((5.08)(80,000)/21.42)}$

$$L_2 = 97.55 \text{ cm}$$

✓ Revisión por flexión: $L_1 = 12.90 \sqrt{((5.08)(10.16)^2/(21.42))}$

$$L_2 = 63.83 \text{ cm}$$

✓ Revisión por cortante: $L_1 = \frac{13.33 (5.08)(10.16)}{21.42}$

$L_2 = 32.18 \text{ cm}$ **Rige**

Colocar larguero horizontal @ 30 cm.

4. Diseño del larguero horizontal

$P = WL/2 = (21.42) \times (30) / (2) = 321 \text{ kg}$

$L_3 = 2L_1 = 2(45) = 90 \text{ cm}$

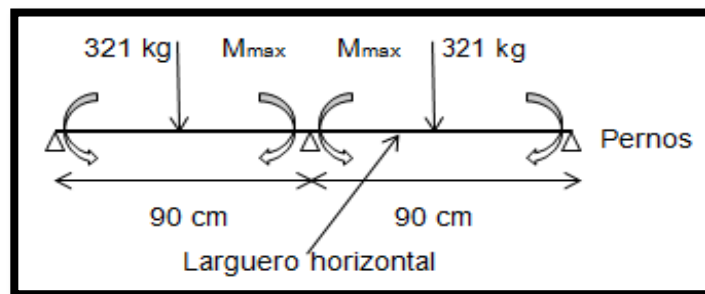


Figura 85: Diseño del larguero horizontal (elaboración propia).

✓ **Revisión por deflexión:**

$$\delta = \frac{PL_3^3}{48 EI} = \frac{321(90)^3}{48 (80,000)(443.98)} = 0.137 \text{ cm} < \frac{90}{270} = 0.33 \text{ ok}$$

✓ **Revisión por flexión:**

$$fb = \frac{0.75PL}{bh^2} = \frac{0.75(321)(90)}{(5.08)(10.16)^2} = 41.32 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'b = 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok}$$

✓ **Revisión por cortante:**

$$fv = \frac{3P}{4bh} = \frac{3(321)}{4(5.08)(10.16)} = 4.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'v = 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok}$$

5. Diseño del tensor

$$T = A \times P_m = (90 \times 60) (0.476) = 2,570.4 \text{ Kg}$$

$$A_s = T/F_a = 2,570.4 / (1550 \text{ Kg/cm}^2) = 1.66 \text{ cm}^2$$

$$D = 0.3937 \sqrt{\left[\frac{4(1.66 \text{ cm}^2)}{\pi}\right]} = 0.57 \text{ pulg.}$$

Usar $\phi \frac{1}{4}$ " (0.50 pulg. = 0.57 pulg.) Aceptable.

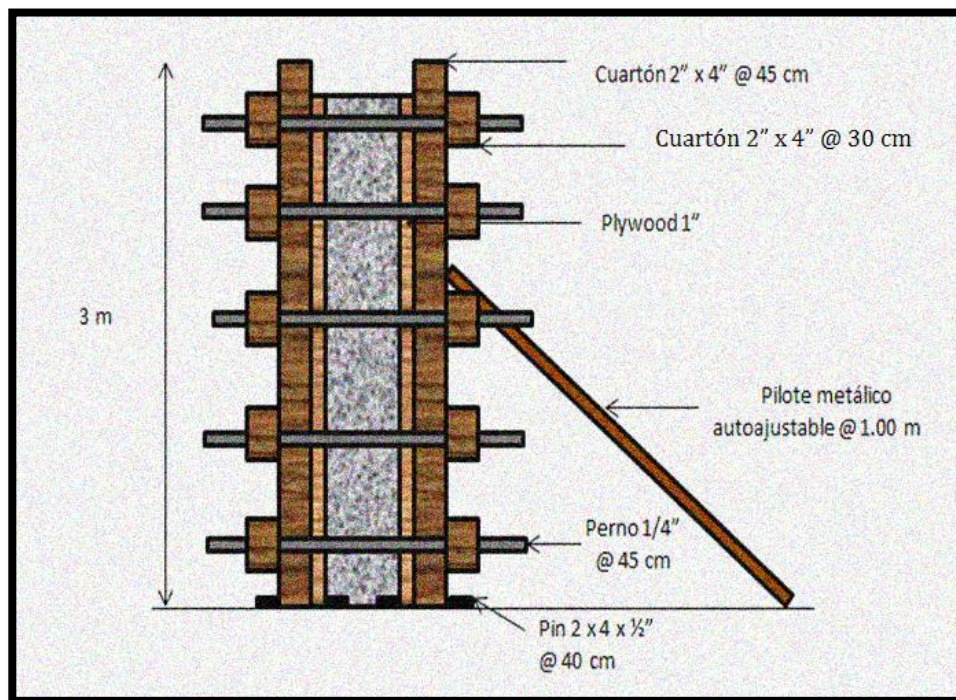


Figura 86: Diseño de encofrado tradicional para paredes. (Elaboración propia).

4.6.3 DISEÑO DE PARED CON ENCOFRADO MIXTO

Realizar el diseño de encofrado para una pared de concreto de 20 cm de espesor.

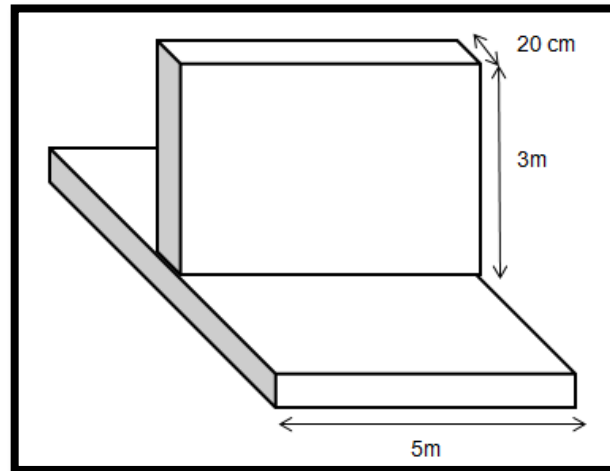


Figura 87: Dimensiones de la pared a analizar. (Elaboración propia).

DATOS:

- Velocidad del colado: $V = 3 \text{ m/h}$
- Temperatura: $T = 30^\circ\text{C}$
- Módulo de Elasticidad de la madera: $E = 80,000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del acero: $E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a flexión del plyform HDO: $F'b = 100 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a flexión del acero: $F'b = 1,512 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia al corte del plyform HDO: $F'v = 10 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia al corte del acero: $F'v = 1,400 \text{ kg/cm}^2$

MATERIAL:

- Plyform HDO de 3/4"
- Perfil W 6 x 9
- Perfil C 6 x 10.5
- Perno de 1"

1. Calculo de presión del concreto.

c) Para una velocidad de colado: $2\text{m/h} < V < 3\text{m/h}$

$$P_m = (1.0)(1.0) \left(7.2 + \frac{1,156}{(30+17.8)} + \frac{244(3)}{(30+17.8)} \right) = 46.69 \text{ KPa} \rightarrow \text{Cumple (4.76 Ton / m}^2)$$

d) Los literales anteriores se comparan con:

- $P_m = 95.65 \text{ KPa}$
- $P_m = 23.52(3) \text{ KPa} = 70.56 \text{ KPa}$

Tomándose el menor valor obtenido como la presión máxima que el concreto ejerce sobre el molde.

La altura que gobierna 23.52 H es:

$$h = \frac{P_m}{2.4}$$
$$h = \frac{46.69}{23.52}$$
$$h = 1.98 \text{ m}$$

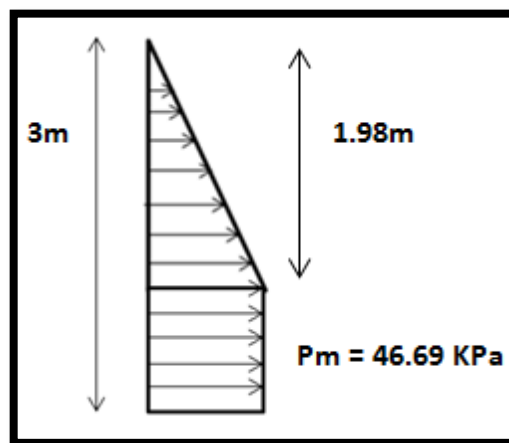


Figura 88: Presiones de la pared a analizar.

2. Revisión de plyform HDO de 3/4”

Analizando una franja de 1.0 m

$$P_m = 46.69 \text{ KPa} \times (1\text{kg/cm}^2/98.07 \text{ KPa})$$

$$W = 0.476 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm} = 47.6 \text{ kg/cm}$$

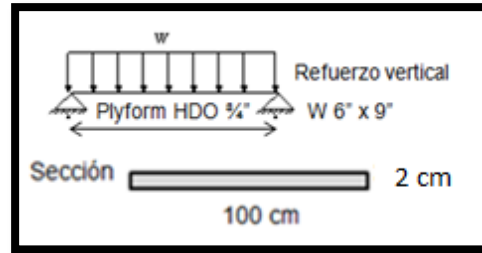


Figura 89: Carga distribuida y sección del plyform

✓ Revisión por deflexión: $L_1 = 0.36(2) \sqrt[3]{((100)(80000)/47.6)}$

$$L_1 = 39.73 \text{ cm}$$

✓ Revisión por flexión: $L_1 = 12.90 \sqrt{(100)(2)^2/47.6}$

$$L_1 = 37.39 \text{ cm} \text{ **Cumple**}$$

✓ Revisión por cortante: $L_1 = \frac{13.33 (100)(2)}{47.6}$

$$L_1 = 56.01 \text{ cm}$$

Colocar refuerzos verticales @ 35 cm

3. Diseño del refuerzo vertical

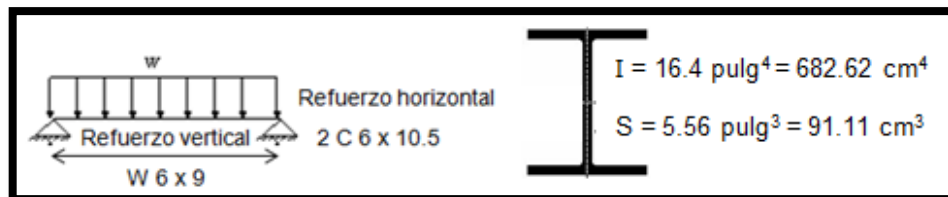


Figura 90: Carga distribuida y sección en el perfil. (Elaboración propia).

$$W = 0.476 \text{ kg/cm}^2 \times 35 \text{ cm} = 16.66 \text{ kg/cm}$$

$$I = 682.62 \text{ cm}^4$$

✓ Revisión por deflexión: $L = \sqrt[3]{(145 EI/270W)}$

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{145 \left(2,100,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) (682.62 \text{ cm}^4)}{270(16.66\text{kg/cm})}\right)}$$

$$L_1 = 358.85 \text{ cm}$$

- ✓ Revisión por flexión: $L = \sqrt{10F_b S/W}$

$$L = \sqrt{\frac{10 \left(1,512 \frac{kg}{cm}\right) (91.11 cm^3)}{(16.66 \frac{kg}{cm})}}$$

$$L_1 = 287.55 \text{ cm } \mathbf{Cumple}$$

- ✓ Revisión por cortante: $L_1 = 2 h t V/W$

$$L_1 = \frac{2(0.43 cm)(15 cm) \left(\frac{1,400kg}{cm^2}\right)}{16.66 \frac{kg}{cm}}$$

$$L_1 = 1,084.63 \text{ cm}$$

Colocar refuerzos horizontales @ 250 cm \approx 2.5 metros.

4. Diseño del larguero horizontal

$$P = WL/2 = (16.66 \text{ kg/cm}) \times (250 \text{ cm}) / (2) = 2,082.5 \text{ kg}$$

$$L_3 = 2L_1 = 2(35 \text{ cm}) = 70 \text{ cm}$$

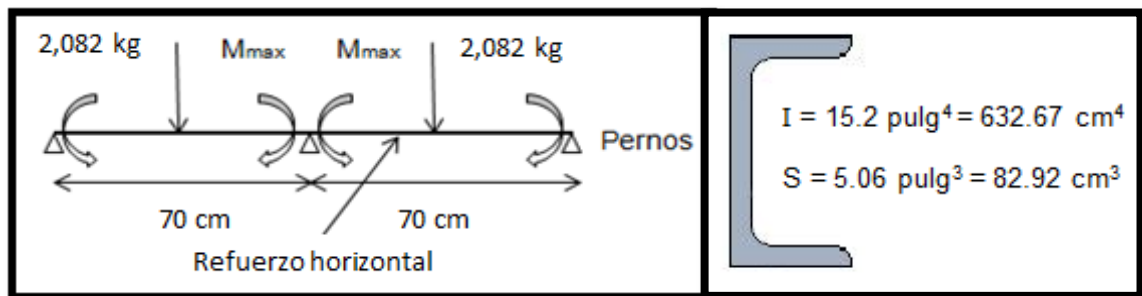


Figura 91: Diseño del larguero horizontal y perfil C 6 x 10.5. (Elaboración propia).

- ✓ **Revisión por deflexión:**

$$\delta = \frac{PL_3^3}{48 EI} = \frac{(2,082 \text{ kg})(70 \text{ cm})^3}{48 (2,100,000 \text{ kg/cm}^2)(632.67 \text{ cm}^4)} = 0.01 \text{ cm} < \frac{70}{270} = 0.26 \text{ cm } \mathbf{ok}$$

- ✓ **Revisión por flexión:**

$$fb = \frac{PL}{8S} = \frac{(2,082 \text{ kg})(70)}{(8)(82.92 \text{ cm}^3)} = 219.70 \frac{kg}{cm^2} < F'b = 1,512 \frac{kg}{cm^2} \mathbf{ok}$$

✓ **Revisión por cortante:**

$$fv = \frac{P}{2ht} = \frac{(2,082 \text{ kg})}{2(0.80)(15.24)} = 85.38 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'v = 1,400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok}$$

5. Diseño del tensor

$$T = A \times P_m = (70 \text{ cm} \times 250 \text{ cm}) \times (0.476 \text{ kg/cm}^2) = 8,330 \text{ Kg}$$

$$A_s = T/F_a = (8,330 \text{ kg}) / (1,512 \text{ Kg/cm}^2) = 5.51 \text{ cm}^2 \times (1 \text{ pulg}^2 / (2.54 \text{ cm})^2)$$

$$A_s = 0.85 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\left[\frac{(4A)}{\pi}\right]} = \sqrt{\left[\frac{(4(0.85 \text{ pulg}^2))}{\pi}\right]} = 1.04 \text{ pulg}$$

Usar ϕ 1" *Acceptable*.

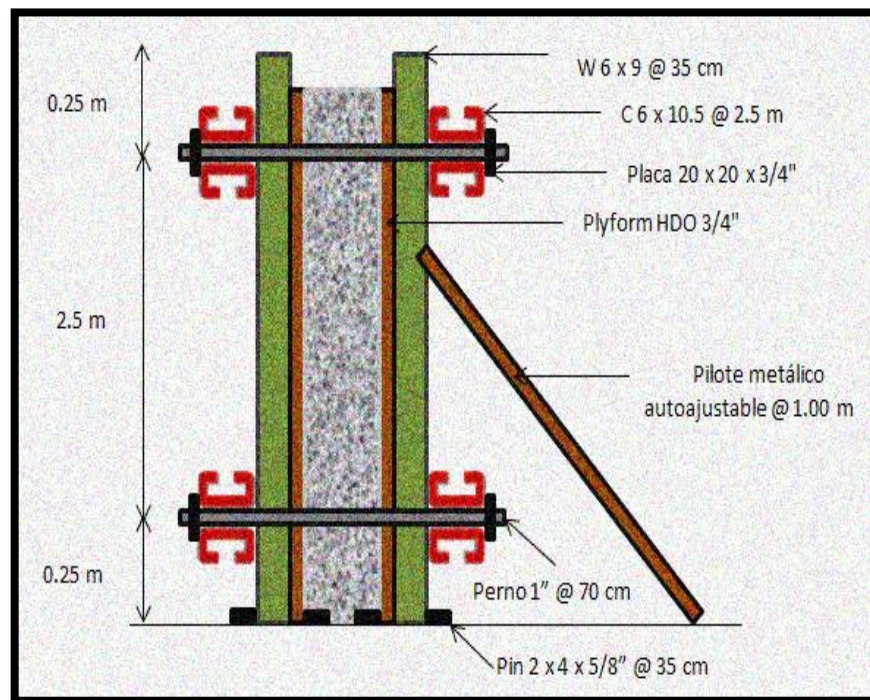


Figura 92: Diseño de encofrado mixto para paredes. (Elaboración propia).



4.7 ENCOFRADOS PARA LOSA DENSA

4.7.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

El termino losa es usado frecuentemente en el ámbito constructivo en nuestro medio como cualquier sistema de entrepiso de una edificación. Existen diversos tipos y formas de losas en El Salvador, predominando dos tipos de entrepisos:

- Losa densa
- Losa aligerada prefabricadas (Copresa, Prexcon, Zap).

Cada uno de estos sistemas puede presentar diferentes formas y maneras de apoyo así tenemos que una losa densa puede ser de espesor uniforme (sin vigas) y apoyarse directamente sobre las columnas o bien estar apoyados en las vigas. En este manual se le dará más importancia a las losas del tipo densa ya que a las losas aligeradas algunos de elementos se utilizan como encofrados y forman parte de la misma estructura, caso contrario la losa densa solo está conformada por concreto reforzado.

Generalmente las losas densas coladas en el sitio resultan más caras que las losas prefabricadas que en su mayoría no requieren apuntalamiento, sin embargo en edificios o en viviendas de dos plantas en serie cuyas dimensiones sean simétricas se pueden disminuir los costos si se utilizan materiales adecuados que tengan un número de usos tal que: “se paga el material”. Entre esos materiales podemos mencionar: el plyform (BBO, MDO, HDO), puntuales metálicos, vigas extensibles, andamios.

4.7.2 DISEÑO DE LOSA CON ENCOFRADO TRADICIONAL

A continuación se presenta el diseño de encofrado de losa densa.

Material a utilizar:

- Costanera
- Tabla de pino 1” × 2”
- Cuartón 2” × 4”

Datos:

- Peso Vol. Concreto: $2400 \frac{kg}{m^3}$
- Espesor de la losa: 12 cm
- Carga viva: $250 \frac{kg}{m^2}$
- Altura de entrepiso: 3.00 m

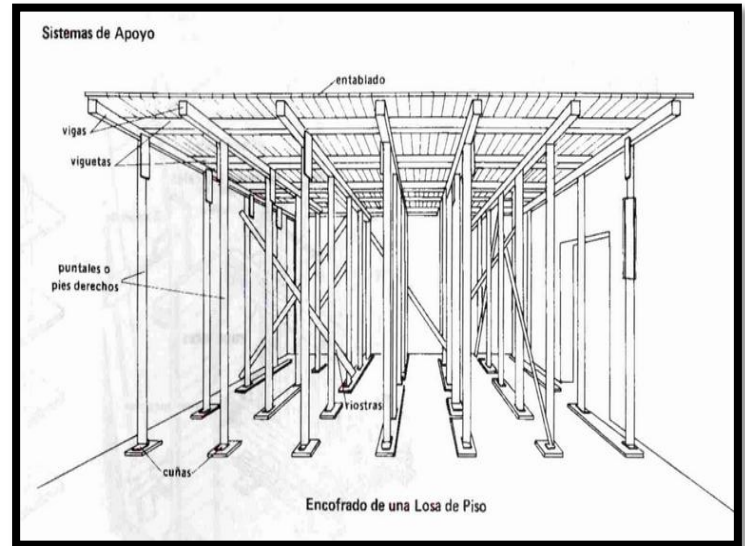


Figura 93: Encofrado de losa de entrepiso.

1. Separación de vigas de plafón

Para el cálculo de la separación de las vigas que soportan la tabla y el plafón se tomara una franja de 1.00 m de profundidad.

Fijando un espesor de 12 cm y con el peso volumétrico se calcula la carga muerta:

$$W_D = 0.12 m \times 2400 \frac{kg}{m^3} = 288 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_L = 245 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_D + W_L = 288 \frac{kg}{m^2} + 245 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_D + W_L = 533 \frac{kg}{m^2} \times 1 m \text{ (Profundidad de analisis)}$$

$$W_D + W_L = 533 \frac{kg}{m}$$

$$W = 5.33 \frac{kg}{cm}$$

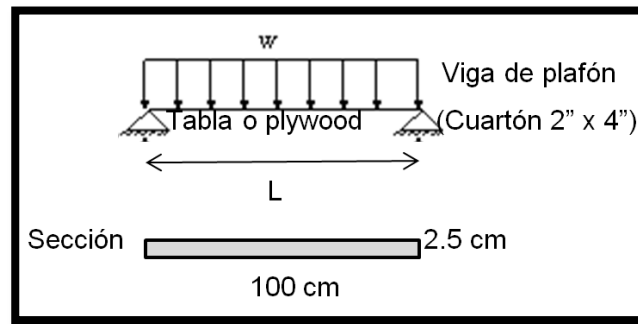


Figura 94: Carga distribuida y sección de tabla en losa densa.

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 (2.5)^2}{6}$$

$$S = 104.20 \text{ cm}^3$$

$$I = \left(\frac{1}{12}\right) bh^3$$

$$I = \left(\frac{1}{12}\right) (100)(2.5)^3$$

$$I = 130.21 \text{ cm}^4$$

Revisión por Flexión:

$$M_{max} = \frac{WL^2}{10} = F'b \cdot S ; F'b = 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\left(\frac{F'bS}{W}\right)}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\frac{100 \times 104.2}{5.33}}$$

$$L = 139.71 \text{ cm}$$



Revisión por Deflexión:

$$\delta = \frac{WL^4}{145EI} \text{ y } \delta_{\max} = \frac{L}{270}; \text{ igualando tenemos:}$$

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{145EI}{270W}\right)}$$

En donde:

$$E = 80000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$I = 130.21 \text{ cm}^4$$

$$W = 5.33 \frac{kg}{cm}$$

$$L_1 = \sqrt[3]{\left\{\frac{[(145)(80000)(130.21)]}{[(270)(5.33)]}\right\}}$$

$$L_1 = 110.125 \text{ cm}$$

Revisión por Cortante:

$$F'_v = 10 \frac{kg}{cm^2}$$

Dónde: $V = 0.6 WL$

$$\therefore \frac{1.5(0.6WL)}{bh} = 10 \rightarrow \frac{11.11bh}{W} = L$$

$$L = \frac{11.11(100)(2.5)}{5.33}$$

$$L = 521.11 \text{ cm}$$

$$\therefore L_{\max} = 110.0 \text{ cm RIGE}$$

∴ Colocar vigas de plafon @1.10 m de separacion.

2. Separación entre vigas longitudinales

Como estas vigas soportan no solo el peso del concreto sino que el peso del encofrado, se le añadirá una sobrecarga $25 \frac{kg}{m^2}$.

$$W_D + W_L = 533 + 25 = \frac{kg}{m^2}$$

$$W = 558 \frac{kg}{m} \times 1.10 m$$

$$W = 613.8 \frac{kg}{m}$$

$$W = 6.14 \frac{kg}{cm}$$

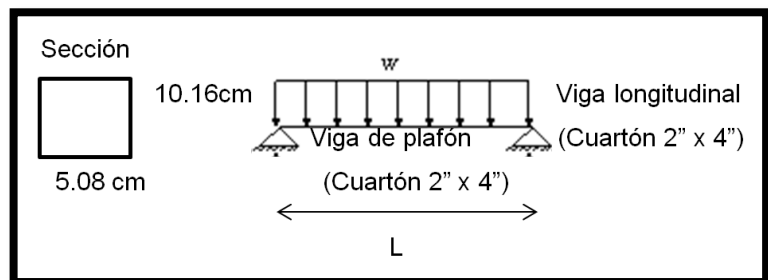


Figura 95: Carga distribuida y sección de cuartón en losa densa.

Revisión por Flexión:

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(5.08 cm)(10.16cm)^3 = 443.98 cm^4$$

$$S = \frac{I}{C} = \frac{443.98 cm^4}{5.08 cm} = 87.39 cm^3$$

$$L = 3.16 \sqrt{\left(\frac{F'bS}{W}\right)}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\left(\frac{(100)(87.39)}{6.14}\right)}$$

$$L = 119.21 cm$$

Revisión por Deflexión:

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{145EI}{270W}\right)}$$

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{(145)(80,000)(443.98)}{(270)(6.14)}\right)}$$

$$L = 145.91 cm$$

Revisión por Cortante:

$$L = \frac{11.11bh}{W}$$

$$L = \frac{11.11(5.08)(10.16)}{6.14}$$

$$L = 93.39 \text{ cm}$$

$$\therefore L_{max} = 93.39 \text{ cm RIGE!!}$$

\therefore Colocar @0.90 m vigas longitudinales.

3. Revisión de puntales

Se calcula la separación máxima entre puntales para que la viga longitudinal no falle por flexión, deflexión y corte.

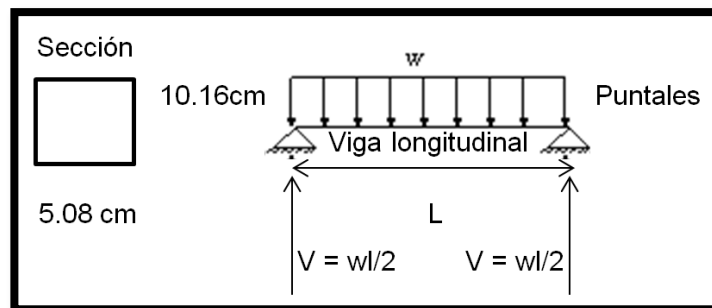


Figura 96: Carga en puntales y sección de cuartón en losa densa.

$$W = 613.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 0.90 \text{ m}$$

$$W = 552.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$W = 5.52 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(5.08 \text{ cm})(10.16 \text{ cm})^3 = 443.98 \text{ cm}^4$$



$$S = \frac{I}{C} = \frac{443.98 \text{ cm}^4}{5.08 \text{ cm}} = 87.39 \text{ cm}^3$$

Revisión por flexión:

$$L = 3.16 \sqrt{\left[\frac{(80)(87.39)}{5.52} \right]} = 112.45 \text{ cm}$$

Revisión por Deflexión:

$$L = \sqrt[3]{\left[\frac{(145)(80,000)(443.98)}{(270)(5.52)} \right]} = 150.94 \text{ cm}$$

Revisión por Cortante:

$$L = \frac{11.11(5.08)(10.16)}{5.52} = 103.88 \text{ cm RIGE!!}$$

∴ Colocar puntales @1.00 m sobre viga longitudinal.

Revisión del Puntal por Pandeo.

$$\frac{L}{h} \leq 50 \text{ (relacion de esbeltez)}$$

Dónde:

L = longitud no arriostrada del puntal (en este caso 3.0 m)

h = menor dimensión del puntal. (en este caso 5 cm)

$$\frac{L}{h} = \frac{300}{5} = 60 > 50 \text{ NO CUMPLE!!}$$

Proponiendo un arriostramiento a la mitad de L.

$$\frac{150}{5} = 30 < 50 \text{ SI CUMPLE!!}$$

El arriostramiento puede ser ajustado de acuerdo a las necesidades de espacio en la obra.

Revisión del Puntal por Capacidad de Carga.

$$P = 1.2WL = 1.2(5.52)(150)$$

$$P = 993.6 \text{ kg}$$

$$F_a = \frac{993.6}{(5.08)(10.16)} = 19.25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok!!}$$

$$19.25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 80 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

∴ Colocar puntales (2" × 4") con un arriostramiento a $L = 1.50 \text{ m} @ 1.10 \text{ m}$.

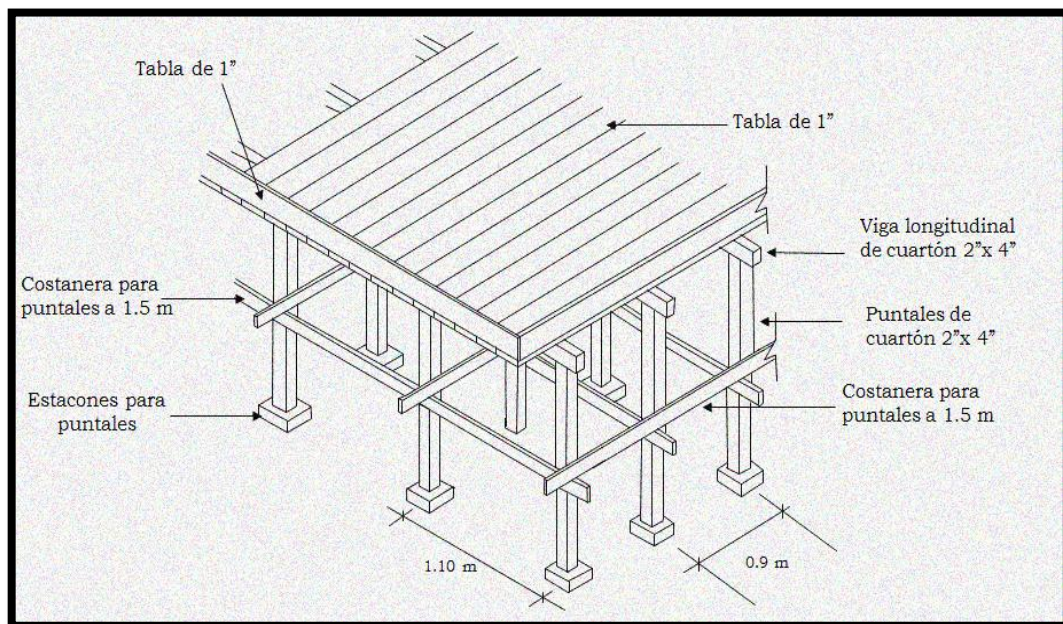


Figura 97: Diseño de encofrado tradicional para losa densa (elaboración propia).



4.7.3 DISEÑO DE LOSA CON ENCOFRADO MIXTO

A continuación se presenta el diseño de encofrado de losa densa.

Material a utilizar:

- Puntal metálico
- Cuartón 4” × 4”
- Plyform de 1”
- Tabla de 1”

Datos:

- Peso Vol. Concreto: $2400 \frac{kg}{m^3}$
- Espesor de la losa: 12 cm
- Carga viva: $250 \frac{kg}{m^2}$
- Altura de entrepiso: 3.00 m

1. Separación de vigas de plafón

Para el cálculo de la separación de las vigas que soportan el plyform y la viga metálica se tomara una franja de 1.00 m de profundidad.

Fijando un espesor de 12 cm y con el peso volumétrico se calcula la carga muerta del plafón:

$$W_D = 0.12 m \times 2400 \frac{kg}{m^3} = 288 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_L = 245 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_D + W_L = 288 \frac{kg}{m^2} + 245 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_D + W_L = 533 \frac{kg}{m^2} \times 1 m \text{ (Profundidad de analisis)}$$

$$W_D + W_L = 533 \frac{kg}{m}$$

$$W = 5.33 \frac{kg}{cm}$$

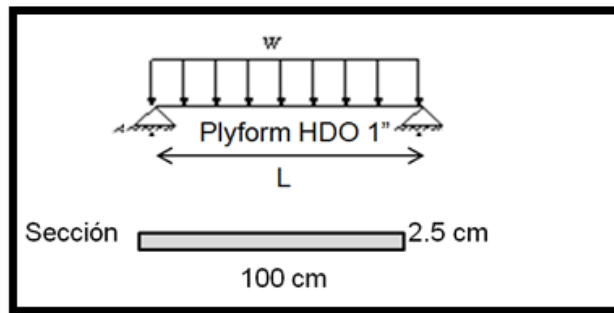


Figura 98: Carga distribuida y sección de tabla en losa densa.

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 (2.5)^2}{6}$$

$$S = 104.20 \text{ cm}^3$$

$$I = \left(\frac{1}{12}\right)bh^3$$

$$I = \left(\frac{1}{12}\right)(100)(2.5)^3$$

$$I = 130.21 \text{ cm}^4$$

Revisión por Flexión:

$$M_{max} = \frac{WL^2}{10} = F'b \cdot S ; F'b = 100 \frac{kg}{cm^2}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\frac{F'bS}{W}}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\frac{100 \times 104.2}{5.33}}$$

$$L = 139.71 \text{ cm}$$



Revisión por Deflexión:

$$\delta = \frac{WL^4}{145EI} \text{ y } \delta_{\max} = \frac{L}{270}; \text{ igualando tenemos:}$$

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{145EI}{270W}\right)}$$

En donde:

$$E = 80000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$I = 130.21 \text{ cm}^4$$

$$W = 5.33 \frac{kg}{cm}$$

$$L_1 = \sqrt[3]{\left\{\frac{[(145)(80,000)(130.21)]}{[(270)(5.33)]}\right\}}$$

$$L_1 = 101.62 \text{ cm}$$

Revisión por Cortante:

$$F'_v = 10 \frac{kg}{cm^2}$$

Dónde: $V = 0.6 WL$

$$\therefore \frac{1.5(0.6WL)}{bh} = 10 \rightarrow \frac{11.11 bh}{W} = L$$

$$L = \frac{11.11(100)(2.5)}{5.33}$$

$$L = 521.10 \text{ cm}$$

$$\therefore L_{\max} = 101.62 \text{ cm RIGE}$$

\therefore Colocar vigas de plafon @1.0 m de separacion.

2. Separación entre vigas longitudinales

Como estas vigas soportan no solo el peso del concreto sino que el peso del encofrado, se le añadirá una sobrecarga $25 \frac{kg}{m^2}$.

$$W_D + W_L = 533 + 25 = \frac{kg}{m^2}$$

$$W = 558 \frac{kg}{m^2} \times 1.0 m$$

$$W = 558.0 \frac{kg}{m}$$

$$W = 5.58 \frac{kg}{cm}$$

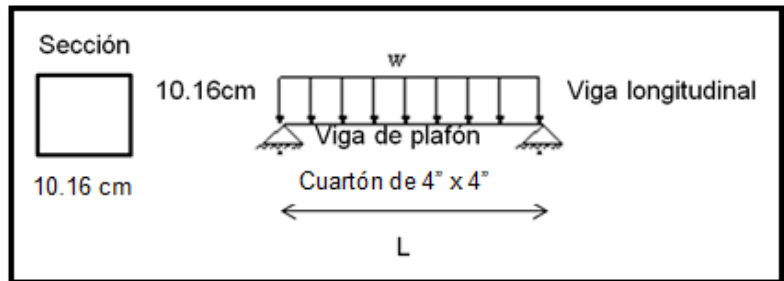


Figura 99: Carga distribuida y sección de cuartón en losa densa.

Revisión por Flexión:

$$I = \frac{1}{12} (10.16)(10.16)^3 = 888 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{I}{C} = \frac{888 \text{ cm}^4}{5.08 \text{ cm}} = 175 \text{ cm}^3$$

$$L = 3.16 \sqrt{\left(\frac{F'bS}{W}\right)}$$

$$L = 3.16 \sqrt{\left(\frac{(100)(175)}{5.58}\right)}$$

$$L = 176.96 \text{ cm}$$

Revisión por Deflexión:

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{145EI}{270W}\right)}$$

$$L = \sqrt[3]{\left(\frac{(145)(80,000)(888)}{(270)(5.58)}\right)}$$

$$L = 189.79 \text{ cm}$$

Revisión por Cortante:

$$L = \frac{11.11bh}{W}$$

$$L = \frac{11.11(10.16)(10.16)}{5.58}$$

$$L = 205.52 \text{ cm}$$

$$\therefore L_{max} = 176.96 \text{ cm RIGE!!}$$

\therefore Colocar @ 1.70 m vigas longitudinales.

3. Revisión de puntales

Se calcula la separación máxima entre puntales para que la viga longitudinal no falle por flexión, deflexión y corte.

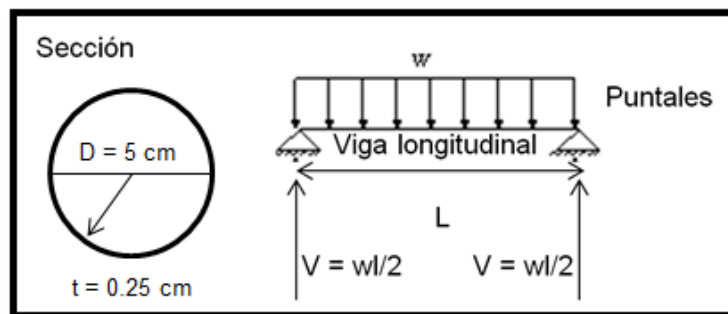


Figura 100: Carga en puntales y sección de puntal en losa densa.

$$W = 558 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 1.70 \text{ m}$$

$$W = 948.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{1\text{m}}{100 \text{ cm}} = 9.49 \text{ kg/cm}$$

$$I = \pi r^3 t = \pi(2.5\text{cm})^3(0.25\text{cm}) = 12.27 \text{ cm}^4 \text{ (Para un cilindro de pared delgada)}$$

$$S = \pi r^2 t = \pi(2.5\text{cm})^2(0.25\text{cm}) = 4.9 \text{ cm}^3 \text{ (Para un cilindro de pared delgada)}$$



Revisión por flexión:

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10F_b S}{W}\right)}$$

$$L_1 = \sqrt{\left(\frac{10(1,512 \text{ kg/cm}^2)(4.9 \text{ cm}^3)}{(9.49 \text{ kg/cm})}\right)}$$

$$L_1 = 88.36 \text{ cm} \quad \text{RIGE}$$

Revisión por Deflexión:

$$L = \sqrt[3]{\left[\frac{(145)(2,100,000 \text{ kg/cm}^2)(12.27 \text{ cm}^4)}{(270)(9.49 \text{ kg/cm})}\right]} = 113.40 \text{ cm}$$

Revisión por Cortante:

$$L_2 = \frac{3F_v \pi r^2}{2W}$$

$$L_2 = \frac{3(1,400 \text{ kg/cm}^2)(\pi)(2.5 \text{ cm})^2}{2(9.49 \text{ kg/cm})}$$

$$L_2 = 4,344.93 \text{ cm}$$

∴ Colocar puntales @0.85 m sobre viga longitudinal.

Revisión del Puntal por Pandeo.

$$\frac{L}{h} = \frac{300}{5} = 60$$

Calcular capacidad de carga:

Para $L/r = 60$ se considera una capacidad de carga de $1,227.8 \text{ kg/cm}^2$ (Ver tabla anexo)

Revisión del Puntal por Capacidad de Carga.

$$P = 1.2WL = 1.2(9.49)(300)$$

$$P = 3,416.4 \text{ kg}$$

$$F_a = \frac{3,416.4}{2\pi(2.5)(0.25)} = 870.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ en donde } A = 2\pi r t \text{ (para cilindros huecos)}$$

$$870.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1,227.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{Cumple}$$

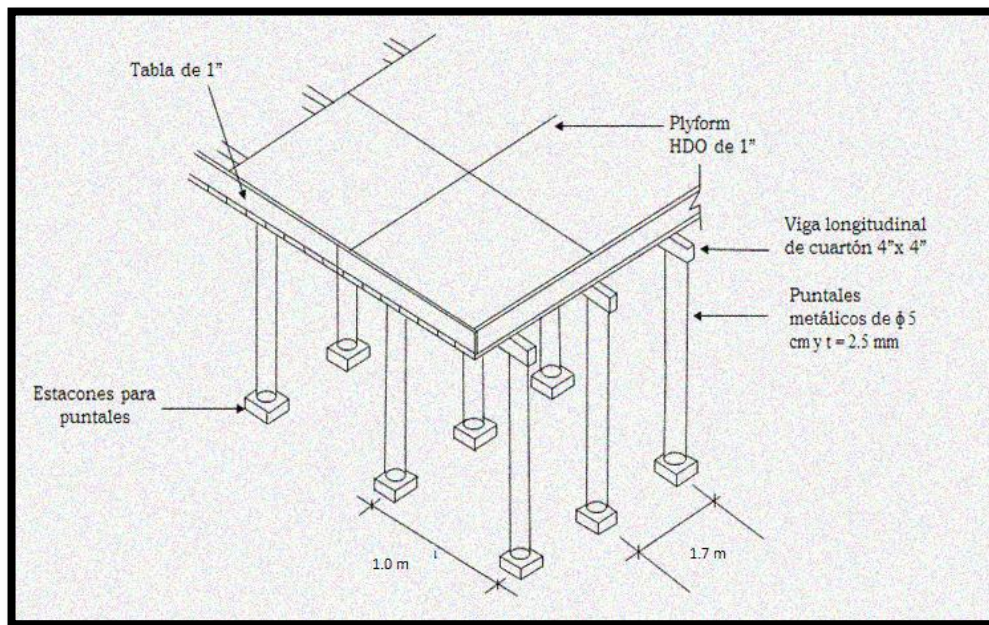


Figura 101: Diseño de encofrado mixto para losa densa (elaboración propia).

4.8 ENCOFRADOS PARA VIGAS

4.8.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Las vigas de concreto armado son los elementos en posición horizontal encargados de soportar las cargas de losas de entrepiso y paredes apoyándose generalmente sobre las columnas, o bien, sobre muros y paredes de mampostería.

Se clasifican de acuerdo a:

1. Las dimensiones y forma de su sección transversal (cuadrada, rectangular).
2. A la posición que ocupa dentro de todo el contexto de los elementos estructurales (interior, central y de borde).

Los elementos que componen el encofrado de la costilla de la viga, generalmente se conectan a los tableros laterales, cuyo ancho es igual a la altura de la viga, los cuales están constituidos por lo general de tabla o tabloncillo al igual que el fondo del molde; es de notarse que este tablero del fondo ira siempre entre lados laterales.

Los barrotes o valules estarán distanciados de manera que puedan soportar el empuje que el concreto ejerza sobre las costillas. Los valules son elaborados generalmente de costanera o cuartón, que descansan sobre otros cuartones colocados de plan sobre el terreno y son llamados durmientes.

Para ajustar y nivelar la altura de los pilotes, de tal manera que la tabla del fondo del encofrado de la viga pueda asentarse uniformemente sobre todos los cabezales, se recurre a las cuñas, estas constan de dos partes y pueden ser hechas de trozo de cuartón en diagonal.

4.8.2 DISEÑO DE VIGA CON ENCOFRADO TRADICIONAL

Carga vertical sobre la viga

Datos:

- Espesor de la losa: 12 cm.
- Peso de concreto: $2400 \frac{kg}{cm^2}$
- Se analizara para un metro de profundidad.
- $F'v = 10 \frac{kg}{cm^2}$
- $F'b = 100 \frac{kg}{cm^2}$

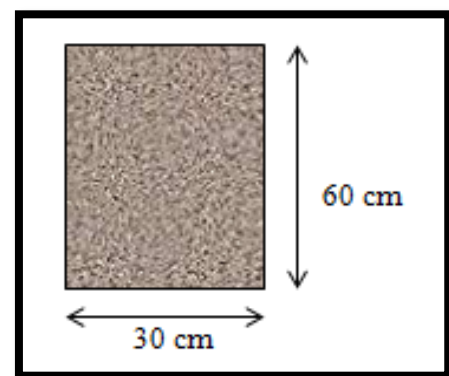


Figura 102: Sección de la viga.

- Carga muerta: $0.30 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 24.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 432 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- Carga Viva = $25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 1.0 \text{ m} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- $w = 432 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 4.57 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$

REVISION DE ASIEN TO DE VIGA

El asiento de la viga se diseñara con una tabla 1" \times 12" (2.5 cm \times 30 cm) lo cual facilitara el diseño ya que no hay que agregar ni cortar la tabla.

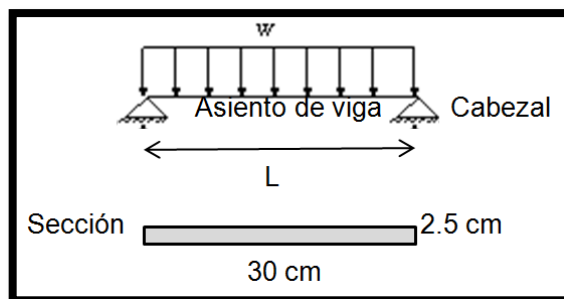


Figura 103: Carga distribuida y sección de tabla en viga.

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I = \frac{1}{12}(30)(2.5)^3$$

$$I = 39.06 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{I}{C} = \frac{39.06}{1.25} = 31.25 \text{ cm}^3$$

$$F'b = 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

REVISION POR FLEXION

$$L = 3.16 \sqrt{\left[100\left(\frac{31.25}{4.57}\right)\right]}$$

$$L = 82.63 \text{ cm.}$$

REVISION POR DEFLEXION

$$L = \sqrt[3]{\frac{[(145)(80,000)(39.06)]}{[(270)(4.57)']}}$$

$$L = 71.61 \text{ cms. RIGE!!!!}$$

REVISION POR CORTANTE

$$L = \frac{11.11(30)(2.5)}{4.57}$$

$$L = 182.33 \text{ cms}$$

∴ Se colocaran puntales @70 cms a lo largo de la viga.

REVISION DE PUNTALES

$$P = 1.2 \times 4.57 \times 70 = 383.88 \text{ kg}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = 383 \times \frac{88}{50} = 7.67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 80 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{1230.10}{6 \times 12} = 17.10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 80 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.9 ENCOFRADOS DE LOSA Y VIGA COLADA IN SITU

4.9.1 DISEÑO DE ENCOFRADO PARA LOSA DENSA Y VIGA COLADA IN SITU

Datos:

- Carga viva de colado = $245 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
- Concreto normal = $2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
- Espesor de losa = 12 cm
- Altura de entrepiso = 3.0 m

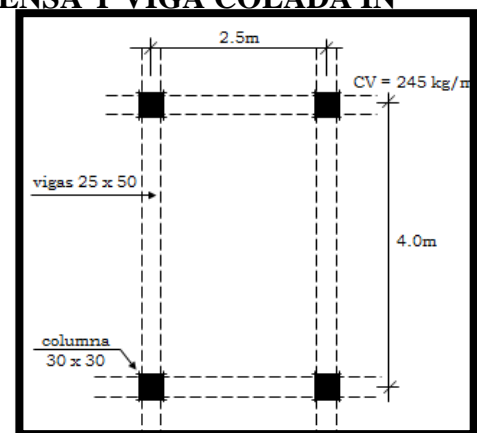


Figura 104: Losa de entrepiso.

1. Materiales a Utilizar (Pino)

- a) Cuartón 2" × 4
- b) Tabla de 1" × 12"
- c) Costanera 2" × 2"
- d) Regla pacha 1" × 4"

2. Calculo de la carga

$$\text{Peso de losa: } 0.12 \times 2400 = 288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de madera: } 0.05 \times 950 = 47.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{(Aprox.) CM} = 335.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CV} = 245.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{W} = 580.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

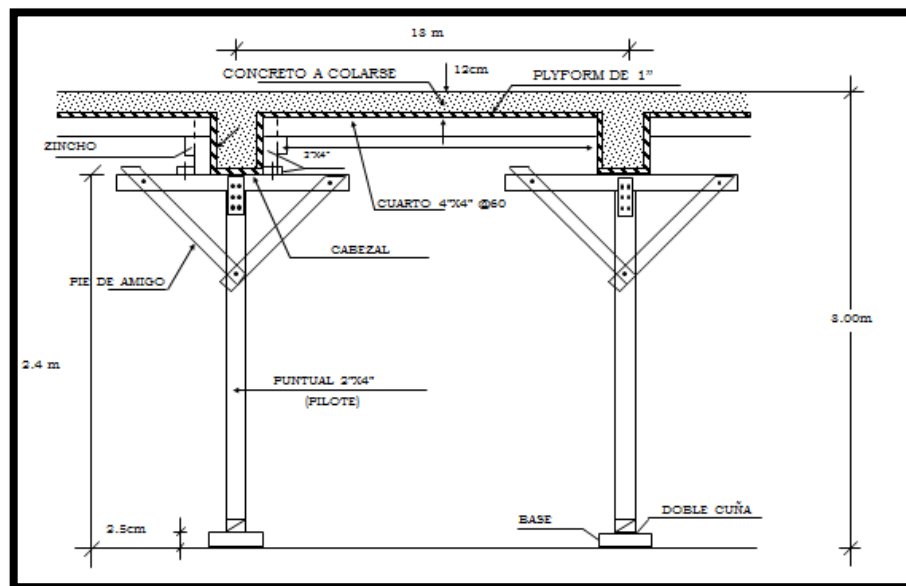


Figura 105: Detalle de viga y losa. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing. Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

Revisión del Plywood de 1”

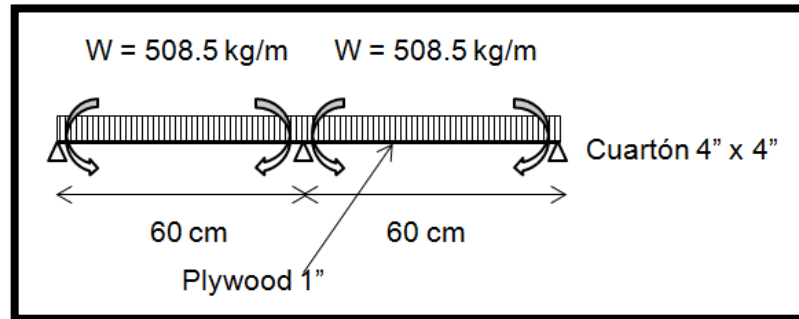


Figura 106: Revisión de plywood de 1”. (Elaboración propia).

$$W = 580.5 \frac{kg}{m^2} \times 1 m$$

$$W = 580.5 \frac{kg}{m}$$

Suponiendo cuartones de 4” x 4” @60 cms. para una franja de 1.00 m

$$M_{max} = \frac{WL^2}{10} = \frac{580.5(0.60)^2}{10} = 20.90 Kg.m$$

$$V = \frac{5}{8} WL = \frac{5}{8} (580.5)0.60 = 217 kg$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} (100)2.5^3 = 130.21 cm^4$$

Revisión por flexión:

$$fb = \frac{Mc}{I} = \frac{20.90(100)(1.25)}{130.21} = 20.1 \frac{kg}{cm^2} < F'b = 100 \frac{kg}{cm^2} \quad O.K.!!$$

Revisión por Cortante:

$$fv = \frac{3V}{2A} = \frac{3(217)}{2(100)(2.5)} = 1.302 \frac{kg}{cm^2} < F'v = 10 \frac{kg}{cm^2}$$

Revisión del cuartón 4" × 4" @60 cm que sostiene al Plywood de 1"

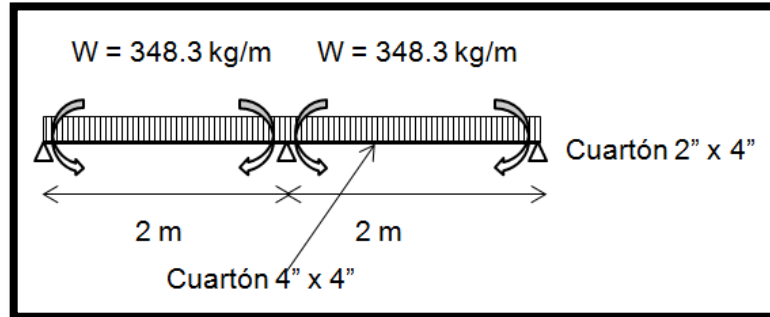


Figura 107: Revisión de cuartón 4"x 4".

$$W = 580.5 \frac{kg}{m^2} \times 0.60 m$$

$$W = 348.30 \frac{kg}{m}$$

Revisión por flexión:

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8} = \frac{348.3(2.0)^2}{8} = 174.15 Kg.m$$

$$fb = \frac{Mc}{I} = \frac{174.15(100)(5)}{833} = 104.57 \frac{kg}{cm^2} = F'b = 100 \frac{kg}{cm^2} \text{ ACEPTABLE!!}$$

Revisión por Cortante:

$$V = \frac{5}{8} WL = \frac{5}{8} (580.5)0.60 = 217 kg$$

$$fv = \frac{3V}{2A} = \frac{3(218)}{2(10)(10)} = 3.27 \frac{kg}{cm^2} < F'v = 10 \frac{kg}{cm^2} \text{ O.K.!!}$$

Revisión por deflexión:

$$\delta_{max} = \frac{5WL^4}{384EI} = \frac{(5)(3.483)(200)^4}{(384)(90000)(833)} = 0.96 cm$$

$$\delta_{adm} = \frac{L}{270} = \frac{200}{700} = 0.74 m \text{ (Ligeramente mayor)} \rightarrow \text{Aceptable}$$

Diseño del molde de la viga.

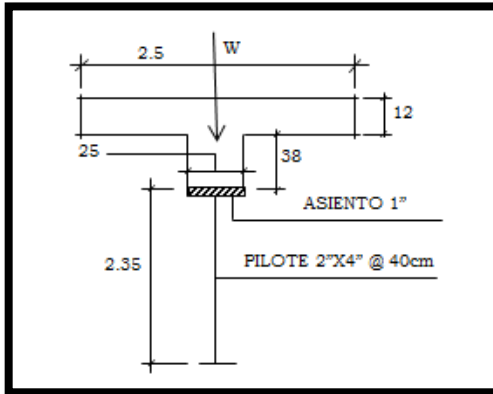


Figura 108: Diseño del molde de la viga.

$$W_o = 580.5 \frac{kg}{m^2} \times 2.5 m = 1451.25 \frac{kg}{m}$$

W = peso propio de viga:

$$W = 0.25 m \times 0.38 m \times 2400 \frac{kg}{m^3} = 228.00 \frac{kg}{m}$$

$$W_{TOTAL} = W_o + W_{\text{peso propio de la viga}} = 1451.25 \frac{kg}{m} + 228.00 \frac{kg}{m} = 1679.25 \text{ kg/m}$$

Revisión del asiento de viga 2.5 cm × 2.5 cm.

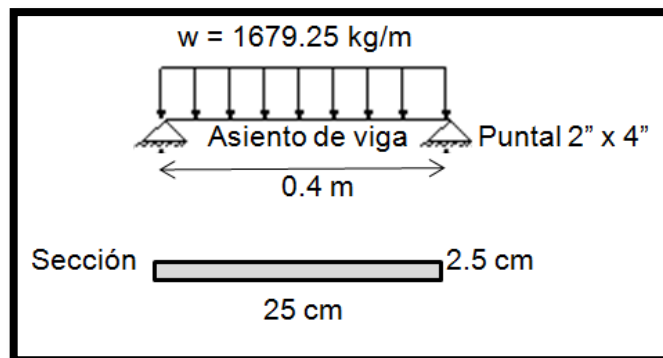


Figura 109: Revisión de asiento de viga.

Revisión por flexión:

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8} = \frac{1679.25(0.40)^2}{10} = 26.89 \text{ Kg.m} = 2689 \text{ Kg.m}$$

$$f_b = \frac{Mc}{I} = \frac{2689(1.25)}{32.55} = 103.26 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'_b = 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ACEPTABLE!!}$$

Revisión por Cortante:

$$V = \frac{5}{8} WL = \frac{5}{8} (1679.25)0.40 = 420 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{3V}{2A} = \frac{3(420)}{2(25)(2.5)} = 10.08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = F'_v = 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ Aceptable!!}$$

Diseño de pilote 2" × 4" @40 cm.

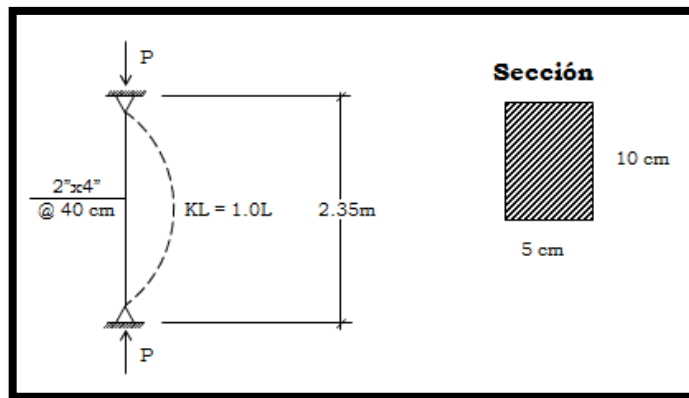


Figura 110: Diseño de pilote.

$P = \text{Carga sobre el pilote } 2" \times 4"$

$$P = 1679.25 \times 0.40 = 671.70 \text{ kg.}$$

$P_a = \text{Carga admisible en el pilote}$

$$P_a = \frac{0.30AE}{\left(\frac{kl}{d}\right)^2}$$

$$P_a = \frac{0.30(5 \times 10)(90000)}{\left(\frac{235}{5}\right)^2}$$

$$P_a = 611 \text{ kg} < P \text{ no pasa.}$$

Disminuir la separacion del pilote!!

Colocando pilotes @35 cms:

$$P = 1679.25 \times 0.35 = 588 \text{ kg} < P_a \text{ O.K.!!}$$

\therefore Colocar pilotes @35 cms.

4.10 ENCOFRADOS PARA FUNDACIONES

4.10.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Las formaleas para las fundaciones no requieren el mayor cálculo por tener la mayoría una altura de colado muy pequeña. Se exceptúan las paredes de vigas de fundación de gran peralte, pilastras y otras.

Siendo el espesor de las zapatas muy pequeño (entre 25 y 60cm), las presiones del concreto son pequeñas, gobernando en la mayoría $P_m = 150h$; la plataforma y los refuerzos se pueden calcular en forma similar a los efectuados en molde para paredes.

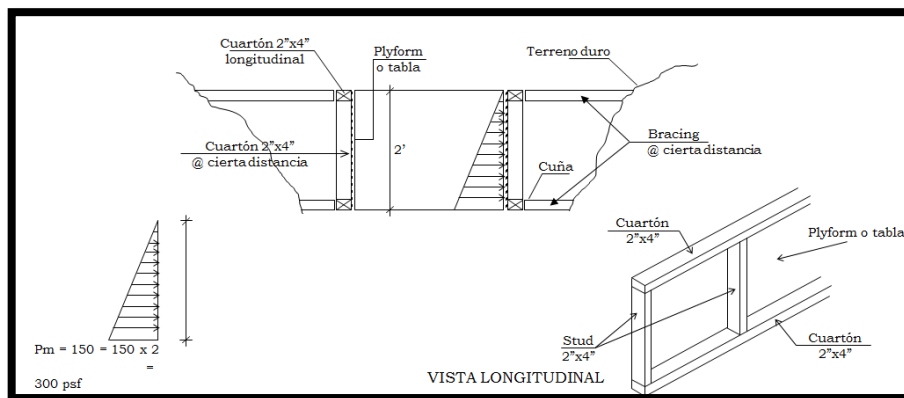


Figura 111: Encofrado para fundaciones. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

Por ejemplo si tenemos un molde de 2’ (60.5 cm) de altura el procedimiento es el siguiente:

- Carga sobre el plyform o tabla de 1”

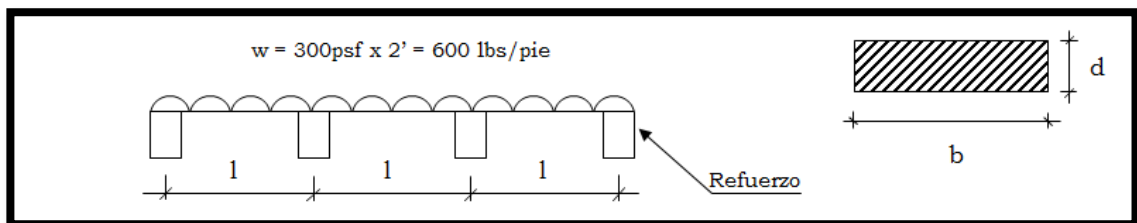


Figura 112: Revisión del plyform o tabla de 1”. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

$$W = 3000 \text{ psf} \times 2 \text{ pies} = 600 \text{ lb/pie} \times [(0.01488 \text{ kg/cm}) / 1 \text{ lb/pie}] = 8.93 \text{ kg/cm}$$

Encontrar separación l

✓ Revisión por deflexión: $L_1 = 0.36(2.5) \sqrt[3]{((60)(80000)/8.93)}$

$$L_1 = 73.17 \text{ cm} \text{ **Cumple**}$$

✓ Revisión por flexión: $L_1 = 12.90 \sqrt{(60)(2.5)^2/8.93}$

$$L_1 = 83.59 \text{ cm}$$

✓ Revisión por cortante: $L_1 = \frac{13.33 (60)(2.5)}{8.93}$

$$L_1 = 223 \text{ cm}$$

Colocar refuerzo vertical @ 70 cm

Revisar separación del refuerzo

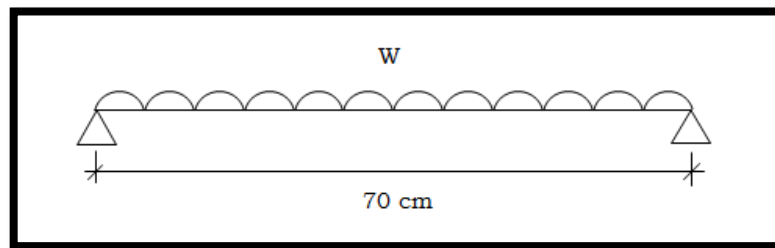


Figura 113: Revisión del refuerzo cuartón 2" x 4" (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”,

Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

$$P = WL/2 = (8.93) \times (70) / (2) = 312.55 \text{ kg}$$

$$L_2 = 60 \text{ cm}$$

✓ **Revisión por deflexión:**

$$\delta = \frac{PL_2^3}{48 EI} = \frac{312.55(60)^3}{48 (80,000)(443.98)} = 0.04 \text{ cm} < \frac{60}{270} = 0.22 \text{ ok}$$

✓ **Revisión por flexión:**

$$fb = \frac{0.75PL}{bh^2} = \frac{0.75(312.55)(60)}{(5.08)(10.16)^2} = 26.82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'b = 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok}$$

✓ **Revisión por cortante:**

$$fv = \frac{3P}{4bh} = \frac{3(312.55)}{4(5.08)(10.16)} = 4.54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < F'v = 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ ok}$$



4.11 DISEÑO DE ENCOFRADOS UTILIZANDO VALORES EN TABLAS

4.11.1 INTRODUCCION

Los diseños de los encofrados antes mencionados, son elaborados a partir de fórmulas y cálculos matemáticos los cuales se basan en revisiones de las propiedades mecánicas de los elementos que conforman el encofrado para determinar que carga puede soportar para que la formaleta trabaje de la manera más eficientemente posible.

Los diseños de encofrados anteriores pueden resultar tediosos y a la vez solo puede ser realizado por un ingeniero civil o un técnico especialista en el área; dificultando a los maestros de obra o a los carpinteros a los cuales se les asigna la elaboración de estos basándose en los conocimientos obtenidos a base de experiencia únicamente.

Con el fin de facilitar el diseño de los encofrados y que estos puedan ser diseñados no solo por el ingeniero civil o técnico especialista, sino también por personas relacionadas a la rama de la construcción; se presentaran tabla de datos obtenidos por diversos autores en base a las formulas antes estudiadas, con el fin de diseñar encofrados de una forma sencilla, segura, y rápida.

La facilidad de la utilización de valores tabulados será que conociendo las propiedades geométricas de los encofrados y los materiales que lo conforman, las tablas nos darán las separaciones entre los diversos elementos que conforman el encofrado, de tal forma que se diseñara de forma eficiente y segura.

4.11.2 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA COLUMNAS

En la tabla 24 se presentan los valores tabulados para la separación de los refuerzos horizontales necesarios para resistir las condiciones del colado para las diferentes alturas y secciones transversales.

El material a utilizar es el siguiente: el refuerzo horizontal es de cuarton 2” x 4” y el molde es tabla o plywood de 1”

Altura de columna H (m)	Secciones transversales (cm)												
	30x30	35x35	40x40	45x45	50x50	55x55	60x60	70x70	75x75	80x80	85x85	90x90	100x100
1.5	55	53	45	41	37	34	31	26	25	23	22	20	19
2.0	46	40	35	31	28	25	23	20	19	17	16	15	14
2.5	37	32	28	25	22	21	19	17	15	14	13	12	11
3.0	30	26	23	21	19	17	15	13	12	12	11	10	9
3.5	26	23	20	18	16	14	13	11	11	10	9	9	8
4.0	23	20	17	15	14	13	11	10	9	9	8	7	7
4.5	21	18	15	14	12	11	10	9	8	8	7	7	6
5.0	18	16	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5
5.5	16	14	13	11	10	9	8	7	7	6	6	6	5
6.0	15	13	11	10	9	8	8	7	6	6	5	5	4

*Separación de elementos horizontales en centímetros.

Tabla 25: Diseño de encofrado tradicional en columnas (*Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador*).

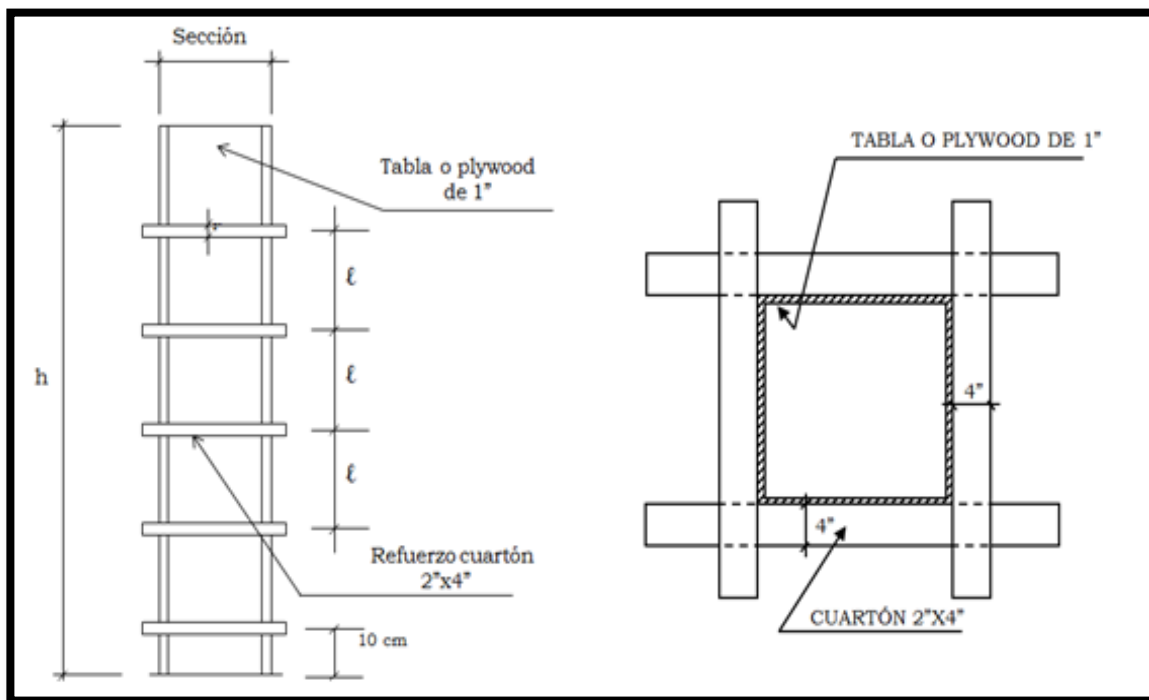


Figura 114: Encofrado tradicional para columnas. (*Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador*).

En la tabla 25 y 26 se presentan los valores tabulados para la separación de los refuerzos horizontales necesarios para resistir las condiciones del colado para las diferentes alturas y secciones transversales.

En Estados Unidos usan un sistema de refuerzo (yokes) con pernos, tal como se muestra en la siguiente figura 113. Hay que tener presente que los valores tabulados están en el sistema inglés.

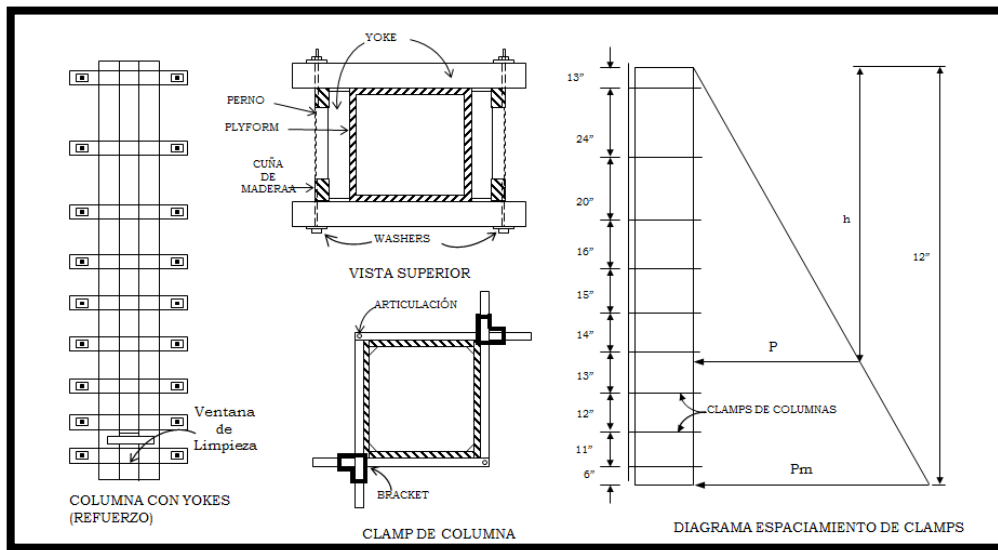


Figura 115: Sistema de yokes para encofrados de columnas. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

Altura medida desde parte superior de formaleta (pie)	Pm máxima presión (psf) (lb/pie ²)	Máximo espaciamiento de los refuerzos (yokes) en pulgadas para plataformas de		
		1"	1 1/2"	2"
2	300	28		
3	450	23		
4	600	20	33	
5	750	18	30	36
6	900	16	27	33
7	1050	15	25	30
8	1200	14	23	28
9	1350	13	22	27
10	1500	12	21	25
12	1800	11	19	23
14	2100	10	18	21
16	2400	10	16	20
18	2700	9	15	19
20	3000*	9	14	18
22	3000*	9	14	18

Tabla 26: Máximo espaciamiento de los yokes (refuerzos) para madera. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

Altura (pie)	Espaciam. del yoke	Yoke (ref.)	Sección nominal del yoke (ref.) en pulgadas							
			Sección de la columna cuadrada							
			12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	
5	18	A	2x4	2x4	3x4	3x4	3x4	4x4	4x4	
		B	4x2	4x2	2x4	2x4	2x4	2x4	4x3	
6	17	A	2x4	3x4	3x4	3x4	4x4	4x4	3x6	
		B	4x2	4x2	2x4	2x4	2x4	2x4	3x4	
7	15	A	2x4	3x4	3x4	3x4	4x4	4x4	3x6	
		B	4x2	4x2	2x4	4x4	4x4	3x6	3x6	
8	14	A	2x4	3x4	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	
		B	4x2	4x2	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	
9	14	A	3x4	3x4	4x4	4x4	4x4	3x6	3x6	
		B	4x2	2x4	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	
10	13	A	3x4	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	
		B	4x2	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	3x4	
12	12	A	3x4	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	
		B	4x2	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	4x4	
14	11	A	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	3x6	
		B	4x2	2x4	2x4	2x4	3x4	3x4	4x4	
16	10	A	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	3x6	
		B	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	3x4	3x4	
18	10	A	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	3x6	
		B	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	3x4	4x4	
20	9	A	3x4	4x4	4x4	3x6	3x6	3x6	4x6	
		B	2x4	2x4	2x4	4x3	3x4	3x4	4x4	

Tabla 27: Máxima separación de los refuerzos 2” x 4” en formaletas para columnas cuadradas utilizando de plataforma plyform de 1” o tabla de madera de 1” (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

Los pernos deben ser del diámetro igual o mayor a los siguientes:

Sección del yoke (ref.)	Diámetro del perno
3x4	1/2
4x4	5/8
3x6	3/4
4x6	1”

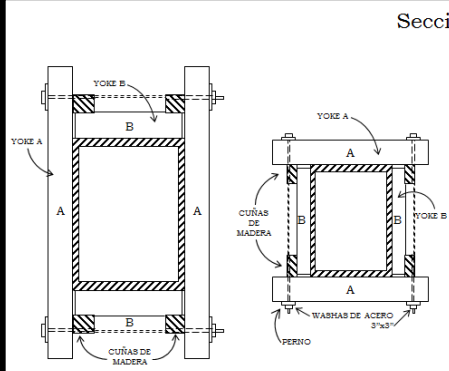


Figura 116: Selección de pernos en el sistema de yokes para encofrados de columnas. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

4.11.3 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA PAREDES DE CONCRETO

En la tabla 27 se presentan los valores tabulados para la separación de los refuerzos verticales y horizontales necesarios para resistir las condiciones del colado para las diferentes alturas, además de la separación del tensor de acero $\phi 3/8''$ y la separación.

El material a utilizar es el siguiente: el refuerzo vertical y horizontal es de cuartón 2'' x 4'' y el molde es plywood de 1'' con pernos de acero de $\phi 3/8''$

Altura (m)	Separación de refuerzo vertical (cm) L_1	Separación de refuerzo horizontal (cm) L_2	Separación de tensor de acero de $\phi 3/8''$ (cm)		Separación de puntal lateral (cm)
			Vertical L_3	Horizontal L_4	
1.0	70	55	110	140	200
2.0	60	50	100	120	175
3.0	55	45	90	110	150
4.0	50	40	80	100	125
5.0	45	35	70	90	100
6.0	45	30	60	90	50

Tabla 28: Diseño de encofrado tradicional en paredes (*Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador*).

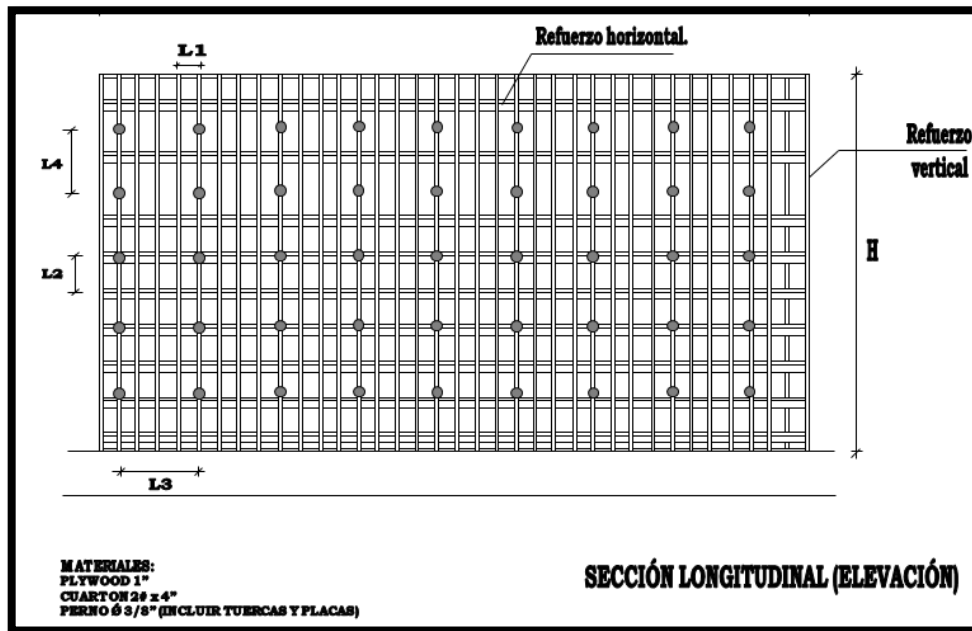


Figura 117: Encofrado tradicional para paredes de concreto. (*“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012*).



4.11.4 TABLAS DE DISEÑO DE ENCOFRADO PARA LOSAS Y VIGAS

Los diseños de encofrados de losas y vigas son elaborados de acuerdo a la carga que actúa sobre estos, dicha carga no dependerá de la presión y de la temperatura del concreto; sino únicamente de la carga muerta y viva que estará actuando directamente sobre ellos.

La carga muerta comprende el peso del molde, el del concreto y el del acero; por lo que puede definirse a partir de las dimensiones de las estructuras.

La carga viva comprende el peso del equipo, material, así como el del personal que labora cuando se ejecutan los colados de ellas. El ACI recomienda tomar un valor de carga viva de 245 kg/cm^2 .

Sección (cm)	Separación de Cabezal L_1	Separación de puntal L_1	Separación de zuncho L_1	Separación de refuerzo lateral L_2
15 x 20	90	90	90	140
15 x 30	85	85	85	120
20 x 30	80	80	80	120
20 x 40	75	75	75	105
25 x 50	70	70	70	90
25 x 60	65	65	65	85
30 x 60	60	60	60	85
30 x 70	55	55	55	80
40 x 70	50	50	50	80
40 x 80	45	45	45	70
50 x 80	40	40	40	70
50 x 100	35	35	*	*
55 x 100	30	30	*	*
60 x 110	25	25	*	*
60 x 120	20	20	*	*
70 x 140	15	15	*	*

NOTA: Para una altura de puntal mayor de 1.60 m, colocar arriostramiento.

*Diseñar costillas de viga como encofrado de pared.

Tabla 29: Diseño de encofrado tradicional en vigas (*Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador*).

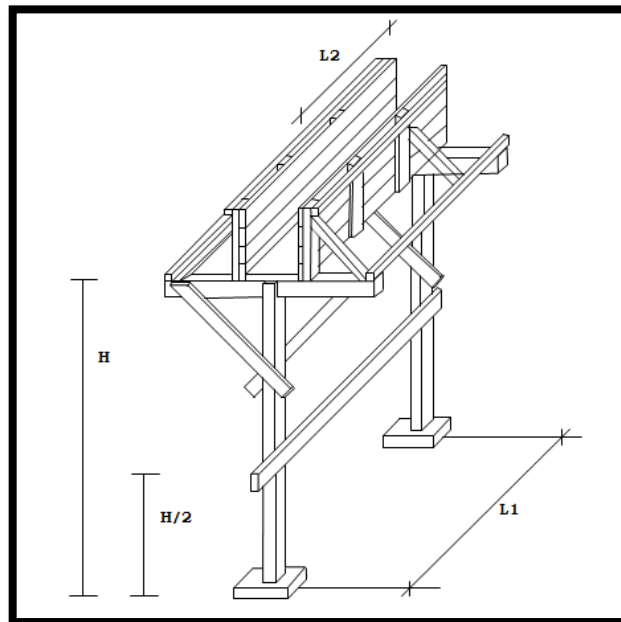


Figura 118: Encofrado tradicional para vigas. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

Espesor de losa (cm)	Separación de viga de Plafón L_1	Separación de viga Longitudinal L_2	Separación de puntal L_3
10	100	110	110
12	100	100	100
15	100	90	100
20	90	80	90

NOTA: Para una altura de puntal mayor de 1.60 m, colocar arriostramiento de cuartón 2” x 4” a H/2.

Tabla 30: Diseño de encofrado tradicional en losas (Tesis “Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador”, Mayo 1995 Universidad de El Salvador).

CAPITULO V

EVALUO DE COSTOS PARA
LOS DISTINTOS SISTEMAS DE
ENCOFRADOS.



5.0 EVALUO DE COSTOS PARA LOS DISTINTOS SISTEMAS DE ENCOFRADOS

5.1 METODOLOGIA A SEGUIR

Una vez visto la elaboración del diseño de encofrados, se procede a realizar el cálculo de material y los costos de los diferentes sistemas de encofrados.

Actualmente, dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se pueden elegir el sistema de encofrado y los materiales a utilizar de tal manera de disminuir costos y tiempos a la hora de la ejecución de las estructuras de concreto en una edificación.

Por eso es muy importante planificar cuidadosamente un plan de trabajo en donde se indiquen las estructuras de concreto a construir en un edificio y proveer las formaleas que puedan asegurar la máxima economía en el sistema de encofrados y además una elevada eficiencia de mano de obra.



Figura 119: Planificación de costos en la construcción. (Bimsa Reports, S.A. de C.V.)



Primero se procede en la elección del sistema de encofrado a utilizar en función del proyecto y la magnitud del mismo.

Una vez eligiendo el sistema de encofrado a implementar, se procede al cálculo de volumen de obra, esto servirá para obtener la cantidad de materiales necesarios para elaborar los encofrados, así como conocer el tiempo de elaboración y la cantidad de usos que podremos utilizar dicho encofrado.

Finalmente se procede a calcular el costo de dicho encofrado, primero para un elemento y luego se estima para un número significativo de estructuras del mismo elemento (en serie).

Es por ello, que se realizara el cálculo de volumen de obra para cada sistema de encofrado de las diferentes estructuras de concreto y luego se calculará el costo de dichas alternativas, en el cual se podrá observar en qué casos sería más conveniente utilizar el sistema de encofrado más eficiente.

5.2 REMOCION DE LOS ENCOFRADOS

Antes de pasar al cálculo del costo de encofrados hay que tener en cuenta el tiempo que debemos de dejar el encofrado antes de desmontarlo, ya que si se hace demasiado pronto podemos ocasionar daños en las estructuras de concreto y si se hace demasiado tarde se elevan los costos del encofrado, así que es conveniente conocer las condiciones en la que se deben de desmontar los moldes.

Los moldes deberán ser removidos tan pronto sea posible con el objeto de lograr el mayor número de usos, pero no hasta que el concreto haya logrado la resistencia y estabilidad necesaria para soportar la carga muerta y las cargas de construcción que pueden ser colocadas.



RESISTENCIA MINIMA DEL CONCRETO PARA DESENCOFRAR.	
CLASIFICACIÓN ESTRUCTURA	RESISTENCIA MINIMA REQUERIDA (lb/pul ² , kg/cm ²)
A) Concreto no sujeto a esfuerzos apreciables directos de flexión, ni confinada sobre formaletas con vertical ni sujetas a daños por desencofrados u otras actividades de construcción. Ejemplos: - Superficies verticales o casi verticales de secciones gruesas. - Paredes de túneles contra superficie de roca. - Cubiertas de superficies en pendiente. - Cara exterior de barriles.	500 lb/pul ² (35kg/cm ²)
B) Concreto sujeto a esfuerzos apreciables directos y de flexión y parcialmente confinados por formaletas para soporte vertical. 1. Sujeta solamente a carga muerta. Ejemplo: - Adentro de barriles, etc. - Arcos de almacenados contra roca sólida. - Superficies verticales o casi verticales de secciones delgadas. 2. Sujeta a carga muerta y viva. Ejemplo: - Dentro de galerías y otras aberturas en presas. - Paredes laterales y arco en túneles, alineados contra materiales inestables. - Columnas.	750 lb/pul ² (52.5kg/cm ²)
C) Concreto sujeto a altos esfuerzos de flexión y casi totalmente confinada en formaleta para soporte vertical. Ejemplos: vigas, losas, techo, losa de puentes.	2000 lb/pul ² (140kg/cm ²)

Tabla 31: Resistencia mínima del concreto para desencofrar. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

TIEMPOS MINIMOS DE DESENCOFRADOS BAJO CONDICIONES NORMALES.	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	TIEMPO
Paredes*	12 horas – 24 horas
Columnas*	12 horas – 24 horas
Costillas de vigas principales y secundarias*	12 horas – 24 horas
Casetones (pan joist form) en losa reticular**	
Menores de 30” de ancho	3 días
Mayores de 30” de ancho	4 días
	CV < CM CV > CM
- Arcos centrales	14 días♦ 7 días♦
- Asientos de vigas	
No mayores de 10’ de claro	7 días♦ 4 días♦
Entre 10’ y 20’ de claro	14 días♦ 7 días♦
Mayores de 20’ de claro	21 días♦ 14 días♦
- Losas en una dirección	
Menores de 10’ de claro	4 días♦ 3 días♦
Entre 10’ y 20’ de claro	7 días♦ 4 días♦
Mayores de 20’ de claro	10 días♦ 7 días♦
NOTAS:	
*	Si se soportan losa o viga secundarias, el tiempo de desencofrado será gobernado por éstas.
**	Puede desencofrarse pero sin perturbar los puntuales.
♦	Donde las formaletas pueden ser removidas sin perturbar los puntuales, use la mitad de los valores mostrados, pero no menor de 3 días.

Tabla 32: Tiempos mínimos de desencofrados bajo condiciones normales. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

5.3 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE COLUMNAS

5.3.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA COLUMNAS

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado tradicional para columnas.

- Altura de columna: $H = 4.25 \text{ m}$
- Sección de columna: $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
- Material a utilizar: Tabla de pino de $1'' \times 12''$ y Cuartón $2'' \times 4''$

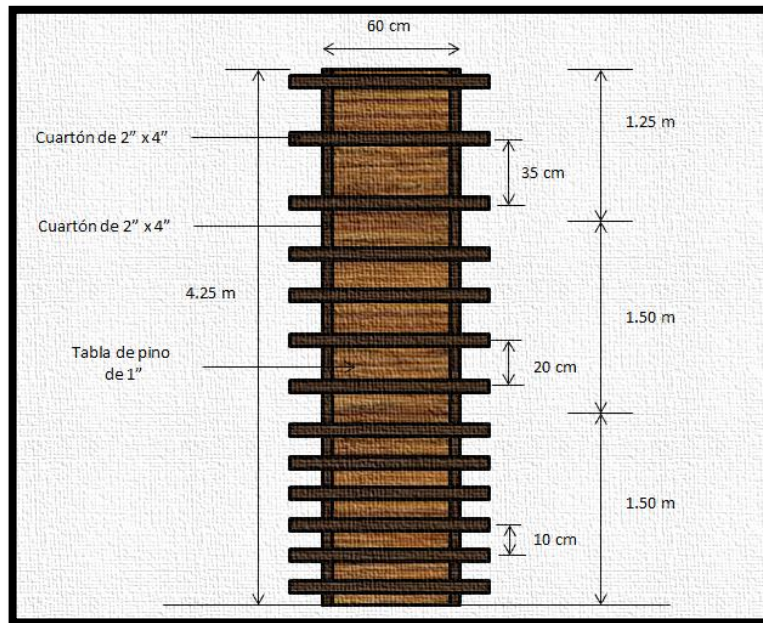


Figura 120: Encofrado tradicional para columnas. (Elaboración propia).

Calculo de material para una columna (1 encofrado)

- Calculo de Tabla de pino $1'' \times 12''$

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Tiene un ancho de $12''$ (30 cm) y una longitud de 3 varas

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{5.98 \text{ varas}}{3 \text{ varas por tabla}} = 1.99 \text{ tabla} \approx 2 \text{ tabla}$$

“Se necesitan 2 tabla de 3 varas por cara, como son 4 lados se ocuparan = 16 tablas de 3 varas”



- Calculo de Cantidad de refuerzo para tablas

Tramo 1 (Se colocan @10 cms)

Longitud del cuartón = $0.7 \text{ m} \times 2 \text{ lados} + 0.6 \text{ m} \times 2 \text{ lados} = 2.60 \text{ m}$ de cuartón 2” × 4”

Se colocan @10 cms

ML Total del cuartón = $N^\circ \text{ de cuartones} \times 2.60 \text{ m} = \left(\frac{1.50 \text{ m}}{0.10 \text{ m}}\right) \times 2.6 \text{ m} = 39.00 \text{ m}$

Como se utilizan cuartones de 5 varas entonces:

$N^\circ \text{ de cuartones} = 39.00 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ cuartón}}{5 \text{ varas}}\right)$

$N^\circ \text{ de cuartones} = 9.33 \text{ cuartones} \approx \mathbf{10 \text{ cuartones}}$

Tramo 2 (Se colocan @20 cms)

Longitud del cuartón = $0.7 \text{ m} \times 2 \text{ lados} + 0.6 \text{ m} \times 2 \text{ lados} = 2.60 \text{ m}$ de cuartón 2” × 4”

ML Total del cuartón = $N^\circ \text{ de cuartones} \times 2.60 \text{ m} = \left(\frac{1.50 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}\right) \times 2.60 \text{ m} = 19.50 \text{ m}$

Como se utilizan cuartones de 5 varas entonces:

$N^\circ \text{ de cuartones} = 19.5 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ cuartón}}{5 \text{ varas}}\right)$

$N^\circ \text{ de cuartones} = 4.66 \text{ cuartones} \approx \mathbf{5 \text{ cuartones}}$

Tramo 3 (Se colocan @35 cms)

Longitud del cuartón = $0.7 \text{ m} \times 2 \text{ lados} + 0.6 \text{ m} \times 2 \text{ lados} = 2.60 \text{ m}$ de cuartón 2” × 4”

Longitud Total del cuartón = $N^\circ \text{ de cuartones} \times 1 \text{ m} = \left(\frac{1.25 \text{ m}}{0.35 \text{ m}}\right) \times 2.60 \text{ m} = 9.28 \text{ m}$

Como se utilizan cuartones de 5 varas entonces:

$N^\circ \text{ de cuartones} = 9.28 \text{ m} \times \left(\frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ cuartón}}{5 \text{ varas}}\right)$

$N^\circ \text{ de cuartones} = 2.22 \text{ cuartones} \approx \mathbf{3 \text{ cuartones}}$

Se necesitan 18 cuartones de 4 varas (2” × 4”)



- Calculo de Cantidad de Clavos de 3”

Para unir refuerzos con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ unidades}}{1 \text{ tabla}} \right) \times (16 \text{ tablas}) = \mathbf{96 \text{ Clavos}}$$

Clavos de 3”

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{96 \text{ unidades}}{60 \text{ unidades}} \right) \times (1.05 \text{ de desperdicio}) = 1.68 \text{ lbs} \approx 2 \text{ libra}$$

Se necesita 2 libra de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos para una columna se procederá a realizar para un número de **50** columnas de la misma sección, considerando 3 usos en encofrados de madera, obteniendo la cantidad de encofrados a utilizar de la siguiente manera:

$\text{N}^\circ \text{ de encofrados} = 50 \text{ columnas} / 3 \text{ usos} = 16.67 = \mathbf{17 \text{ Encofrados de madera para columnas.}}$

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado de Madera para Columna

UNIDAD: 1

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	64.00	1.00	\$2.95	\$188.80
Cuartón 2" x 4"	vara	90.00	1.00	\$1.28	\$115.20
Clavo 3"	libra	2.00	1.00	\$0.64	\$1.28
SUBTOTAL =					\$305.28

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$336.31
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$67.26
PRECIO TOTAL =		\$403.57



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado de Madera para Columna

UNIDAD: **17**

encofrados

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	1,088.00	1.00	\$2.95	\$3,209.60
Cuartón 2" x 4"	vara	1,530	1.00	\$1.28	\$1,958.4
Clavo 3"	libra	34.00	1.00	\$0.64	\$21.76
SUBTOTAL =					\$5189.76

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	17.00		\$17.00	\$289.00
Auxiliar	días	17.00		\$12.00	\$204.00
SUBTOTAL =					\$493.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$34.51
SUBTOTAL=					\$34.51

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$5,717.27
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$1,143.45
PRECIO TOTAL =		\$6,860.72

5.3.2 ENCOFRADO METALICO PARA COLUMNAS

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado metálico para columnas.

- Altura de columna: $H = 4.25$ m
- Sección de columna: $60\text{ cm} \times 60\text{ cm}$
- Material a utilizar: Lamina de $1/8''$, ángulos tipo L $2 \times 2 \times 5/16$, platina, perno y rosca.

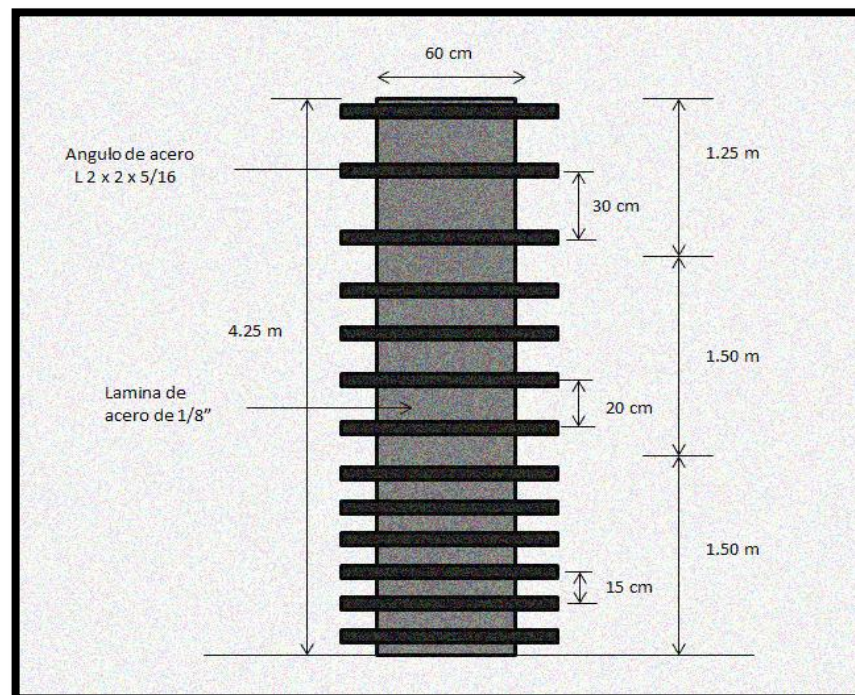


Figura 121: Encofrado metálico para columnas. (Elaboración propia).

Calculo de material para una columna (1 encofrado)

- Calculo de Lamina de $1/8''$

Longitud de Lamina = 4.50 m

Tiene un ancho de 0.60 m y una longitud de 4.50 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Laminas} = (4.30 \text{ m}) \times \left(\frac{1 \text{ lamina}}{4.50 \text{ m}} \right) = 0.95 \text{ lamina} \approx 1 \text{ lamina}$$

Se necesita una lámina de 4.50 m como son 4 lados se necesitan 4 láminas de 4.50 m



- Calculo de Cantidad de Refuerzo para lamina

Tramo 1 @ 15 cm

$H_1 = \frac{1.50\text{ m}}{0.15\text{ m}} = 10 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” Pero como se ocupa otro más que va traslapado y unido con el perno.

Nº de ángulos = $10 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” $\times 2 = 20 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ”

Tramo 2 @ 20 cm

$H_2 = \frac{1.50\text{ m}}{0.20\text{ m}} = 7.5 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” Pero como se ocupa otro más que va traslapado y unido con el perno.

Nº de ángulos = $7.5 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” $\times 2 = 15 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ”

Tramo 3 @ 30 cm

$H_2 = \frac{1.25\text{ m}}{0.30\text{ m}} = 4.16 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” Pero como se ocupa otro más que va traslapado y unido con el perno.

Nº de ángulos = $4.16 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ” $\times 2 = 9 \text{ angulos de } L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ”

Se necesitan 44 angulos de $L 2 \times 2 \times \frac{5}{16}$ ”

- Calculo de Cantidad de Pernos, Rosca y Platina

Cada refuerzo ocupa 1 perno, 1 rosca y 1 platina, Entonces:

Como son 44 ángulos se ocuparan:

44 pernos, 44 roscas, 44 platinas

Se necesitan 44 pernos, 44 roscas y 44 platinas

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos para una columna se procederá a realizar para un número de 50 columnas de la misma sección, considerando 100 usos en encofrados metálicos, obteniendo la cantidad de 1 encofrado metálico y el precio se mantiene fijo.

Nº de encofrados = $50 \text{ columnas} / 100 \text{ usos} = 0.5 = 1 \text{ Encofrado metálico para columnas.}$

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado Metálico para Columna

UNIDAD: 1
encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Lamina de 1/8"	m	18.00	1.00	\$17.83	\$320.94
Angulo L 2 x 2 x 5/16	c/u	44.00	1.00	\$30.00	\$1,320.00
Perno, Rosca y Platina	c/u	44.00	1.00	\$8.08	\$355.52
SUBTOTAL =					\$1,996.46

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$2,027.49
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$405.49
PRECIO TOTAL =		\$2,432.98

5.3.3 ENCOFRADO MIXTO PARA COLUMNAS

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado mixto para columnas.

- Altura de columna: $H = 4.25$ m
- Sección de columna: $60\text{ cm} \times 60\text{ cm}$
- Material a utilizar: Plyform HDO $\frac{3}{4}$ ", ángulos tipo L $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$ ", platina, perno y rosca.

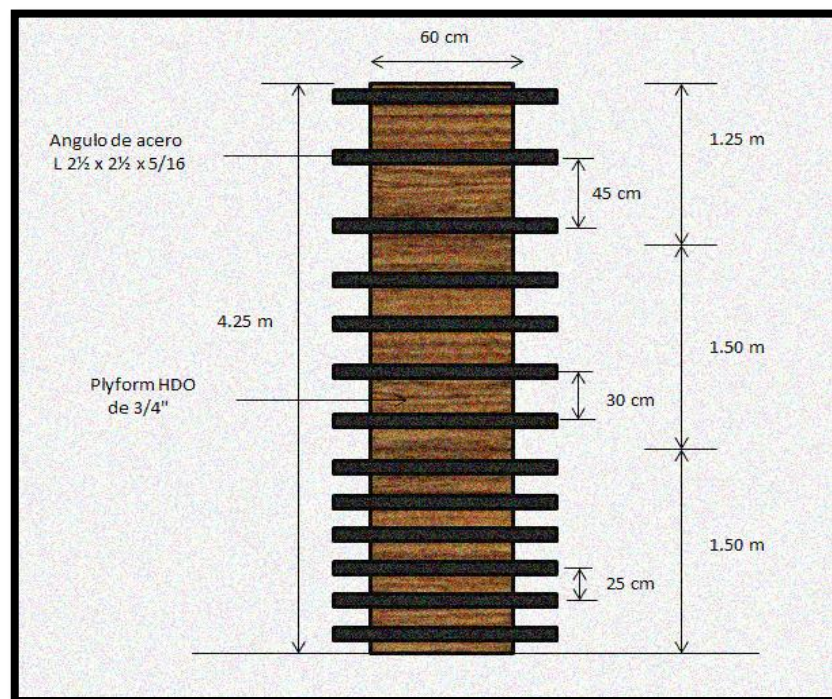


Figura 122: Encofrado mixto para columnas. (Elaboración propia).

Calculo de material para una columna (1 encofrado)

- Calculo de Plyform HDO $\frac{3}{4}$ "

$$\text{Área de un Tablero de Plyform} = (1.42\text{ m} \times 2.22\text{ m}) = 3.4648\text{ m}^2$$

$$\text{Área de una cara de una columna} = (0.60\text{ m} \times 4.25\text{ m}^2) = 2.55\text{ m}^2$$

$$\text{Como son 4 lados} = 2.55\text{ m}^2 \times 4\text{ lados} = 10.2\text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tableros de Plyform} = \frac{10.2\text{ m}^2}{3.4648\text{ m}^2} = 2.94\text{ tableros} \approx 3\text{ tableros}$$

Se necesitan 3 tableros plyform HDO $\frac{3}{4}$ "



- Calculo de Cantidad de refuerzo para plyfom HDO

Tramo 1 @25 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de ángulos} = \frac{1..50 \text{ m}}{0.25 \text{ m}} = 6 \text{ angulos pero como son 2 lados} = 12 \text{ angulos}$$

Tramo 2 @30 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de ángulos} = \frac{1..50 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = 5 \text{ angulos pero como son 2 lados} = 10 \text{ angulos}$$

Tramo 3 @45 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de ángulos} = \frac{1..25 \text{ m}}{0.45 \text{ m}} = 3 \text{ angulos pero como son 2 lados} = 6 \text{ angulos}$$

Se necesitan 28 angulos de L $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$ ”

- Calculo de Cantidad de Perno, Rosca y Platina

Cada refuerzo ocupa 1 perno, 1 rosca y 1 platina, Entonces:

Como son 28 ángulos se ocuparan:

56 pernos, 56 roscas, 56 platinas

Se necesitan 56 pernos, 56 roscas y 56 platinas

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos para una columna se procederá a realizar para un número de 50 columnas de la misma sección, considerando 30 usos en encofrados mixtos, obteniendo la cantidad de encofrados a utilizar de la siguiente manera:

$\text{N}^\circ \text{ de encofrados} = 50 \text{ columnas} / 30 \text{ usos} = 1.67 = 2$ **Encofrados mixtos para columnas.**

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado Mixto para Columna

UNIDAD: 1

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Plyform HDO 3/4"	tablero	3.00	1.00	\$64.00	\$192.00
Angulo L 2½ x 2½ x 5/16	c/u	28.00	1.00	\$30.00	\$840.00
Perno, Rosca y Platina	c/u	28.00	1.00	\$8.08	\$226.24
SUBTOTAL =					\$1,258.24

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$1,289.27
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$257.85
PRECIO TOTAL =		\$1,547.12

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado Mixto para Columna

UNIDAD: 2

encofrados

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Plyform HDO 3/4"	tablero	6.00	1.00	\$64.00	\$384.00
Angulo L 2½ x 2½ x 5/16	c/u	56.00	1.00	\$30.00	\$1,680.00
Perno, Rosca y Platina	c/u	56.00	1.00	\$8.08	\$452.48
SUBTOTAL =					\$2,516.48

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	17.00		\$17.00	\$289.00
Auxiliar	días	17.00		\$12.00	\$204.00
SUBTOTAL =					\$493.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$34.51
SUBTOTAL=					\$34.51

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$3,043.99
COSTO INDIRECTO =	20% CD	608.79
PRECIO TOTAL =		\$3,652.78

5.4 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE PARED DE CONCRETO

5.4.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA PARED DE CONCRETO

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado tradicional para paredes.

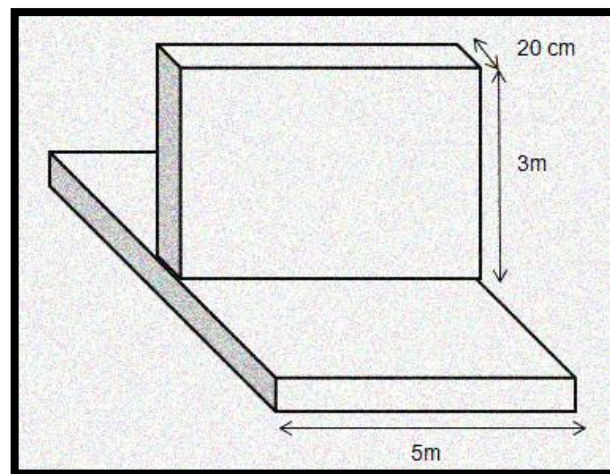


Figura 123: Dimensiones de la pared a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL:

- Plywood de 1”
- Cuartón 2” x 4”
- Pernos de acero ϕ 1/4”

Calculo de material para una pared de 3 m x 5 m x 0.2 m (Encofrado)

- Calculo de Tabla de pino 1” x 12”

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Tiene un ancho de 12” y este ancho queda en la dirección de 3 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{3 \text{ m}}{0.3048 \text{ m}} = 9.84 \text{ tabla} \approx 10 \text{ tablas}$$

Se necesitan 10 tablas de 6 varas, como son 2 lados se ocupan 20 tablas de 6 varas.



- Calculo de Cantidad de Cuarterones para Largueros Verticales

$$\text{Longitud del cuartón} = 3 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 3.588 \text{ varas} \approx 4 \text{ varas}$$

Se colocan @30 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuarterones} = \frac{3.0 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = 10 \text{ cuarterones}$$

Se necesitan 10 cuarterones de 4 varas, como son 2 lados se ocupan 20 cuarterones de 4 varas

- Calculo de Cantidad de Cuarterones para Largueros Horizontales

$$\text{Longitud del cuartón} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Se colocan @90 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuarterones} = \frac{5.0 \text{ m}}{0.90 \text{ m}} = 6 \text{ cuarterones}$$

Se necesitan 6 cuarterones de 6 varas, como son 2 lados se ocupan 12 cuarterones de 6 varas

- Calculo de Cantidad de Cuarterones para Puntales

$$\text{Longitud del cuartón} = 4.60 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.5 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Se colocan @3.75 cms

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuarterones} = \frac{5.0 \text{ m}}{3.71 \text{ m}} + 1 = 3 \text{ cuarterones}$$

Se necesitan 3 cuarterones de 6 varas, como son 2 lados se ocupan 6 cuarterones de 6 varas

- Calculo de Cantidad de Cuarterones para Estacones

$$\text{Longitud del cuartón} = 1 \text{ vara}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Estacones} = \frac{5.0 \text{ m}}{3.75 \text{ m}} + 1 = 3 \text{ cuarterones}$$

Se necesitan 3 cuarterones de 1 varas, como son 2 lados se ocupan 6 cuarterones de 1 varas



- Calculo de Cantidad de Clavos de 2”

Para unir tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{5 \text{ clavos}}{1 \text{ tabla}} \right) \times (10 \text{ tablas}) = 50 \text{ clavos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{50 \text{ clavos}}{245 \text{ clavos}} \right) \times (1 \text{ libra}) = 0.22 = 0.5 \text{ libras como son dos lados} = 1 \text{ lb}$$

Se necesitan 1 libra de Clavos de 2”

- Calculo de Cantidad de Clavos de 3”

Para unir largueros verticales con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ larguero}} \right) \times (10 \text{ largueros}) = 60 \text{ clavos}$$

Para unir largueros horizontales con verticales

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{10 \text{ clavos}}{1 \text{ larguero}} \right) \times (6 \text{ largueros}) = 60 \text{ clavos}$$

Para unir puntales con largueros

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{2 \text{ clavos}}{1 \text{ puntal}} \right) \times (3 \text{ puntales}) = 6 \text{ clavos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{150 \text{ clavos}}{60 \text{ clavos}} \right) \times (1 \text{ libra}) \times (1.1 \text{ de desperdicio}) = 2.1 = 2.5 \text{ libras como son dos lados} = 5 \text{ lbs}$$

Se necesitan 5 libras de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para pared de 3 m de altura x 5 m de longitud x 0.2 m de espesor, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 paredes de la mismas dimensiones, considerando 3 usos en encofrados de madera, obteniendo la cantidad de encofrados a utilizar de la siguiente manera:

$$\text{N}^\circ \text{ de encofrados} = 30 \text{ paredes} / 3 \text{ usos} = \mathbf{10 \text{ Encofrados tradicionales para paredes.}}$$

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado de Madera para Pared de Concreto UNIDAD: 1 **encofrado**
 CODIGO: FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	120.00	1.00	\$2.95	\$354.00
Cuartón 2" x 4"	vara	194.00	1.00	\$1.28	\$248.32
Clavo 2"	libra	1.00	1.00	\$0.47	\$0.47
Clavo 3"	libra	5.00	1.00	\$0.64	\$3.20
SUBTOTAL =					\$605.99

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$637.02
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$127.40
PRECIO TOTAL =		\$764.42

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado de Madera para Pared de Concreto UNIDAD: **10 encofrado**

CODIGO: FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	Vara	1,200.00	1.00	\$2.95	\$3,540.00
Cuartón 2" x 4"	Vara	1,940.00	1.00	\$1.28	\$2,483.20
Clavo 2"	Libra	10.00	1.00	\$0.47	\$4.70
Clavo 3"	Libra	50.00	1.00	\$0.64	\$32.00
SUBTOTAL =					\$6,059.90

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	Días	10.00		\$17.00	\$170.00
Auxiliar	Días	10.00		\$12.00	\$120.00
SUBTOTAL =					\$290.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$20.30
SUBTOTAL=					\$20.30

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$6,370.20
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$1,274.04
PRECIO TOTAL =		\$7,644.24

5.4.2 ENCOFRADO MIXTO PARA PARED DE CONCRETO

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado mixto para paredes.

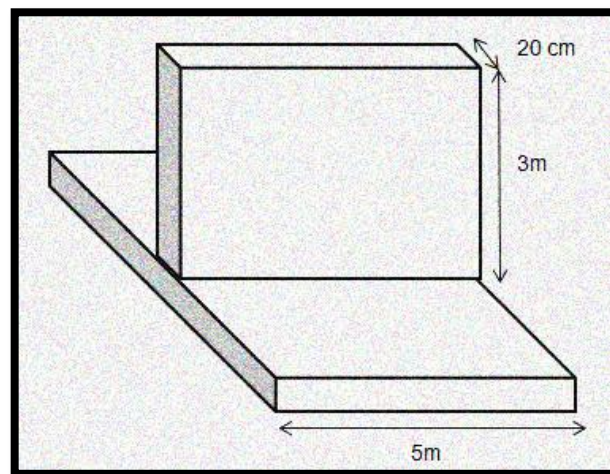


Figura 124: Dimensiones de la pared a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL:

- Plyform HDO de 3/4”
- Perfil W 6 x 9 (STUD)
- Perfil C 6 x 10.5 (WALE)
- Perno de 1”

Calculo de material para una pared de 3 m x 5 m x 0.2 m (Encofrado)

- Calculo de Plyform HDO 3/4”

$$\text{Área de un Tablero de Plyform} = (1.42 \text{ m} \times 2.22 \text{ m}) = 3.4648 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de una cara de la pared} = (3 \text{ m} \times 5 \text{ m}^2) = 15 \text{ m}^2$$

$$\text{Como son 2 lados} = 15 \text{ m}^2 \times 2 \text{ lados} = 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral de la pared} = (3 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}^2) = 0.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Como son 2 lados} = 0.6 \text{ m}^2 \times 2 \text{ lados} = 1.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Toral de la pared} = 30 \text{ m}^2 + 1.2 \text{ m}^2 = 31.2 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tableros de Plyform} = \frac{31.2 \text{ m}^2}{3.4648 \text{ m}^2} = 9 \text{ tableros}$$

Se necesitan 9 tableros plyform HDO 3/4”



- Calculo de Cantidad de refuerzo horizontal y vertical

Refuerzo vertical:

$$N^{\circ} \text{ de Stud} = \frac{5 \text{ m}}{0.35 \text{ m}} = 14.28 = 15 \text{ stud pero como son dos lados} = 30 \text{ stud}$$

Refuerzo horizontal:

$$N^{\circ} \text{ de Wale} = \frac{3.0 \text{ m}}{2.5 \text{ m}} = 1.2 = 2 \text{ stud pero como son dos lados} = 4 \text{ wale}$$

Como estos wale son vigas en forma de C se necesitan: 8 vigas en forma de C con dimensiones de 6×10.5

Se necesitan 30 stud es decir 30 vigas en forma de I perfil W 6 x 9

Se necesitan 4 wale es decir 8 vigas en forma de C perfil W 6 x 10.5

- Calculo de Pernos $\varnothing 1''$

Como son 8 vigas en forma de C se necesitan 8 pernos

Se necesitan 8 pernos

Se necesitan 8 platinas cuadradas de 0.20 m x 0.20 m

- Calculo de varilla de 3/8" lisa

Longitud de la varilla: 50 cms

Se necesitan 4 varillas de 3/8" lisa

- Calculo de Pines

$$N^{\circ} \text{ de pines} = \frac{5 \text{ m}}{0.35 \text{ m}} = 14.28 \text{ pines} \approx 15 \text{ pines pero como son dos lados} = 30 \text{ pines}$$

Se necesitan 30 pines.

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para pared de 3 m de altura x 5 m de longitud x 0.2 m de espesor, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 paredes de la mismas dimensiones, considerando 30 usos en encofrados mixtos, obteniendo la cantidad de 1 encofrado mixto y el precio se mantiene fijo.

$N^{\circ} \text{ de encofrados} = 30 \text{ paredes} / 30 \text{ usos} = 1 \text{ Encofrado mixto para paredes.}$

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS SIN IVA

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado Mixto para Pared de Concreto

CODIGO:

UNIDAD: 1

encofrado

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Plyform HDO 3/4"	tablero	9.00	1.00	\$64.00	\$576.00
Angulo L 2 x 2 x 5/16	c/u	28.00	1.00	\$30.00	\$840.00
Perno, Rosca y Platina	c/u	28.00	1.00	\$8.08	\$226.24
Viga I Perfil W 6 x 9 de 3m	c/u	30.00	1.00	\$64.00	\$1,920.00
Viga I Perfil C 6 x 10.5 de 5m	c/u	4.00	1.00	\$85.91	\$343.64
SUBTOTAL =					\$3,905.88

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$3,936.91
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$787.38
PRECIO TOTAL =		\$4,724.29

5.5 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE LOSA DENSA

5.5.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA LOSA DENSA

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado tradicional para losas densas.

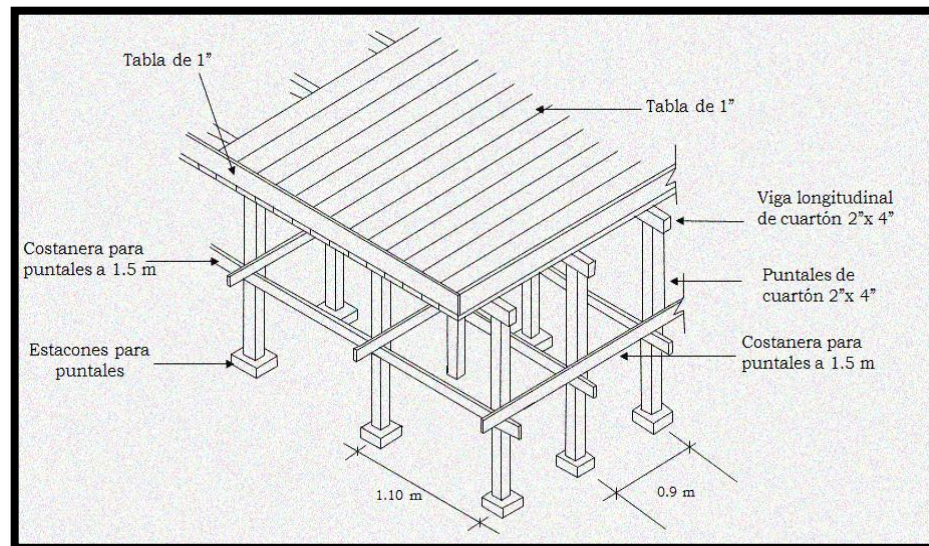


Figura 125: Dimensiones de losa densa a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL Y DIMENSIONES

- Espesor de la losa: 0.12 m
- Sección de la losa: 1 m x 1 m
- Tabla de Pino 1" x 12"
- Viga plafón y longitudinal (Cuartón 2" x 4")
- Arrostramiento: Costanera 2" x 4"

Calculo de material para una losa densa (Encofrado)

- Calculo de Tabla de Pino 1" x 12"

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Tiene un ancho de 12" y una longitud de 6 varas

$$\text{Longitud de losa} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{2 \text{ varas}}{6 \text{ varas por tabla}} = 0.33 \text{ tabla} \approx 1 \text{ tabla}$$



Para encofrado perimetral:

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

Tiene un ancho de 12” y una longitud de 6 varas

$$\text{Altura de la losa} = 0.15 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 0.17 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{0.17 \text{ varas}}{6 \text{ varas por tabla}} = 0.02 \text{ tabla} \times 4 \text{ lados} \approx 1 \text{ tabla}$$

Se necesitan 1 tabla de 6 varas.

- Calculo de Viga Longitudinal (Cuartón 2” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

Se colocan @1.10 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \frac{1.0 \text{ m}}{1.10 \text{ m}} = 1 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 1 cuartones de 2 varas

- Calculo de Viga Longitudinal (Cuartón 2” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

Se colocan @1.10 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \frac{1.0 \text{ m}}{1.10 \text{ m}} = 1 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 1 cuartones de 2 varas

- Calculo de Puntales (Cuartón 2” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 3 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 3.58 \text{ varas} \approx 4 \text{ varas}$$

Se colocan @1.0 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \left(\frac{1.0 \text{ m}}{1.0 \text{ m}} \right) + 1 = 2 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 2 cuartones de 4 varas

- Calculo de Estacones para Puntales



Longitud del cuartón = 1 vara

$$\text{N}^\circ \text{ de Estacones} = \left(\frac{1.0 \text{ m}}{1.1 \text{ m}}\right) + 1 = 2 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 2 cuartones de 1 vara

- Calculo de Costanera de Pino (2” × 4”)

$$\text{Longitud de costanera} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Costaneras} = (1 \text{ m}) \times \left(\frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ costanera}}{4 \text{ varas}}\right) = 0.29 \text{ costanera} \times 4 \text{ lados} = 4 \text{ costaneras}$$

Se necesitan 4 costaneras de 4 varas

- Calculo de Cantidad de Clavos de 3”

Para unir tabla perimetral y tabla de base

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{8 \text{ uniones}}\right) \times (8 \text{ uniones}) = 48 \text{ clavos}$$

Para unir costanera con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuartón}}\right) \times (64 \text{ cuartones}) = 24 \text{ clavos}$$

Para unir viga plafón y longitudinal con la tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuartón}}\right) \times (2 \text{ cuartones}) = 12 \text{ clavos}$$

Para unir puntal con viga

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuartón}}\right) \times (2 \text{ cuartones}) = 12 \text{ clavos}$$

Total de N° de clavos de 3” = 96 clavos

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{96 \text{ clavos}}{60 \text{ clavos}}\right) \times (1 \text{ libra}) \times (1.1 \text{ de desperdicio}) = 1.76 = 2 \text{ libras}$$

Se necesitan 2 libras de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para losa densa de 1m x 1m, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 losas densas de la mismas dimensiones, considerando 3 usos en encofrados de madera, obteniendo la cantidad de encofrados a utilizar de la siguiente manera:

$$\text{N}^\circ \text{ de encofrados} = 30 \text{ losas} / 3 \text{ usos} = \mathbf{10 \text{ Encofrados tradicionales para losas densas.}}$$

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado de Madera para Losa
Densa

UNIDAD: 1
encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	6.00	1.00	\$2.95	\$17.70
Cuartón 2" x 4"	vara	30.00	1.00	\$1.28	\$38.40
Clavo 3"	libra	3.00	1.00	\$0.64	\$1.92
SUBTOTAL =					\$58.02

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	2.00		\$17.00	\$34.00
Auxiliar	días	2.00		\$12.00	\$24.00
SUBTOTAL =					\$58.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$4.06
SUBTOTAL=					\$4.06

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$120.08
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$24.02
PRECIO TOTAL =		\$144.10

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

Encofrado de Madera para Losa

UNIDAD: **10**

PARTIDA:

Densa

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	60.00	1.00	\$2.95	\$177.00
Cuartón 2" x 4"	vara	300.00	1.00	\$1.28	\$384.00
Clavo 3"	libra	30.00	1.00	\$0.64	\$19.20
SUBTOTAL =					\$580.20

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	20.00		\$17.00	\$340.00
Auxiliar	días	20.00		\$12.00	\$240.00
SUBTOTAL =					\$580.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$40.60
SUBTOTAL=					\$40.60

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$1,200.80
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$240.20
PRECIO TOTAL =		\$1,441.00

5.5.2 ENCOFRADO MIXTO PARA LOSA DENSA

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado mixto para losas densas.

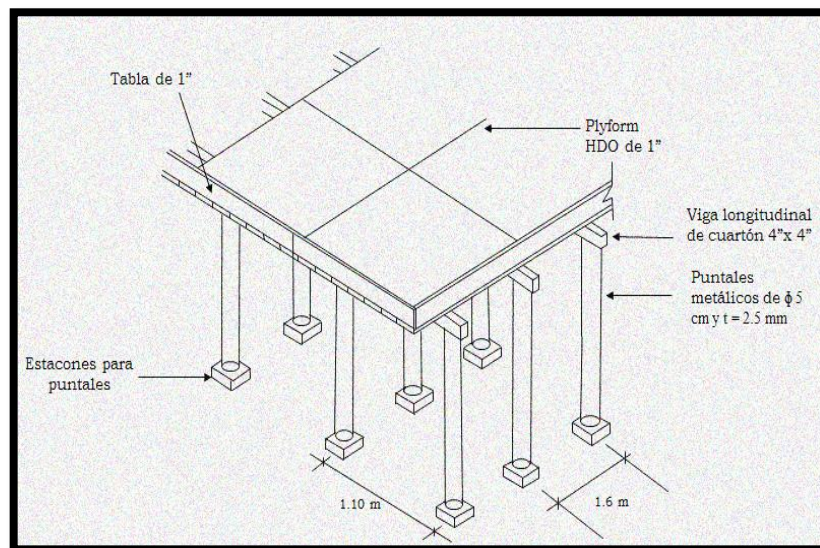


Figura 126: Dimensiones de losa densa a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL Y DIMENSIONES

- Espesor de la losa: 0.12 m
- Sección de la losa: 1 m x 1 m
- Plyform HDO 1”
- Tabla de Pino 1” x 12”
- Viga plafón y longitudinal (Cuartón 4” x 4”)
- Puntal metálico

Calculo de material para una losa densa (Encofrado)

- Calculo de Plyform HDO de 1”

$$\text{Área de un Tablero de Plyform} = (1.42 \text{ m} \times 2.22 \text{ m}) = 3.4648 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de la superficie de la losa densa} = (1 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2) = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tableros de Plyform} = \frac{2 \text{ m}^2}{3.4648 \text{ m}^2} = 1 \text{ tablero}$$

Se necesitan 1 tableros plyform HDO 1”



- Calculo de Tabla de Pino de 1” x 12”

Para encofrado perimetral:

$$\text{Longitud de Tabla} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.96 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

Tiene un ancho de 12” y una longitud de 2 varas

$$\text{Altura de la losa} = 0.15 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 0.17 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{0.17 \text{ varas}}{2 \text{ varas por tabla}} = 0.085 \text{ tabla} \times 4 \text{ lados} \approx 1 \text{ tabla}$$

Se necesitan 1 tabla de 2 varas.

- Calculo de Viga Longitudinal (Cuartón 4” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

Se colocan @1.60 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \frac{1.0 \text{ m}}{1.60 \text{ m}} = 1 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 1 tabla de 2 varas.

- Calculo de Viga de Plafón (Cuartón 4” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 1 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 1.19 \text{ varas} \approx 2 \text{ varas}$$

Se colocan @1.10 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \frac{1.0 \text{ m}}{1.10 \text{ m}} = 1 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 1 tabla de 2 varas.

- Calculo de Puntal Metálico

Altura de Puntal = 3.0 m

Se colocan @0.85 m

$$\text{N}^\circ \text{ de puntales metálicos} = \frac{1}{0.85 \text{ m}} + 1 = 3 \text{ puntales metálicos}$$

Se necesitan 3 puntales metálicos ajustables



- Calculo de Estacones para puntal metálico ajustable

Longitud del cuartón = 1 vara

Nº de Estacones = Como son 3 puntales se necesitan 3 estacones para c/u

Se necesita 1 tabla de 1 vara

- Calculo para Cantidad de Clavos de 3”

Para unir tablas

$$\text{Nº de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{4 \text{ lados}} \right) \times (4 \text{ uniones}) = 24 \text{ clavos}$$

Para unir plyform con HDO

$$\text{Nº de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ tablero}} \right) \times (1 \text{ tablero}) = 6 \text{ clavos}$$

Para unir viga plafón y longitudinal con HDO

$$\text{Nº de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuartón}} \right) \times (2 \text{ cuartones}) = 12 \text{ clavos}$$

Para unir puntal con viga

$$\text{Nº de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuartón}} \right) \times (3 \text{ cuartones}) = 18 \text{ clavos}$$

Total de Nº de clavos de 3” = 60 clavos

$$\text{Nº de Libras} = \left(\frac{60 \text{ clavos}}{60 \text{ clavos}} \right) \times (1 \text{ libra}) \times (1.1 \text{ de desperdicio}) = 1 \text{ libras}$$

Se necesitan 1 libras de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para losa densa de 1m x 1m, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 losas densas de la mismas dimensiones, considerando 30 usos en encofrados mixtos, obteniendo la cantidad de 1 encofrado mixto y el precio se mantiene fijo.

Nº de encofrados = 30 losas / 30 usos = **1 Encofrado mixto para losas densas.**



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS SIN IVA

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado Mixto para Losa Densa

UNIDAD: 1

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Plyform HDO 1"	tablero	1.00	1.00	\$69.00	\$69.00
Tabla de pino 1" x 12"	vara	2.00	1.00	\$2.95	\$5.90
Cuartón 4" x 4"	vara	4.00	1.00	\$2.56	\$10.24
Puntal Metálico	c/u	3.00	1.00	\$40.00	\$120.00
cuartón 2" x 4"	vara	1.00	1.00	\$1.28	\$1.28
Clavos 3"	libra	1.00	1.00	\$0.64	\$0.64
SUBTOTAL =					\$207.06

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	2.00		\$17.00	\$34.00
Auxiliar	días	2.00		\$12.00	\$24.00
SUBTOTAL =					\$58.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$4.06
SUBTOTAL=					\$4.06

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$269.12
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$53.82
PRECIO TOTAL =		\$322.94

5.6 EVALUO DE COSTOS PARA ENCOFRADOS DE VIGAS

5.6.1 ENCOFRADO TRADICIONAL PARA VIGAS

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado tradicional para vigas.

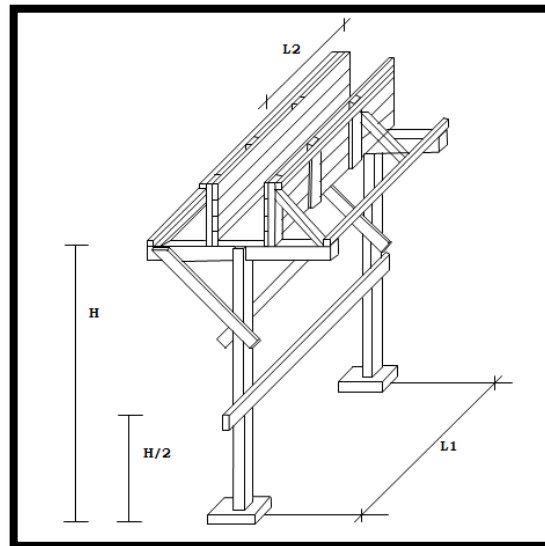


Figura 127: Dimensiones de viga a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL Y DIMENSIONES

- Sección de la viga: 0.30 m x 0.60 m
- Longitud de la viga: 1.0 m
- Tabla de Pino 1" x 12"
- Puntales (Cuartón 2" x 4")
- Regla pacha @40 cm inclinada (45°) y a @50 cm vertical



Calculo de material para una viga (Encofrado)

- Calculo de Tabla de Pino de 1” x 12”

Para encofrado perimetral:

$$\text{Longitud de Tabla} = 0.60 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 0.71 \text{ varas} \approx 1 \text{ vara}$$

Tiene un ancho de 12” y una longitud de 2 varas

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = \frac{0.71 \text{ varas}}{6 \text{ varas por tabla}} \times 4 \text{ lados} + \frac{0.35 \text{ varas}}{6 \text{ varas}} \times 2 \text{ lado} \approx 1 \text{ tabla}$$

Se necesitan 1 tabla de 6 varas.

- Calculo de Regla Pacha

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de reglas pchas inclinadas} = \frac{1 \text{ m}}{0.40 \text{ m}} = 3 \text{ reglas} \times 2 \text{ lados} = 6 \text{ reglas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de reglas pchas verticales} = \frac{1 \text{ m}}{0.50 \text{ m}} = 2 \text{ reglas} \times 2 \text{ lados} = 4 \text{ reglas}$$

Longitud de regla pacha: 0.60 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = 0.60 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = \frac{0.71 \text{ varas}}{6 \text{ varas por tabla}} = 0.11 \text{ tabla} \approx \text{tabla}$$

Se necesitan 10 reglas pchas utilizando 1 tabla de 6 varas.

- Calculo de Puntales (Cuartón 2” x 4”)

$$\text{Longitud del cuartón} = 3 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 3.58 \text{ varas} \approx 4 \text{ varas}$$

Se colocan @0.70 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Cuartones} = \left(\frac{1.0 \text{ m}}{0.70 \text{ m}} \right) + 1 = 3 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 3 cuartones de 4 varas

- Calculo de Estacones para Puntales

Longitud del cuartón = 1 vara

$$\text{N}^\circ \text{ de Estacones} = \left(\frac{1.0 \text{ m}}{0.70 \text{ m}} \right) + 1 = 3 \text{ cuartones}$$

Se necesitan 3 cuartones de 1 vara



- Calculo para Cantidad de Clavos de 3”

Para unir reglas pachas con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ regla pacha}} \right) \times (10 \text{ reglas pachas}) = 60 \text{ clavos}$$

Para unir tabla con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ tabla}} \right) \times (1 \text{ tabla}) = 6 \text{ clavos}$$

Para unir puntal con viga

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ cuarton}} \right) \times (3 \text{ cuartones}) = 18 \text{ clavos}$$

Total de N° de clavos de 3” = 84 clavos

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{84 \text{ clavos}}{60 \text{ clavos}} \right) \times (1 \text{ libra}) \times (1.1 \text{ de desperdicio}) = 2 \text{ libras}$$

Se necesitan 2 libras de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para viga, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 vigas de la mismas dimensiones, considerando 3 usos en encofrados de madera, obteniendo la cantidad de encofrados a utilizar de la siguiente manera:

$$\text{N}^\circ \text{ de encofrados} = 30 \text{ vigas} / 3 \text{ usos} = \mathbf{10 \text{ Encofrados tradicionales para vigas.}}$$



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado de Madera para Viga

UNIDAD: 1

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	vara	6.00	1.00	\$2.95	\$17.70
Cuartón 2" x 4"	vara	15.00	1.00	\$1.28	\$19.20
Clavo 3"	libra	2.00	1.00	\$0.64	\$1.28
Regla Pacha	vara	6.00	1.00	\$0.95	5.7
SUBTOTAL =					\$43.88

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$74.91
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$14.98
PRECIO TOTAL =		\$89.89



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA:

Encofrado de Madera para Viga

UNIDAD: **10**

encofrado

CODIGO:

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Tabla de Pino 1" x 12"	Vara	60.00	1.00	\$2.95	\$177.00
Cuartón 2" x 4"	Vara	150.00	1.00	\$1.28	\$192.00
Clavo 3"	Libra	20.00	1.00	\$0.64	\$12.80
Regla Pacha	Vara	60.00	1.00	\$0.95	\$57.00
SUBTOTAL =					\$438.80

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	Días	10.00		\$17.00	\$170.00
Auxiliar	Días	10.00		\$12.00	\$120.00
SUBTOTAL =					\$290.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$20.30
SUBTOTAL=					\$20.30

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$749.10
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$149.80
PRECIO TOTAL =		\$898.90

5.5.2 ENCOFRADO MIXTO PARA VIGAS

A continuación se realizara el cálculo de volumen de obra, materiales y análisis de costos empleando el sistema de encofrado mixto para vigas.

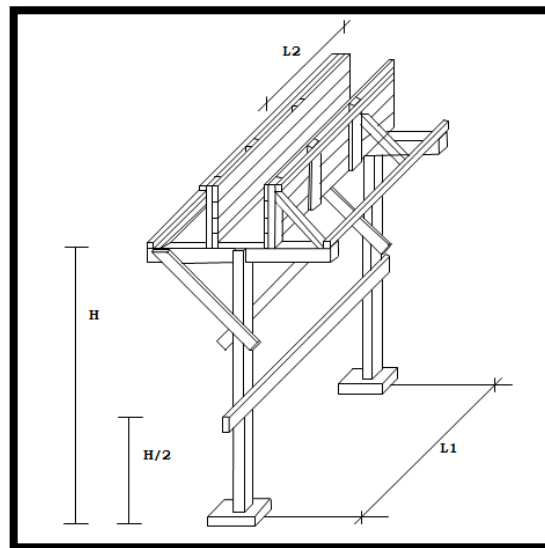


Figura 128: Dimensiones de viga a analizar. (Elaboración propia).

MATERIAL Y DIMENSIONES

- Sección de la viga: 0.30 m x 0.60 m
- Longitud de la viga: 1.0 m
- Plyform HDO 1”
- Puntales (Cuartón 2” x 4”)
- Regla pacha @40 cm inclinada (45°) y a @50 cm vertical

Calculo de material para una viga (Encofrado)

- Calculo de Plyform HDO de 1”

Área de un Tablero de Plyform = (1.42 m × 2.22 m) = 3.4648 m²

Área a encofrar de la viga = 1.56 m²

Nº de Tableros de Plyform = $\frac{1.56 \text{ m}^2}{3.4648 \text{ m}^2} = 1 \text{ tablero}$

Se necesitan 1 tableros plyform HDO 1”



- Calculo de Regla Pacha

$$\text{Longitud de Tabla} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = 5.98 \text{ varas} \approx 6 \text{ varas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de reglas pachas inclinadas} = \frac{1 \text{ m}}{0.40 \text{ m}} = 3 \text{ reglas} \times 2 \text{ lados} = 6 \text{ reglas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de reglas pachas verticales} = \frac{1 \text{ m}}{0.50 \text{ m}} = 2 \text{ reglas} \times 2 \text{ lados} = 4 \text{ reglas}$$

Longitud de regla pacha: 0.60 m

$$\text{N}^\circ \text{ de Tablas} = 0.60 \text{ m} \times \frac{1 \text{ vara}}{0.836 \text{ m}} = \frac{0.71 \text{ varas}}{6 \text{ varas por tabla}} = 0.11 \text{ tabla} \approx \text{tabla}$$

Se necesitan 10 reglas pachas utilizando 1 tabla de 6 varas.

- Calculo de Puntal Metálico

Altura de Puntal = 3.0 m

Se colocan @0.85 m

$$\text{N}^\circ \text{ de puntales metálicos} = \frac{1}{0.85 \text{ m}} + 1 = 3 \text{ puntales metálicos}$$

Se necesitan 3 puntales metálicos ajustables

- Calculo de Estacones para puntal metálico ajustable

Longitud del cuartón = 1 vara

Nº de Estacones = Como son 3 puntales se necesitan 3 estacones para c/u

Se necesita 1 tabla de 1 vara

- Calculo para Cantidad de Clavos de 3”

Para unir reglas pachas con tabla

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ regla pacha}} \right) \times (10 \text{ reglas pachas}) = 60 \text{ clavos}$$

Para unir tableros con tableros HDO

$$\text{N}^\circ \text{ de Clavos} = \left(\frac{6 \text{ clavos}}{1 \text{ tabla}} \right) \times (1 \text{ tabla}) = 6 \text{ clavos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Libras} = \left(\frac{66 \text{ clavos}}{60 \text{ clavos}} \right) \times (1 \text{ libra}) \times (1.1 \text{ de desperdicio}) = 1 \text{ libras}$$

Se necesitan 1 libras de Clavos de 3”

NOTA: Luego de realizar el análisis de costos de un encofrado para viga, se procederá a realizar el cálculo encofrado para 30 vigas de la mismas dimensiones, considerando 30 usos en encofrados mixtos, obteniendo la cantidad de 1 encofrado mixto y el precio se mantiene. N° de encofrados = 30 vigas / 30 usos = **1 Encofrados mixto para vigas.**



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROPIETARIO:

PROYECTO:

FORMULADOR:

PARTIDA: Encofrado Mixto para Viga

CODIGO:

UNIDAD: 1

encofrado

FECHA: 31/07/14

A. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Plyform HDO 1"	tablero	1.00	1.00	\$69.00	\$69.00
Puntal Metálico	c/u	3.00	1.00	\$40.00	\$120.00
Cuartón 2" x 4"	vara	1.00	1.00	\$1.28	\$1.28
Clavos 3"	libra	1.00	1.00	\$0.64	\$0.64
Regla Pacha	vara	6.00	1.00	\$0.95	\$5.70
SUBTOTAL =					\$196.62

B. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Carpintero	días	1.00		\$17.00	\$17.00
Auxiliar	días	1.00		\$12.00	\$12.00
SUBTOTAL =					\$29.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESPERDICIO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Herramientas Menores (7% MO)					\$2.03
SUBTOTAL=					\$2.03

COSTO DIRECTO TOTAL =	A + B + C	\$227.65
COSTO INDIRECTO =	20% CD	\$45.53
PRECIO TOTAL =		\$273.18



5.6 ANALISIS DE LA EVALUACION DE COSTOS.

En esta sección se realizará un análisis de costos entre los distintos sistemas de encofrados utilizados en dos condiciones: cuando se realiza para una estructura y cuando es producida en serie la misma estructura, viendo así las ventajas y desventajas entre cada sistema según la magnitud de elementos estructurales que conforman el proyecto.

Análisis de costos para encofrados de columnas de concreto		
Sistema de encofrado	Costo para 1 columna	Costo para 50 columnas
Tradicional	\$403.57	\$6,860.72
Metálico	\$2,432.38	\$2,925.58
Mixto	\$1,547.12	\$3,652.78

Tabla 33: Análisis de costos para encofrados de columnas de concreto (*elaboración propia*).

Análisis de costos para encofrados de paredes de concreto		
Sistema de encofrado	Costo para 5 ml	Costo para 150 ml
Tradicional	\$764.42	\$7,644.24
Mixto	\$4,724.29	\$5,014.39

Tabla 34: Análisis de costos para encofrados de paredes de concreto (*elaboración propia*).

Análisis de costos para encofrados de losa densa de concreto		
Sistema de encofrado	Costo para 1 m²	Costo para 30 m²
Tradicional	\$144.10	\$1,441.00
Mixto	\$322.94	\$612.85

Tabla 35: Análisis de costos para encofrados de losa densa de concreto (*elaboración propia*).

Análisis de costos para encofrados de Viga		
Sistema de encofrado	Costo para 1 ml	Costo para 30 ml
Tradicional	\$89.89	\$898.90
Mixto	\$273.18	\$563.50

Tabla 36: Análisis de costos para encofrados de vigas de concreto (*elaboración propia*).



Después de observar las tablas 33, 34, 35 y 36 podemos visualizar los costos de cada sistema de encofrados en dos condiciones en función del número de usos respectivo.

A simple la elaboración de encofrados de madera son más económicos pero su número de usos es relativamente menor, caso contrario los encofrados metálicos y mixtos, su elaboración es más costosa pero ofrece una gran cantidad de usos, volviéndolos económicos a gran escala.

Generalmente en pequeños proyectos en donde no se elaborará gran cantidad de elementos estructurales de concreto o que estos no sean del mismo tipo o tengan las mismas dimensiones, se elige el encofrado de madera, debido al bajo costos de los materiales que los constituyen; caso contrario en medianos y grandes proyectos en donde generalmente se elaboran gran cantidad de elementos estructurales de concreto o se producen en serie (gran número de elementos de la misma sección) se recomienda utilizar encofrados mixtos o metálicos debido a la resistencia de los materiales que lo conforman permite una cantidad de usos mayor a los encofrados tradicionales que reducen los costos a largo plazo.

5.7 PLANIFICACION DE ENCOFRADOS

Se debe planificar cuidadosamente en un programa de trabajo las operaciones de construcción para un edificio y proveer las formaletas que puedan asegurar la máxima economía en el sistema de encofrados y además una elevada eficiencia de mano de obra.

A continuación se presenta un ejemplo de planificación de encofrado para un edificio de 6 niveles a base de columnas, vigas y losas de concreto. El área del piso es tan grande que puede justificar colado en dos secciones iguales o aproximadamente iguales. Una junta de construcción atravesando el edificio esta especificada o será permitida. Si la estructura es simétrica respecto a la junta de construcción, el edificio será afortunado.

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.

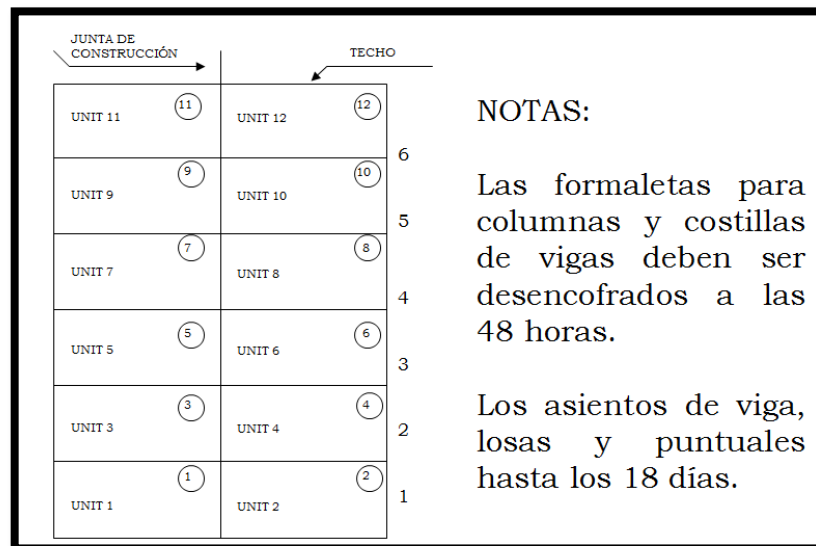


Figura 129: Programa de construcción en un edificio de seis niveles. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

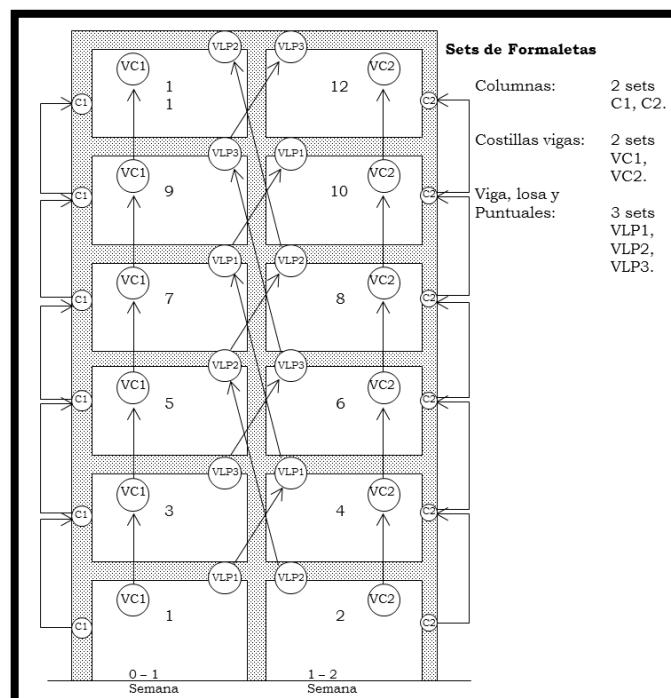


Figura 130: Planificación de los encofrados en un edificio de seis niveles. (“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).



Encofrado de edificio de 6 pisos, todas las secciones se consideran iguales en cada piso.

- ✓ Desencofrar columnas y costillas de vigas a las 48 horas.
- ✓ Desencofrar asientos de vigas a los 18 días.
- ✓ Realizar 12 colados, dos por cada piso.
- ✓ Cada colado se hará en una semana.
- ✓ Carpinteros llevan a cabo en 3 días la primera sección de formaletas.

Tendremos 12 colados, dos por cada piso.

Cada unidad se hará en una semana, incluyendo moldeado, armadura, plomería, electricidad y colado. Los carpinteros deben hacer en 3 días la sección 1, después algunos de ellos se pasan a la sección 2, mientras que los demás instalan costillas, refuerzos, puntuales y chequean si es necesario, los niveles de vigas y losas en la sección 1. Uno o dos carpinteros deben permanecer en el día del colado en la sección 1. Esto lleva una semana.

Durante la segunda semana y así cada semana después, una sección será completada.

La tabla 36 muestra el número de reusos y el total de materiales de formaleta para construir el edificio. En total se necesitan para columnas y vigas: dos sets; y para asientos de vigas, losas y puntuales: 3 sets. Esto en la hipótesis que las secciones de columnas, vigas y paneles de losa son iguales en todos los niveles. Se puede además observar en la tabla que las formaletas de la unidad 1 no se pueden usar en la unidad 2, ni en los de la unidad 3 en la unidad 4, etc. Por lo tanto hay que construir un set de columnas y vigas para la unidad 1 y otro para la unidad 2.

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



UNIDAD	TOTAL TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL COMIENZO DE LA UNIDAD (SEMANAL)	FORMALETA	FUENTE DE FORMALETA
1	0	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO
2	1	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO
3	2	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	UNIDAD 1 UNIDAD 1 MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO MATERIAL NUEVO
4	3	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	UNIDAD 2 UNIDAD 2 UNIDAD 1 UNIDAD 1 UNIDAD 1

Tabla 37: Programa de encofrado para estructuras de concreto en edificio. (“*Nuevos sistemas de encofrados en la construcción*”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

UNIDAD	TOTAL TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL COMIENZO DE LA UNIDAD (SEMANAL)	FORMALETA	FUENTE DE FORMALETA
5	4	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	UNIDAD 3 UNIDAD 3 UNIDAD 2 UNIDAD 2 UNIDAD 2
6	5	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	UNIDAD 4 UNIDAD 4 UNIDAD 3 UNIDAD 3 UNIDAD 3
7	6	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PUNTUALES	UNIDAD 5 UNIDAD 5 UNIDAD 4 UNIDAD 4 UNIDAD 4
8	7	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PAREDES	UNIDAD 6 UNIDAD 6 UNIDAD 5 UNIDAD 5 UNIDAD 5

Tabla 38: Programa de encofrado para estructuras de concreto en edificio. (“*Nuevos sistemas de encofrados en la construcción*”, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

“Diagnóstico del uso de encofrados en elementos estructurales de concreto para los diferentes tipos de edificaciones en la zona oriental de El Salvador”.



UNIDAD	TOTAL TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL COMIENZO DE LA UNIDAD (SEMANAL)	FORMALETA	FUENTE DE FORMALETA
9	8	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PAREDES	UNIDAD 7 UNIDAD 7 UNIDAD 6 UNIDAD 6 UNIDAD 6
10	9	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PAREDES	UNIDAD 8 UNIDAD 8 UNIDAD 7 UNIDAD 7 UNIDAD 7
11	10	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PAREDES	UNIDAD 9 UNIDAD 9 UNIDAD 8 UNIDAD 8 UNIDAD 8
12	11	COLUMNAS COSTILLAS DE VIGAS ASIENTOS DE VIGAS LOSA PAREDES	UNIDAD 10 UNIDAD 10 UNIDAD 9 UNIDAD 9 UNIDAD 9

Tabla 39: Programa de encofrado para estructuras de concreto en edificio. (*“Nuevos sistemas de encofrados en la construcción”*, Ing Fredy Herrera, Noviembre de 2012).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Los encofrados son estructuras provisionales para moldear estructuras de concreto que pueden estar fabricados de materiales que permitan confinar y dar soporte al elemento hasta que este alcance la resistencia necesaria para soportar su peso propio.

El conocimiento de los diseños y sistemas de encofrados en nuestro país es reducido y llevado a cabo de manera empírica, a pesar que el cálculo y la elaboración de los encofrados es uno de los aspectos más importantes en la ejecución de una obra de concreto reforzado.

En el diagnóstico realizado en la zona oriental de El Salvador, la elaboración de encofrados se realiza en su mayoría de manera empírica, es decir, que no se emplea un diseño de encofrados, desconociendo los nuevos sistemas que contribuirían en la elaboración de moldes con mayor capacidad de soportar cargas y mayor número de usos, permitiendo un ahorro en cuestión de tiempo y costos del proyecto.

También se pudo observar que en la mayoría de proyectos no se realizan planos de taller en los encofrados, solamente utilizan los planos estructurales y de detalle, ocasionando confusión al momento de elaborar e instalar las formaletas.

Al momento de diseñar y elaborar los encofrados, se deberá conocer sobre los diferentes sistemas que existen en nuestro medio, los materiales que lo conforman y sus propiedades mecánicas para realizar un análisis confiable de las cargas y presiones a las que estarán sujetas las formaletas.

Para realizar un buen diseño de encofrado, primero se procede a analizar el tipo de estructura de concreto a realizar estos pueden ser: fundaciones, columnas, paredes, losas y vigas de concreto considerando sus dimensiones y condiciones de cargas a la que estará sujeta la formaleta que los confinara.



Los encofrados más sujetos a presentar fallas en el molde o en la estructura misma son los verticales, especialmente los de columnas, debido a la gran cantidad de presión que se genera en la parte inferior del molde.

Una vez llevado el diseño del encofrado, se procede a calcular el material necesario para realizar los moldes, considerando el sistema a utilizar y las separaciones de los refuerzos analizados anteriormente, posteriormente se calcula el costo del encofrado y se elige el más eficiente en función de la magnitud del proyecto.

Para la implementación de encofrados en una construcción civil es imprescindible llevar a cabo un plan para la utilización de encofrados, tomando en cuenta el sistema a utilizar, número de usos y tiempos para desmoldar las diferentes estructuras de concreto.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda conocer las dimensiones y propiedades mecánicas de los materiales que son utilizados en los encofrados, para escoger el sistema más eficiente en función del proyecto a realizar.

El diseño y construcción de sistema de encofrados tradicionales (madera) resultan más eficientes y económicos en obras de pequeña magnitud debido al bajo costos y la facilidad de obtener los materiales que los constituyen.

El diseño y construcción de sistema de encofrados mixtos (metálicos y HDO) resultan más eficientes y económicos en obras de mediana y gran magnitud debido a la resistencia de los materiales que lo conforman permite una cantidad de usos mayor a los encofrados tradicionales que reducen los costos a largo plazo.

Es necesario que en cada proyecto de construcción tenga dentro de su personal al menos una persona encargada de los diseños de encofrados, que conozca acerca de los diferentes sistemas de encofrados, análisis de cargas sometidas al molde, planificación de encofrados y realización de planos de taller respectivo.



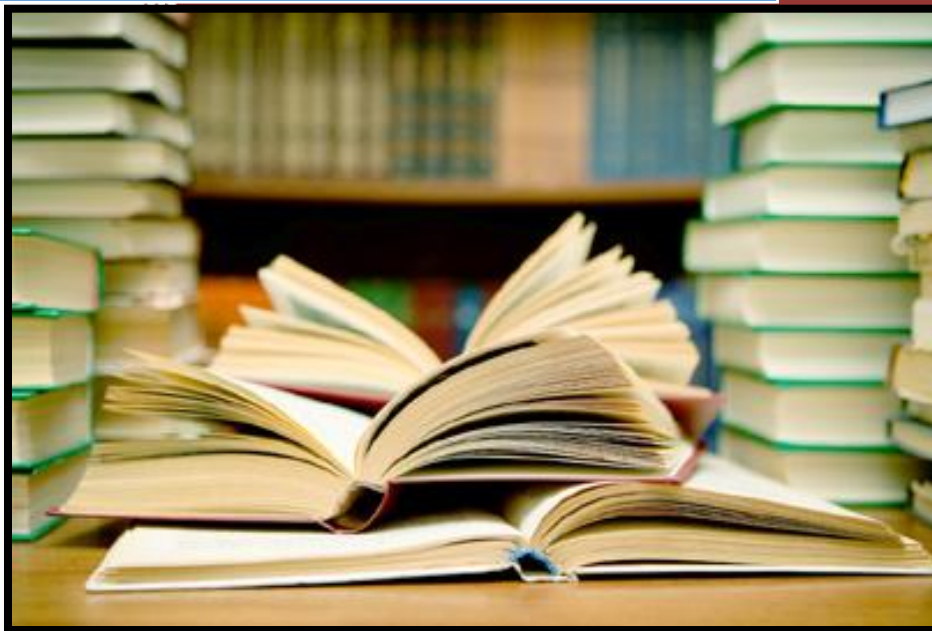
También es necesario que se cuente con mano de obra que sea capaz de realizar los encofrados de una manera eficaz, para que estos no sufran daños o deformaciones no deseados a la hora de colocar el concreto, así como conocer métodos para corregir dichos errores.

Capacitar al personal de obra acerca de los diferentes sistemas de encofrados y elaboración de moldes con sus respectivos refuerzos, separaciones y dimensionamiento.

Conocer los periodos de tiempo para desmoldar los encofrados en función del tipo de elemento estructural de concreto, así como la aplicación de desmoldantes en las formaletas para evitar daños en el concreto.

Realizar un cálculo de materiales, mano de obra y herramientas así como el costo de los mismos, para conocer el sistema de encofrado que resulta más eficiente y económico en cada tipo de proyecto.

FUENTES DE CONSULTA





- **Libros:**

- ✓ CAMARA PERUANA DE COMERCIO, CAPECO. Costos y presupuestos en edificación. 8ª Edición, Perú, 2003.
- ✓ HARMSEM, TEODORO E. Diseño de estructuras de concreto armado. 3ª Edición, Pontificia Universidad Católica de Perú, 2002.
- ✓ McCORMAC J. Diseño de Formaletas Metálicas. 2ª Edición, Alfaomega, México, 2008.
- ✓ INSTITUTO VASCO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORALES. Guía práctica de encofrados. 1ª Edición, OSALAN. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, País Vasco, España. 2008.

- **Tesis:**

- ✓ Abrego M., Jorge Alberto; Guandique R., Tomás Antonio; Quirós M., Roberto Eugenio. (1970). Estudio de encofrados para concreto. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- ✓ Ayala Carabajo, Ruth Elena; Chimbo Cusme, Cynthia Vanessa; Yaguana Chamba, Diego. (2010). Clasificación, utilización e importancia del encofrado como elemento provisional en el área de la Construcción. Tesina de seminario previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- ✓ Faustino B., Gabriel. (1995). Manual de encofrados para estructuras de concreto armado. Publicado por la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- ✓ García Cortez, Alberto; Martínez Arbeláez, Ricardo Andrés. (2007). Diseño y prueba de formaletas de acero para paredes y columnas a partir del vaciado de concreto en la construcción de obras civiles. Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de ingeniería mecánica, Pereira, Colombia.
- ✓ Noble Gómez, Sergio; Ramos, Jaime Balmore; Rodríguez Vigil, Alex Alfredo. (2005). Manual técnico de procesos constructivos. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.



- ✓ Portillo, Enrique Umaña; Sosa Henríquez, Jorge Alberto; Arturo Coreas, Miguel Ángel; Ulloa Umanzor, Oscar Alberto. (1995). Propuesta de cálculo, diseño y construcción de encofrados en El Salvador. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- ✓ Vintimilla Corral, José Bernardo. (2012). La influencia de los encofrados deslizantes en la construcción de las torres de un puente. Trabajo estructurado de manera independiente, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- **Reglamentos:**

- ✓ ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
- ✓ ACI 347. (2004). Guía de Formaletas para Concreto.

- **Conferencias:**

- ✓ HERRERA COELLO, Fredy Rolando. Nuevos sistemas de encofrados en la construcción. San Salvador, El Salvador, 2012.
- ✓ HERRERA COELLO, Fredy Rolando. Arquitectura en concreto visto. Universidad Gerardo Barrios, San Miguel, El Salvador, 2013.

ANEXO A

TABLAS COMPLEMENTARIAS



	Vmáx.	Mmáx.	δ máx.
	$wl/2$	(+) $wl^2/8$	$5/384wl^4/EI$
	$P/2$	(+) $P\ell/4$	$P\ell^3/48EI$
	$w\ell$	(+) $w\ell^2/2$	$w\ell^4/8EI$
	$5/8w\ell$	(-) $1/8w\ell^2$	$0.0059w\ell^4/EI$
	$0.6w\ell$	(-) $1/10w\ell^2$	$0.0069w\ell^4/EI$

ANEXO 1: Fórmulas de momento flector, cortante y deflexiones de las vigas más usadas en el diseño de encofrados.

ANEXO 2: Radio de giro de algunas secciones.

Esfuerzos permisibles en columnas de acero – Kg/cm ² Miembros principales y secundarios con relación de esbeltez (K L/r >120 <250)					
L/r	Tipo de acero A – 36	L/r	Tipo de acero A – 36	L/r	Tipo de acero A – 36
1.0	1518.8	41.0	1346.2	81.0	1073.8
2.0	1516.0	42.0	1340.5	82.0	1065.9
3.0	1513.1	43.0	1334.7	83.0	1057.9
4.0	1510.1	44.0	1328.9	84.0	1049.9
5.0	1507.0	45.0	1323.0	85.0	1041.8
6.0	1503.8	46.0	1317.1	86.0	1033.7
7.0	1500.5	47.0	1311.1	87.0	1025.5
8.0	1497.2	48.0	1305.0	88.0	1017.3
9.0	1493.8	49.0	1298.9	89.0	1009.0
10.0	1490.3	50.0	1292.7	90.0	1000.6
11.0	1486.7	51.0	1286.5	91.0	992.2
12.0	1483.1	52.0	1280.2	92.0	983.8
13.0	1479.3	53.0	1273.8	93.0	975.3
14.0	1475.5	54.0	1267.4	94.0	966.7
15.0	1471.6	55.0	1261.0	95.0	958.1
16.0	1467.7	56.0	1254.5	96.0	949.4
17.0	1463.6	57.0	1247.9	97.0	940.7
18.0	1459.5	58.0	1241.3	98.0	931.9
19.0	1455.4	59.0	1234.6	99.0	923.1
20.0	1451.1	60.0	1227.8	100.0	914.2

ANEXO 3: Tabla de esfuerzos admisibles a compresión en Kg/cm² en función de su relación de esbeltez.

VERTICALIDAD	En columnas, paredes, muros y todo otro elemento vertical.	Por cada 3mts. Para toda la edificación (hasta 30mts.)	0.60cms. 2.50cms.
	En esquinas expuestas de columnas y juntas de control.	Por cada 6mts. Para toda la edificación (hasta 30mts.)	0.60cms. 1.25cms.
	En columnas o muros construidos con moldes deslizantes, usando como referencia la base de la estructura, incluyendo componentes de rotación y traslación.	Por cada 1.50mts.de altura Por cada 15.0mts. de altura Máxima para la altura total de la estructura (hasta 180mts.)	0.30cms. 2.50cms. 7.50cms.
HORIZONTALIDAD Y ELEVACIONES ESPECIFICADAS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES	En las caras inferiores de losas, ligas y cielos (medidos antes de remover los puntuales).	Por cada 3mts. Por cada claro ó cada 6 mts. Máxima para la longitud total de la estructura	+– 0.60cms. +– 0.90cms. +– 1.90cms.
	En linteles expuestos y parapetos.	Por cada claro ó cada 6 mts. Máxima para la longitud total de la estructura	+– 0.60cms. +– 1.25cms.
	En elevaciones de losas con pendientes.	Por cada claro de 6 mts. Máxima para la longitud total de la estructura	+– 0.90cms. +– 1.90cms.

ANEXO 4: Tolerancias en dimensiones y en la ubicación de estructuras de concreto.

Parte 1.

ALINEAMIENTO Y DIMENSIONES DE COLUMNAS, PAREDES, VIGAS Y DIVISIONES RESPECTO A LO ESPECIFICADO EN LOS PLANOS		Por cada claro Por cada 6mts. Máximo para la longitud total de la estructura	+/- 1.25cms. +/- 1.25cms. +/- 2.50cms.
ABERTURA EN LOS PISOS Y PAREDES		Tamaño de las aberturas Localización de las aberturas	+/- 0.60cms. +/- 1.25cms.
ESPESOR DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE COLUMNAS, VIGAS, PAREDES Y LOSAS (INCLUYENDO PAREDES Y COLUMNAS CONSTRUIDAS CON MOLDES DESLIZANTES)		Hasta 30cms. Más de 30cms.	+ 0.90cms. - 0.60cms. + 1.25cms. - 0.90cms.

ANEXO 5: Tolerancias en dimensiones y en la ubicación de estructuras de concreto.

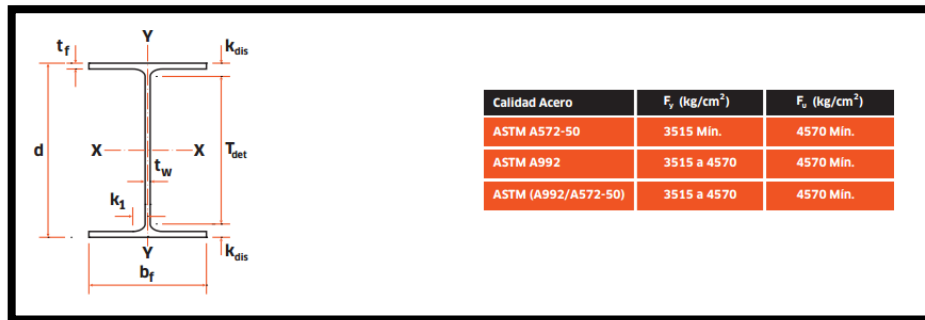
Parte 2.

CIMENTACIONES	Dimensiones horizontales.	Cuando se usan moldes	+ 5.00cms. - 1.25cms.
	Mala ubicación y excentricidad.	Cuando no se usan moldes. 2% del ancho del cimiento en la dirección mal ubicada, pero no más de	+/- 7.50cms. +/- 5.00cms.
	Espesor de sección transversal.		+ sin límite - 5%
	Cimentaciones para construcciones que no son de mampostería.	Alineamiento por cada 3mts. Máximo para un largo de 15mts. Nivel por cada 3mts. Máximo para un largo de 15mts.	+/- 0.60cms. +/- 1.25cms. +/- 0.60cms.
	Nivel para construcciones que no son de mampostería.		+ 1.25cms. - 5.00cms.
ESCALERAS	Por cada grada individual.	Contrahuella	+/- 0.30cms.
	En un tramo de escaleras.	Huella	+/- 0.60cms.
	En gradas consecutivas.	Altura	+/- 0.30cms.
		Profundidad	+/- 0.60cms.
		Contrahuella	+/- 0.20cms.
		Huella	+/- 0.30cms.

ANEXO 6: Tolerancias en dimensiones y en la ubicación de estructuras de concreto.

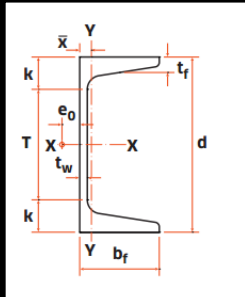
Parte 3.

Sección Peralte x Peso Nominales (in X lb/ft)	Peso (kg/m)	DIMENSIONES							PROPIEDADES									
		Peralte d (mm)	Espesor del Alma t _w (mm)	Patin		k _{dis} (mm)	T _{det} (mm)	k _t (mm)	Área A (cm ²)	Eje X-X				Eje Y-Y				J (cm ⁴)
				Ancho b _f (mm)	Espesor t _f (mm)					I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	Z (cm ³)	I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	Z (cm ³)	
W 6 X 8.5	12.6	148	4.32	100	4.95	11.3	114	12.7	16.26	620	83.6	6.17	93.9	82.8	16.6	2.26	25.6	1.39
W 6 X 9	13.4	150	4.32	100	5.46	11.8	114	12.7	17.29	683	91.1	6.27	102	91.6	18.2	2.30	28.2	1.69
W 6 X 12	17.9	153	5.84	102	7.11	13.5	114	14.3	22.90	920	120	6.32	136	124	24.6	2.33	38.0	3.76
W 6 X 16	23.8	160	6.60	102	10.3	16.6	114	14.3	30.58	1336	167	6.60	192	184	36.1	2.46	55.6	9.28
W 8 X 10	14.9	200	4.32	100	5.21	12.8	165	12.7	19.10	1282	128	8.18	145	87.0	17.4	2.14	27.2	1.77
W 8 X 13	19.3	203	5.84	102	6.48	14.1	165	14.3	24.77	1648	162	8.15	187	114	22.5	2.14	35.2	3.63
W 8 X 15	22.3	206	6.22	102	8.00	15.6	165	14.3	28.65	1998	193	8.36	223	142	27.9	2.23	43.8	5.70
W 8 X 18	26.8	207	5.84	133	8.38	16.0	165	14.3	33.94	2576	249	8.71	279	332	49.8	3.12	76.4	7.16
W 8 X 21	31.3	210	6.35	134	10.2	17.8	165	14.3	39.74	3134	298	8.86	334	407	60.8	3.20	93.2	11.7
W 10 X 12	17.9	251	4.83	101	5.33	13.0	213	14.3	22.84	2239	179	9.91	206	90.7	18.0	1.99	28.5	2.28
W 10 X 15	22.3	254	5.84	102	6.86	14.5	213	14.3	28.45	2868	226	10.0	262	120	23.8	2.06	37.7	4.33
W 10 X 17	25.3	257	6.10	102	8.38	16.0	213	14.3	32.19	3409	265	10.3	306	148	29.2	2.15	45.9	6.49
W 10 X 19	28.3	260	6.35	102	10.0	17.7	213	15.9	36.26	4008	308	10.5	354	179	35.1	2.22	54.9	9.70



ANEXO 7: Propiedades del perfil tipo “W”.

Sección Peralte x Peso Nominales (in X lb/ft)	Peso (kg/m)	DIMENSIONES							PROPIEDADES										
		Peralte d (mm)	Espesor del Alma t _w (mm)	Patín		k (mm)	T (mm)	Área A (cm ²)	e ₀ (cm)	Eje X-X				Eje Y-Y					J (cm ⁴)
				Ancho b _f (mm)	Espesor t _f (mm)					I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	Z (cm ³)	I (cm ⁴)	S (cm ³)	r (cm)	\bar{x} (cm)	Z (cm ³)	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)	(cm)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)
C 3 X 3.5	5.21	76.2	3.35	34.8	6.93	17.5	41.3	6.65	1.25	65.3	17.0	3.05	20.3	7.03	2.98	1.00	1.13	5.96	0.94
C 3 X 4.1	6.10	76.2	4.32	35.8	6.93	17.5	41.3	7.81	1.17	68.7	18.0	2.97	21.6	7.95	3.21	1.01	1.11	6.54	1.12
C 4 X 4.5	6.70	102	3.17	40.2	7.52	19.0	63.5	8.52	1.49	152	30.0	4.14	34.7	12.0	4.34	1.16	1.25	8.70	1.34
C 4 X 5.4	8.04	102	4.67	40.2	7.52	19.0	63.5	10.26	1.27	160	31.5	3.96	37.5	13.0	4.54	1.13	1.16	9.26	1.66
C 6 X 8.2	12.2	152	5.08	48.8	8.71	20.6	111	15.48	1.52	545	71.3	5.94	84.6	28.6	8.00	1.36	1.30	16.2	3.06
C 6 X 10.5	15.6	152	7.98	51.7	8.71	20.6	111	19.94	1.23	629	82.6	5.64	101	35.8	9.19	1.34	1.27	18.7	5.33
C 6 X 13	19.3	152	11.1	54.8	8.71	20.6	111	24.71	0.97	720	94.7	5.41	119	43.7	10.5	1.33	1.31	22.1	9.86
C 8 X 11.5	17.1	203	5.59	57.4	9.91	23.8	156	21.81	1.77	1353	133	7.90	158	54.5	12.7	1.58	1.45	25.7	5.41
C 8 X 13.75	20.5	203	7.70	59.5	9.91	23.8	156	26.06	1.53	1503	148	7.59	180	63.3	13.9	1.56	1.41	28.3	7.74
C 8 X 18.75	27.9	203	12.4	64.2	9.91	23.8	156	35.55	1.09	1827	180	7.16	228	82.0	16.6	1.52	1.44	35.6	18.3
C 10 X 15.3	22.8	254	6.10	66.0	11.1	25.4	203	28.97	2.02	2801	221	9.83	261	94.5	18.8	1.81	1.61	38.3	8.7
C 10 X 20	29.8	254	9.63	69.6	11.1	25.4	203	37.94	1.62	3284	259	9.30	318	117	21.5	1.75	1.54	44.2	15.3
C 10 X 25	37.2	254	13.4	73.3	11.1	25.4	203	47.42	1.25	3792	298	8.94	379	139	24.1	1.71	1.57	52.1	28.6
C 10 X 30	44.6	254	17.1	77.0	11.1	25.4	203	56.90	0.93	4287	339	8.69	438	164	27.0	1.70	1.65	61.9	50.8



Calidad Acero	F _y (kg/cm ²)	F _u (kg/cm ²)
ASTM A36	2530 Min.	4080-5625
ASTM A529-50	3515 Min.	4570-7030
ASTM A572-50 *	3515 Min.	4570 Min.
ASTM (A36/A529-50)	3515 Min.	4080-5625
ASTM (A36/A572-50) *	3515 Min.	4080-5625

* Fabricación Especial.

ANEXO 8: Propiedades del perfil tipo “C”.

Sección Lado y Espesor Nominales (in)	Peso (kg/m)	DIMENSIONES			PROPIEDADES									
		Lado B	Espesor t	k	Área A	Eje X-X = Eje Y-Y					Eje Z-Z			J
		(mm)	(mm)	(mm)		I	S	r	$\bar{y} = \bar{x}$	Z	I	S	r	
		(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ³)	(cm ⁴)	
L 3/4 x 1/8	0.88	19.0	3.17	6.17	1.11	0.36	0.27	0.57	0.59	0.50	0.15	0.19	0.37	0.04
L 1 X 1/8	1.19	25.4	3.17	6.17	1.51	0.91	0.51	0.77	0.75	0.91	0.38	0.36	0.50	0.05
L 1 X 3/16	1.73	25.4	4.76	7.76	2.19	1.25	0.72	0.75	0.81	1.30	0.54	0.47	0.49	0.17
L 1 X 1/4	2.22	25.4	6.35	9.35	2.83	1.54	0.91	0.74	0.86	1.65	0.70	0.57	0.50	0.38
L 1 1/4 X 1/8	1.50	31.7	3.17	7.17	1.92	1.84	0.81	0.97	0.90	1.46	0.76	0.60	0.63	0.06
L 1 1/4 X 3/16	2.20	31.7	4.76	8.76	2.80	2.57	1.16	0.95	0.96	2.09	1.08	0.80	0.62	0.21
L 1 1/4 X 1/4	2.86	31.7	6.35	10.3	3.63	3.20	1.48	0.93	1.02	2.68	1.39	0.97	0.62	0.49
L 1 1/2 X 1/8	1.83	38.1	3.17	7.17	2.32	3.25	1.18	1.18	1.06	2.13	1.34	0.90	0.76	0.08
L 1 1/2 X 3/16	2.68	38.1	4.76	8.76	3.40	4.59	1.71	1.16	1.12	3.08	1.91	1.20	0.75	0.26
L 1 1/2 X 1/4	3.48	38.1	6.35	10.3	4.44	5.77	2.20	1.14	1.18	3.96	2.45	1.47	0.74	0.60
L 2 X 1/8	2.46	50.8	3.17	9.52	3.12	7.87	2.11	1.57	1.36	3.77	3.13	1.63	0.99	0.12
L 2 X 3/16	3.63	50.8	4.76	11.1	4.61	11.3	3.08	1.55	1.42	5.54	4.54	2.25	0.99	0.38
L 2 X 1/4	4.75	50.8	6.35	12.7	6.05	14.4	4.00	1.54	1.49	7.21	5.87	2.80	0.98	0.87
L 2 1/2 X 1/8	3.15	63.5	3.17	9.52	4.02	15.9	3.40	1.99	1.68	6.11	6.58	2.77	1.28	0.47
L 2 1/2 X 3/16	4.57	63.5	4.76	11.1	5.81	22.3	4.83	1.96	1.74	8.67	8.74	3.54	1.22	0.47
L 2 1/2 X 1/4	6.10	63.5	6.35	12.7	7.68	28.8	6.34	1.94	1.81	11.4	11.4	4.49	1.22	1.09
L 3 X 3/16	5.52	76.2	4.76	14.3	7.03	39.5	7.10	2.37	2.06	12.7	15.6	5.34	1.49	0.57
L 3 X 1/4	7.29	76.2	6.35	15.9	9.29	51.2	9.32	2.35	2.12	16.7	20.4	6.80	1.49	1.30
L 3 X 5/16	9.08	76.2	7.94	17.5	11.48	62.4	11.5	2.33	2.18	20.6	25.1	8.13	1.48	2.48
L 3 X 3/8	10.7	76.2	9.52	19.0	13.61	72.8	13.5	2.31	2.25	24.3	29.6	9.34	1.48	4.20
L 4 X 1/4	9.82	102	6.35	15.9	12.52	125	16.9	3.17	2.74	29.8	49.1	12.7	1.99	1.82
L 4 X 5/16	12.2	102	7.94	17.5	15.48	153	20.8	3.15	2.82	37.0	60.8	15.3	1.98	3.46
L 4 X 3/8	14.6	102	9.52	19.0	18.45	180	24.6	3.12	2.87	44.1	72.0	17.7	1.98	5.87
L 4 X 1/2	19.0	102	12.7	22.2	24.19	230	32.1	3.07	3.00	57.4	93.7	22.1	1.97	13.4
L 6 X 3/8	22.2	152	9.52	22.2	28.13	641	57.5	4.75	4.11	103	257	44.1	3.02	9.07
L 6 X 1/2	29.2	152	12.7	25.4	37.10	828	75.2	4.72	4.24	135	335	55.7	3.00	20.9
L 6 X 5/8	36.0	152	15.9	28.6	45.87	1003	92.4	4.67	4.37	166	409	66.2	2.97	39.8
L 6 X 3/4	42.7	152	19.0	31.7	54.45	1170	109	4.62	4.50	195	483	75.9	2.97	67.0

- Se pueden fabricar otros diseños sobre pedido.
- Longitud estándar de 6.1 m y 12.2 m.
- Realización de Prueba Charpy sobre pedido.

Calidad Acero	F_y (kg/cm ²)	F_u (kg/cm ²)
ASTM A36	2530 Min.	4080-5625
ASTM A529-50	3515 Min.	4570-7030
ASTM A572-50 *	3515 Min.	4570 Min.
ASTM (A36/A529-50)	3515 Min.	4080-5625

* Fabricación Especial.

ANEXO 9: Propiedades del ángulo de lados iguales “L”.

ANEXO B

PATOLOGIA EN EL CONCRETO RELACIONADO AL USO DE ENCOFRADOS



Introducción

En el mundo entero, el concreto arquitectónico se utiliza en grandes cantidades debido a sus cualidades estructurales y estéticas.

El primer paso para mejorar las superficies de concreto es la identificación de las patologías que presentan, para analizar después cuáles son sus posibles causas y soluciones.

Para determinar los defectos más comunes se partió de la definición de una lista general de sus defectos y sus tolerancias.

Defectos Superficiales

- **HORMIGUERO (Colmena):** Exposición del agregado grueso y vacíos irregulares en la superficie de concreto cuando el mortero presente en la mezcla no logra cubrir todo el espacio alrededor de los agregados.



- **VARIACION DE COLOR:** Vetas de color presentes en la superficie del concreto. Pueden presentarse debido a deficiencias en la mezcla o manifestarse en forma de manchas, humedad, ensuciamiento, oxidación o contaminación.



- **FUGA DE LECHADA:** Mancha blancuzca en forma de reguero de agua que se presenta en el concreto por el exceso de agua en la lechada.



- **TRANSPARENCIA DEL AGREGADO:** Apariencia moteada en la superficie, originada por deficiencias en el mortero, donde el agregados se encuentra cubierto por una delgada película de lechada que permite verlo a través de ella.



- **BURBUJA:** Pequeña cavidad o poro creado a partir de la acumulación de burbujas de aire o de agua atrapadas entre la cara de la formaleta y el concreto.



- **LINEAS ENTRE CARAS:** Líneas horizontales presentes en la superficie del concreto, que indican la frontera entre distintos tiempos de colocación, aun en un mismo vaciado.



- **GRIETAS POR ASENTAMIENTO:** Grieta superficial que ocurre por el desarrollo de esfuerzos en el concreto. La aparición de fisuras en la superficie puede ser un hecho normal debido al comportamiento del concreto como material estructural.



- **REBABA:** Proyección delgada y lineal de concreto que se presenta entre los espacios y uniones de formaletas cuando parte del mortero presente en la mezcla logra pasar a través de estas.



- **DEFECTOS DEMODULACION:** El defecto se presenta cuando la distribución de las formaletas no sigue un patrón estándar o uniforme.



- DESALINEAMIENTO
- DESCASCARAMIENTO
- IRREGULARIDAD DEJADA POR LOS TENSORES Y PERNO
- LINEAS DE ACUMULACION DE FINOS



Causas y Soluciones a los defectos más comunes

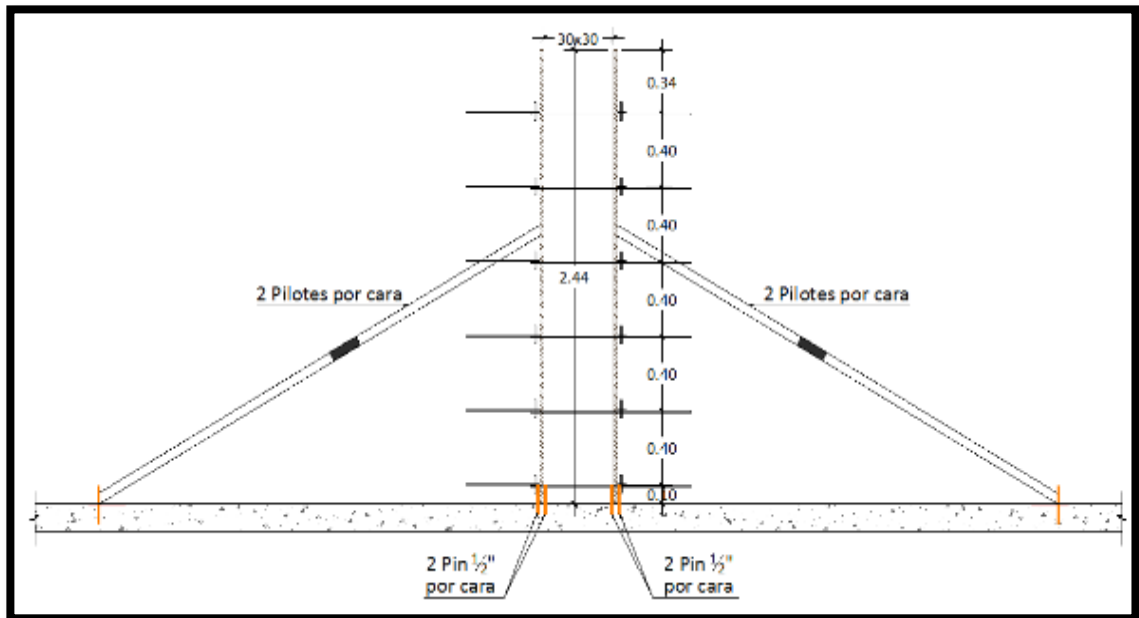
- Para lograr un buen acabado en el concreto, se deben de emplear materiales, equipos, herramientas, mano de obra y procedimientos que permitan entregar una obra cuyos defectos se encuentren en el rango de tolerancia establecido.
- La principal causa de la formación de burbujas en la superficie es la evacuación ineficiente del aire atrapado cuando el concreto se encuentra en estado fresco, lo cual se presenta por una incorrecta compactación. Otra causa común en la aparición de burbujas es el aire incorporado accidentalmente durante el proceso de mezclado, transporte y colocación, pues cuanto más aire haya en la mezcla, más difícil será retirarlo efectivamente.

- La variación del color es, por lo general, un reflejo de la falta de uniformidad en alguno de los materiales en especial agregados finos y cemento, o en procesos involucrados en la preparación y manejo del concreto. La variación del color está muy influenciada por los cambios de humedad de la mezcla durante los primeros días del fraguado.
- El descascaramiento ocurre por problemas relacionados por la formaleta, como la falta de aplicación de desmoldante, deterioro en su piel debido a su uso exclusivo, falta de limpieza, desencofrado prematuro o adhesivo.
- Los hormigueros son el defecto más notorio en una superficie de concreto. Para determinar sus causas influyen de manera significativa en su aparición, ya sea por la escasez de mortero en la mezcla, que disminuye la manejabilidad del concreto y la probabilidad de que los agregados queden cubiertos con la pasta.
- La principal causa de los desalineamientos es la inestabilidad de la formaleta, lo que puede solucionarse controlando el ajuste y la nivelación entre los paneles durante el proceso de colocación y garantizando un buen diseño estructural de la formaleta.

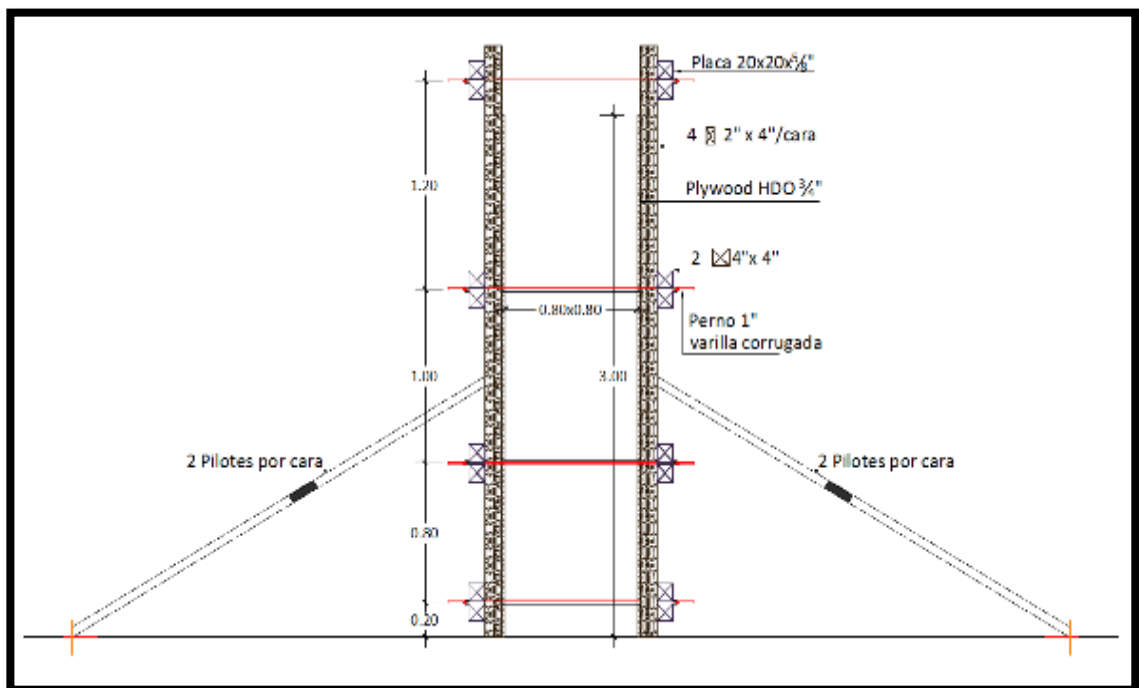
ANEXO C

DETALLES CONSTRUCTIVOS DE ENCOFRADOS

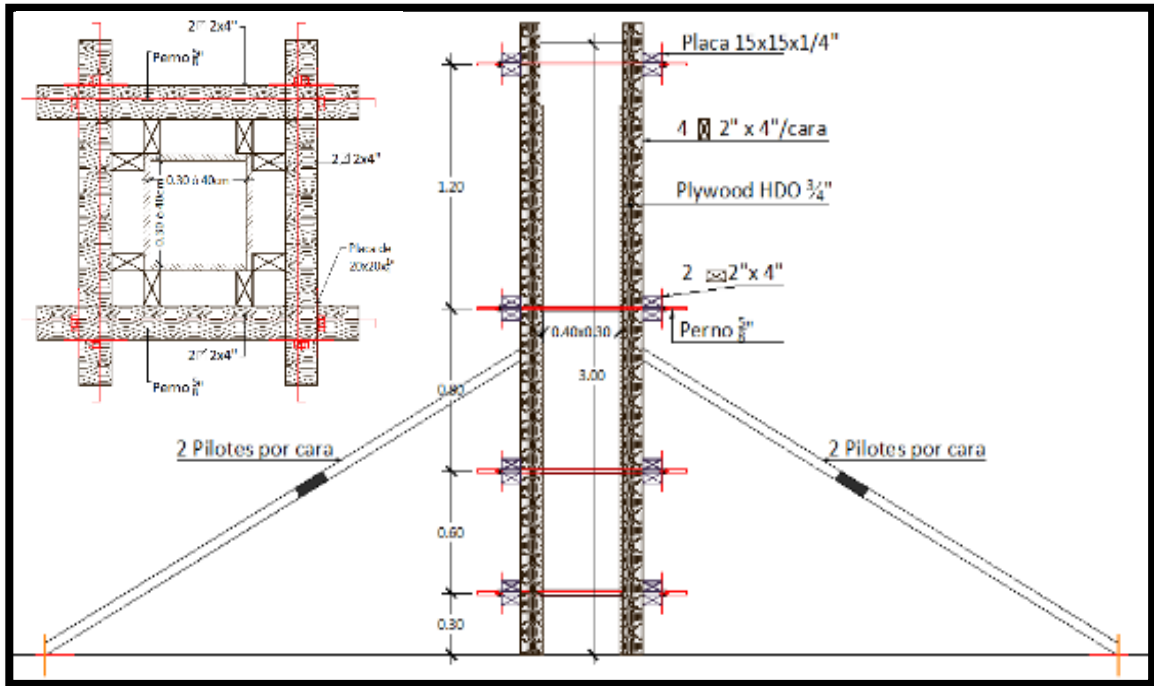




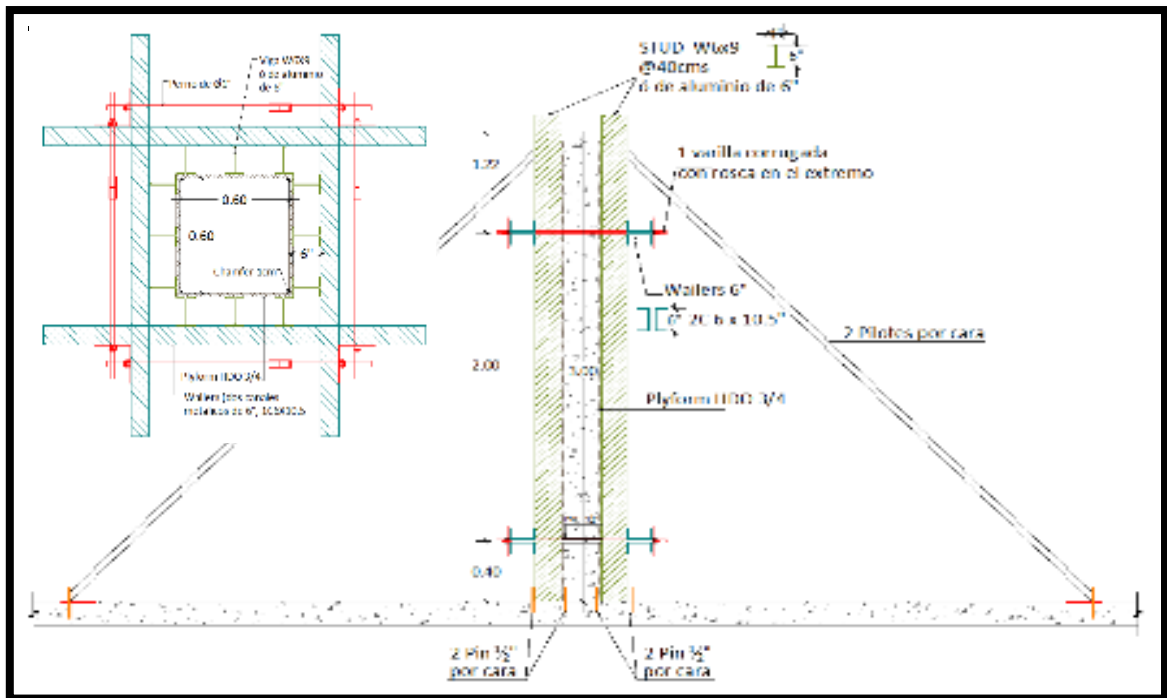
1) Columna 30 x 30, 30 x 40, 40 x 40



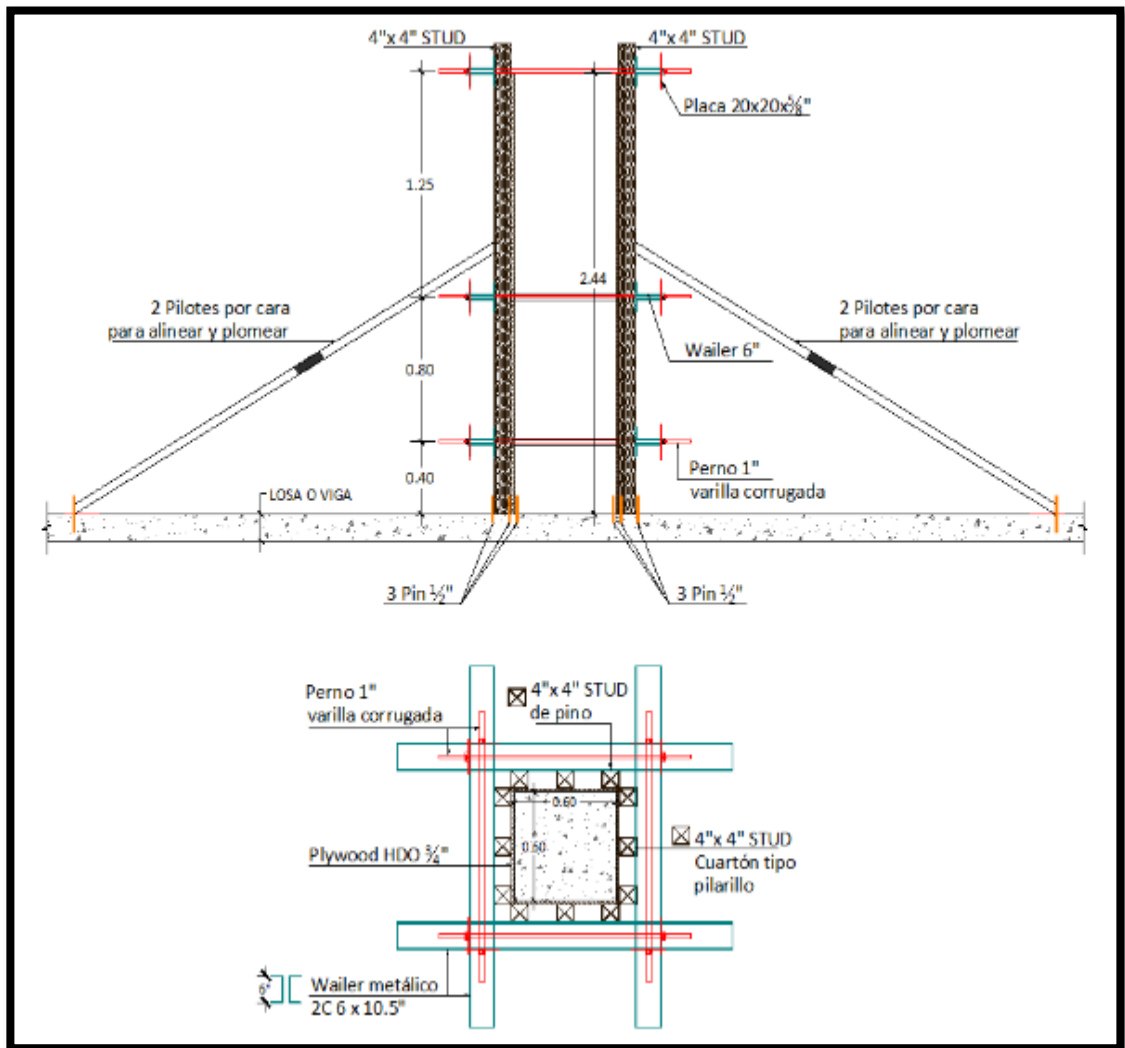
2) Columnas 80x80 con cuartones 4"x4", Plyform HDO 3/4" y pernos.



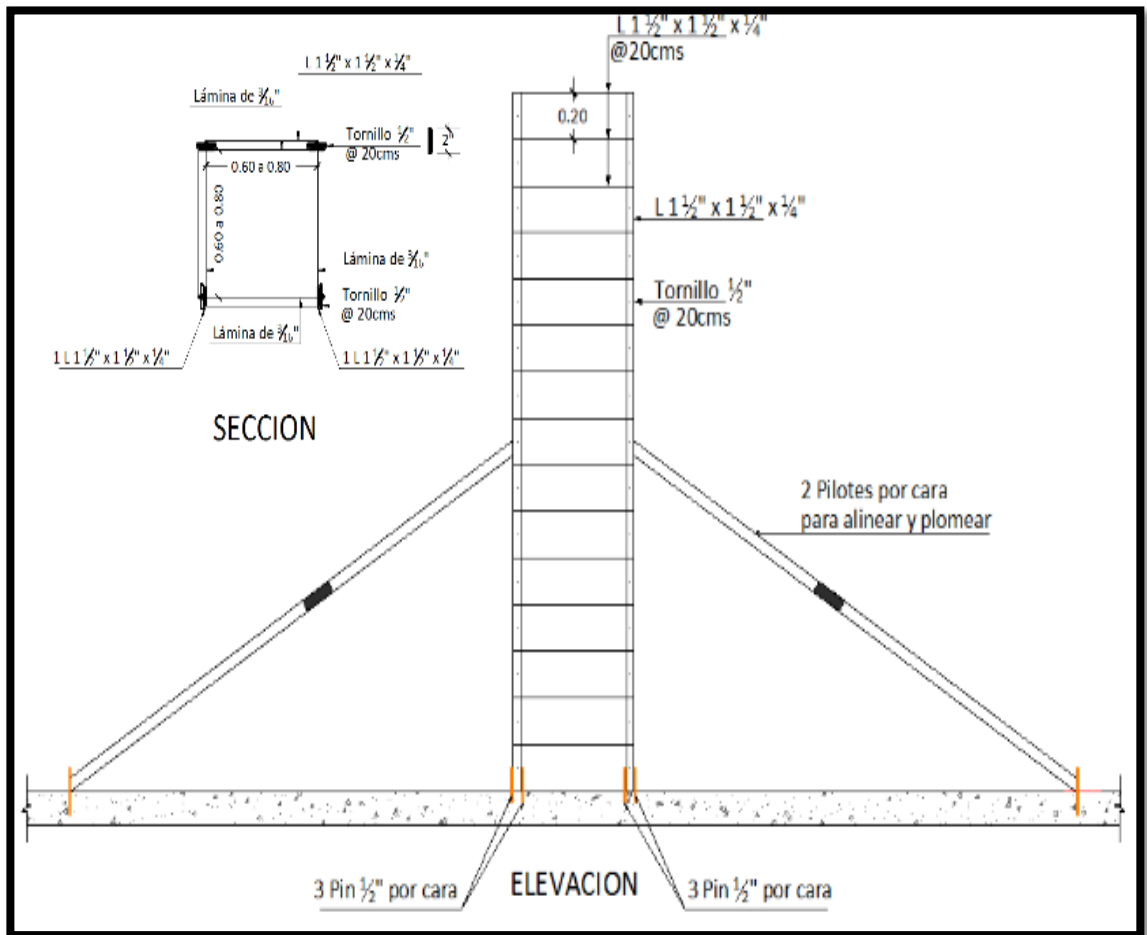
3) Columnas 30x30, 40x40 con Plyform HDO 3/4", cuartones 2"x4", y pernos de 5/8"



4) Columnas con viga H de 6" ó de aluminio y Plyform HDO 3/4", y wailers][de 6"



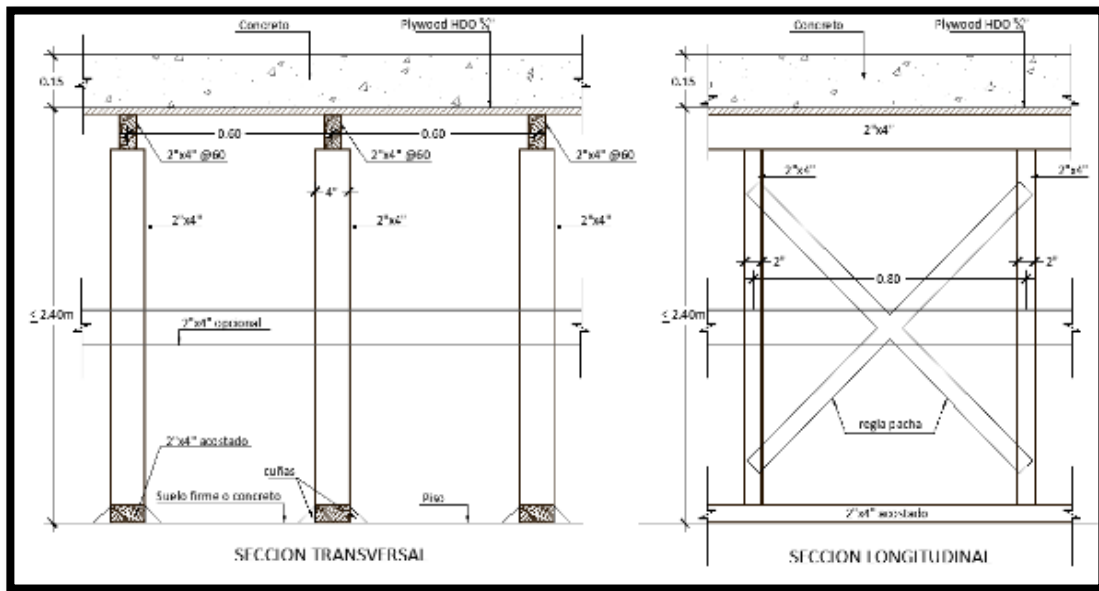
- 5) Columnas de 60x60 hasta 80x80cm, altura 2.44m con STUD de 4"x4" y Wailers metálicos][de 6", Plyform HDO 3/4", y pernos de 1"



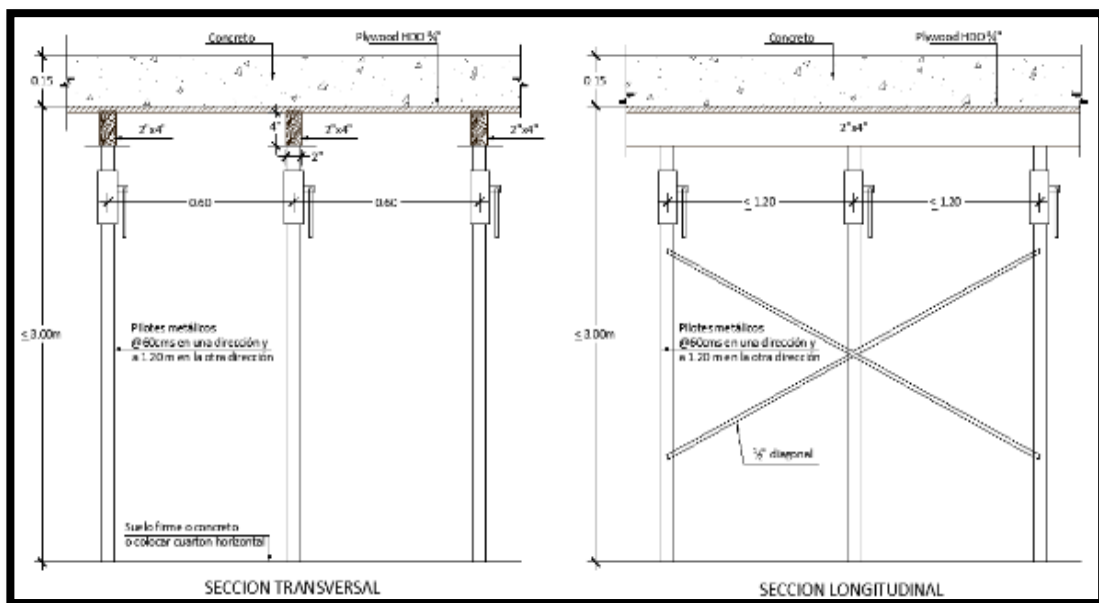
6) Columna metálica de 80x80cms h = 3.0m, con lámina, ángulos, y tornillos de $1/2"$

MOLDES PARA LOSAS DENSAS DE CONCRETO REFORZADO

(ESPESOR HASTA DE 15CM, ALTURA DE LOSA HASTA 2.40m)



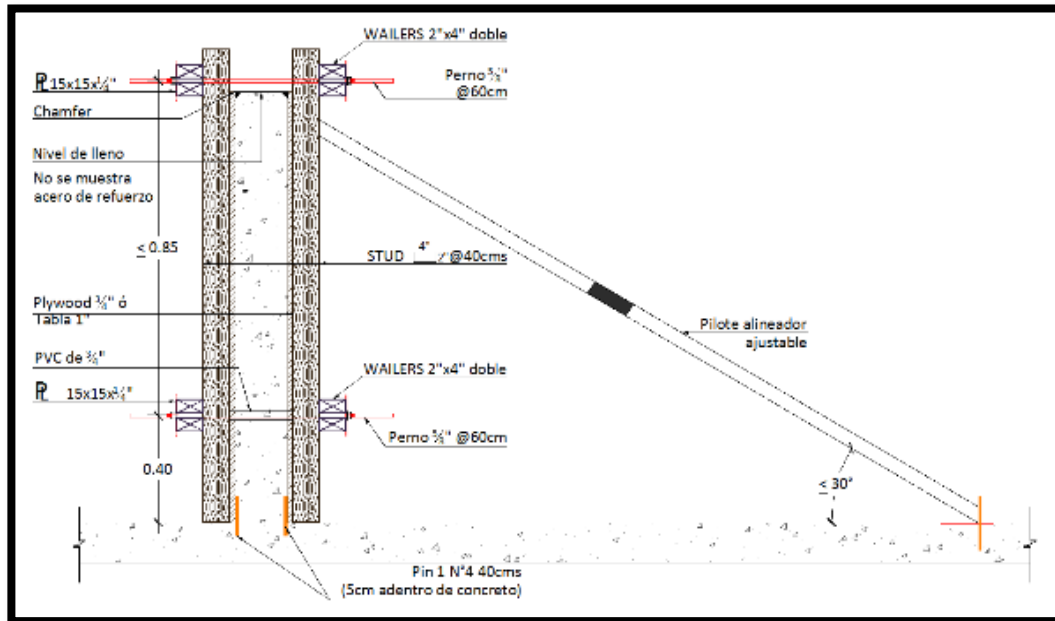
7) Cuarterones 2"x4" sosteniendo plywood HDO 3/4" o tabla y cuarterones 2"x4" como puntales.



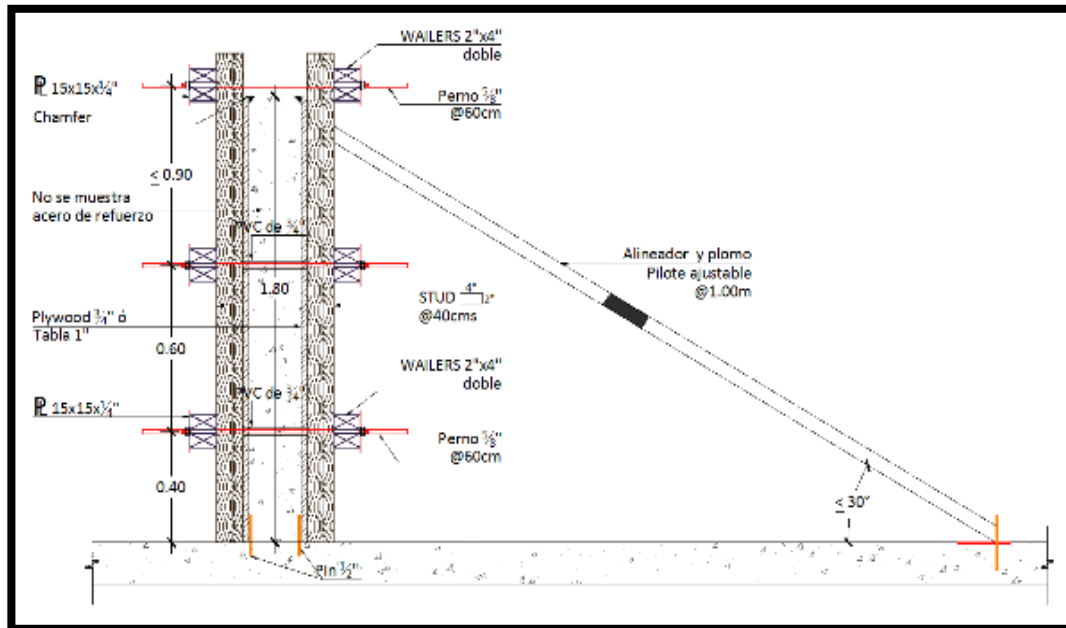
8) Cuarterones 2"x4" sosteniendo plywood HDO 3/4" y pilotes metálicos como puntales.

DISEÑO MOLDES DE PAREDES DE CONCRETO

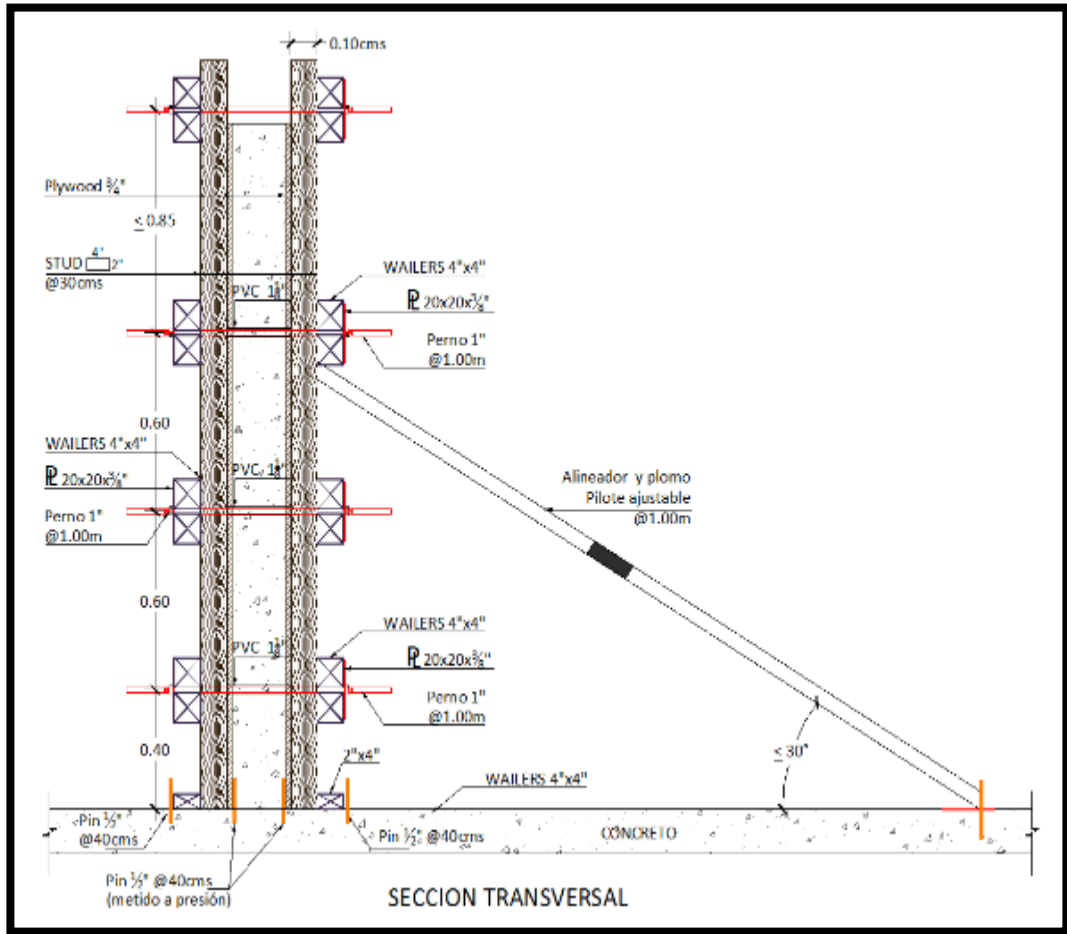
(SOLO MADERA CON PERNOS)



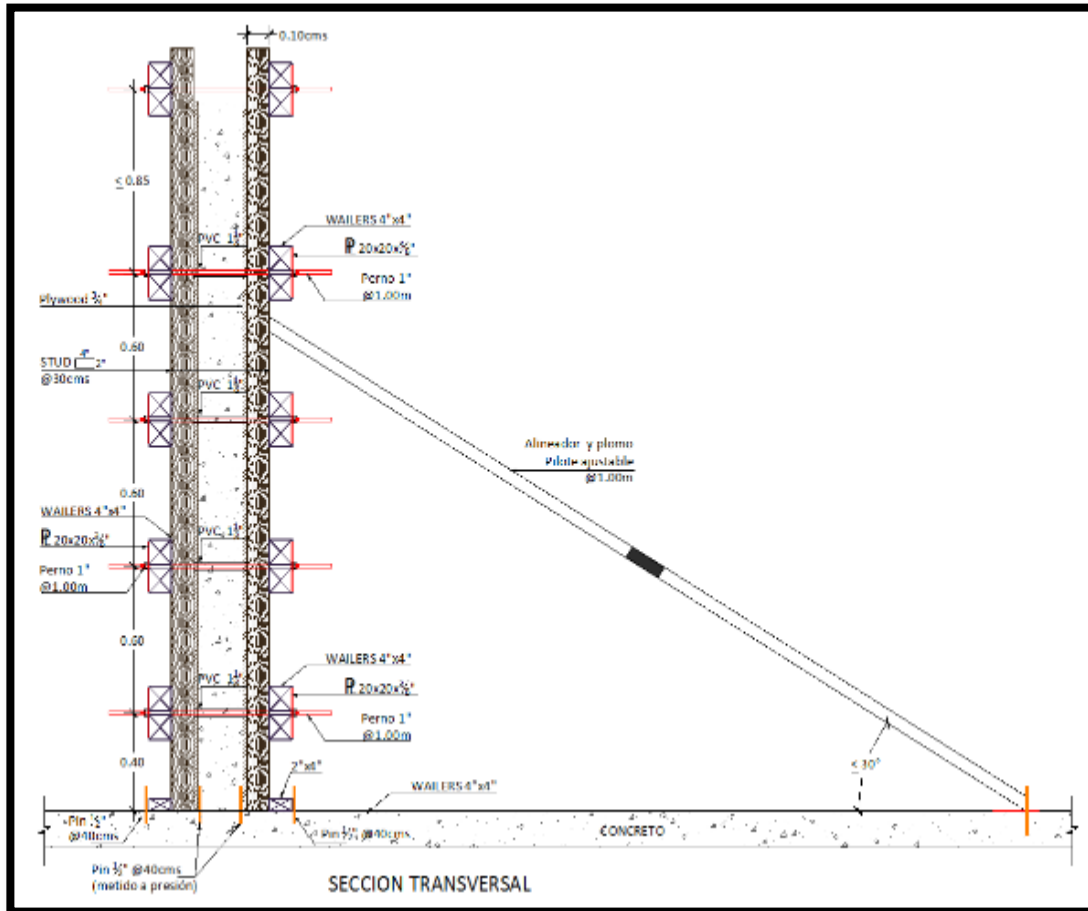
9) Hasta 1.90m de altura (Cualquier espesor)



10) De 1.25m hasta 1.80m (Cualquier espesor).

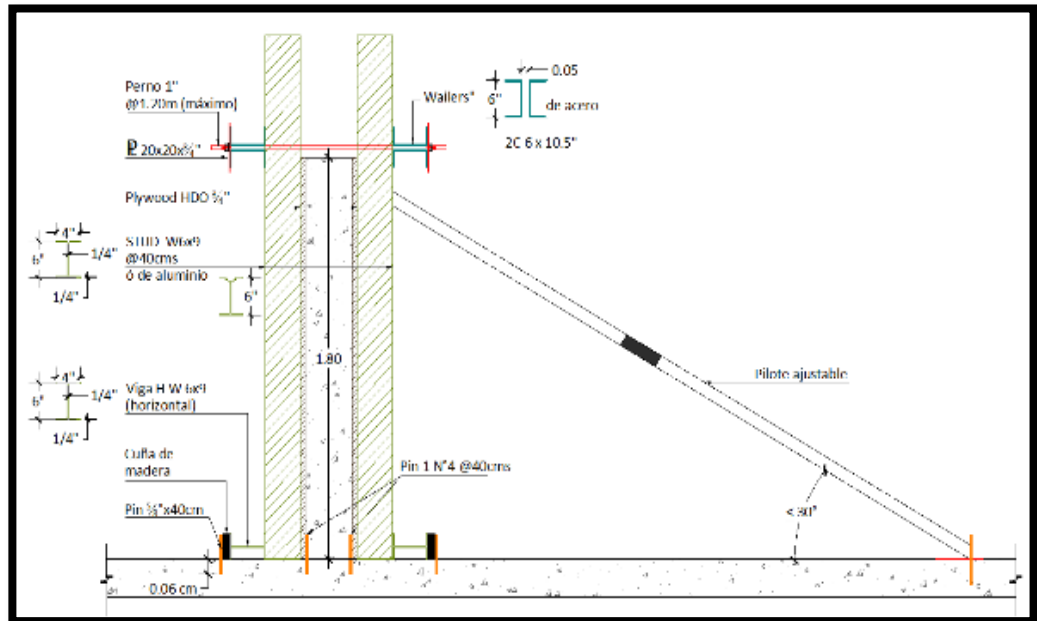


11) Moldes desde 1.80m hasta 2.44m (Cualquier espesor, solo madera).

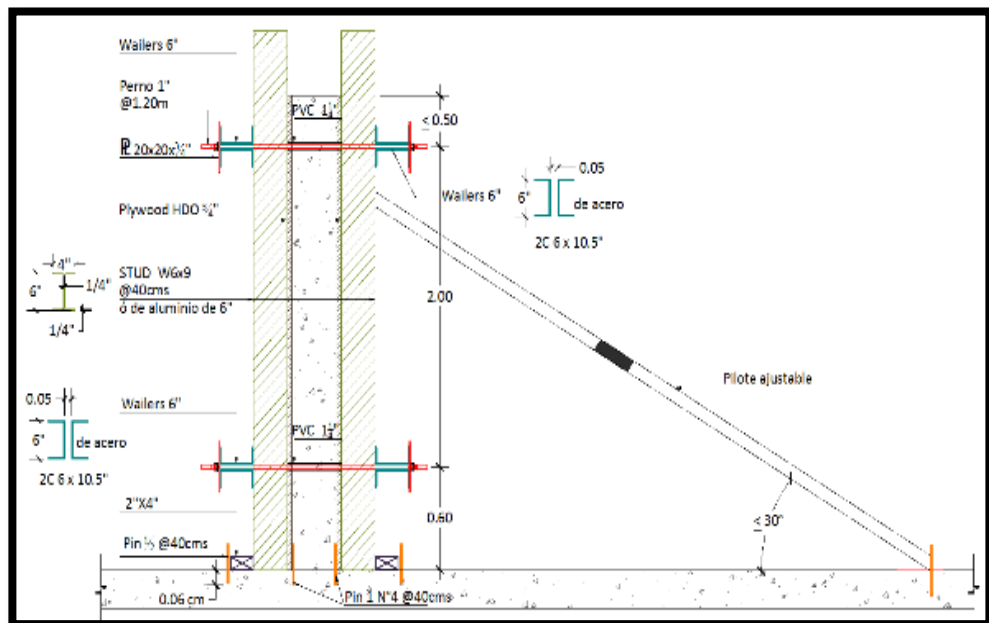


12) Moldes desde 2.44m hasta 3.10m (Cualquier espesor, madera 100%).

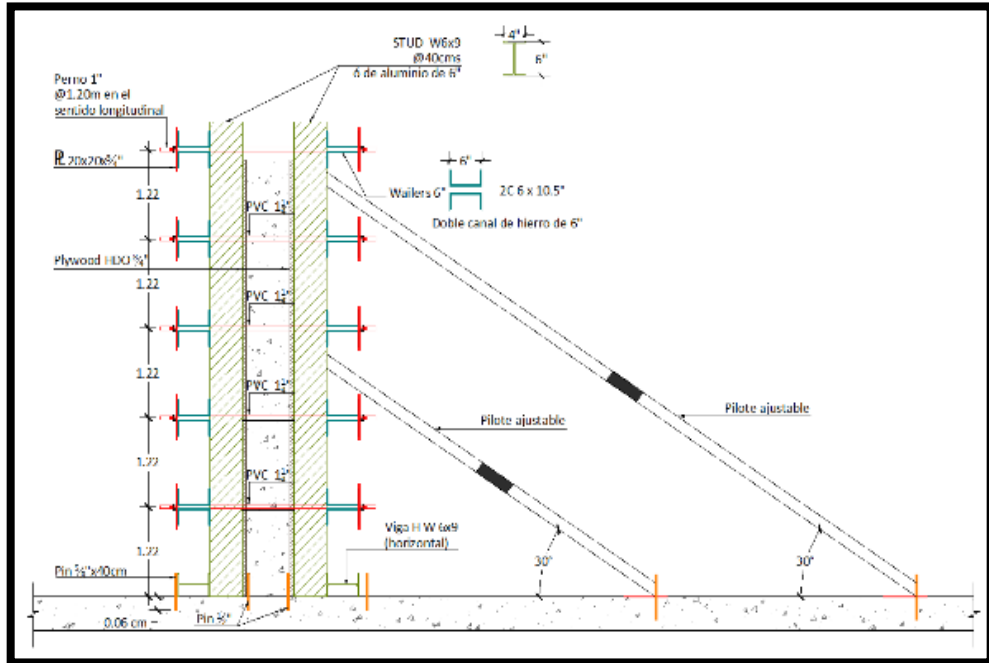
MOLDES CON VIGAS METALICAS (6 ALUMINIO) Y PLYWOOD HDO 3/4"



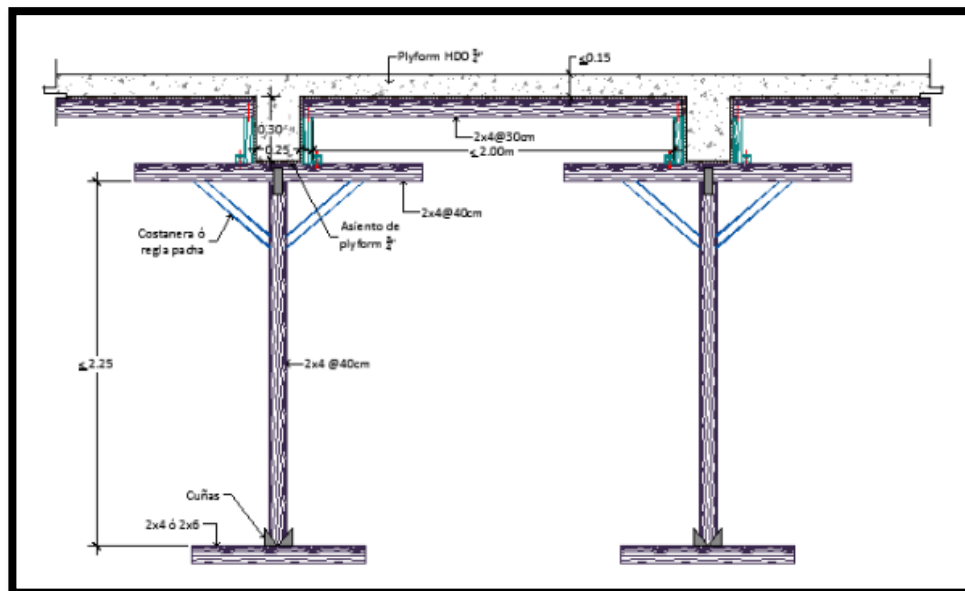
13) Altura hasta 1.80 m (Cualquier espesor, vigas de acero W 6x9 y plywood HDO 3/4").



14) Alturas de pared 3.10 m (10 pies).



15) Altura desde 3.10m. Hasta cualquier altura (Paredes de concreto de cualquier espesor). Usando plywood HDO $\frac{3}{4}$ ", pernos de 1" con placas de 20x20x $\frac{3}{4}$ ", vigas I de 6".



16) Molde para viga con losa densa (solo madera plyform HDO y cuartones 2x4.

ANEXO D

ACI 347 - GUIDE TO FORMWORK FOR CONCRETE



American Concrete Institute®
Advancing concrete knowledge

Guide to Formwork for Concrete

An ACI Standard

Reported by ACI Committee 347

Pericles C. Stivaros
Chair

Kevin L. Wheeler
Secretary

Rodney D. Adams	Samuel A. Greenberg	H. S. Lew
Kenneth L. Berndt	R. Kirk Gregory	Donald M. Marks
Randolph H. Bordner	Awad S. Hanna	Robert G. McCracken
Ramon J. Cook	G. P. Jum Horst	William R. Phillips
James N. Cornell	Mary K. Hurd	Douglas J. Schoonover
Jack L. David	David W. Johnston	W. Thomas Scott
William A. Dortch	Roger S. Johnston	Aviad Shapira
Jeffrey C. Erson	Dov Kaminetzky	Rolf A. Spahr
N. John Gardner	Harry B. Lancelot	

Objectives of safety, quality, and economy are given priority in these guidelines for formwork. A section on contract documents explains the kind and amount of specification guidance the engineer/architect should provide for the contractor. The remainder of the report advises the formwork engineer/contractor on the best ways to meet the specification requirements safely and economically. Separate chapters deal with design, construction, and materials for formwork. Considerations peculiar to architectural concrete are also outlined in a separate chapter. Other sections are devoted to formwork for bridges, shells, mass concrete, and underground work. The concluding chapter on formwork for special methods of construction includes slipforming, preplaced-aggregate concrete, tremie concrete, precast, and prestressed concrete.

Keywords: anchors; architectural concrete; coatings; concrete; construction; falsework; form ties; forms; formwork; foundations; quality control; reshoring; shoring; slipform construction; specifications; tolerances.

ACI Committee Reports, Guides, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in planning, designing, executing, and inspecting construction. This document is intended for the use of individuals who are competent to evaluate the significance and limitations of its content and recommendations and who will accept responsibility for the application of the material it contains. The American Concrete Institute disclaims any and all responsibility for the stated principles. The Institute shall not be liable for any loss or damage arising therefrom.

Reference to this document shall not be made in contract documents. If items found in this document are desired by the Architect/Engineer to be a part of the contract documents, they shall be restated in mandatory language for incorporation by the Architect/Engineer.

It is the responsibility of the user of this document to establish health and safety practices appropriate to the specific circumstances involved with its use. ACI does not make any representations with regard to health and safety issues and the use of this document. The user must determine the applicability of all regulatory limitations before applying the document and must comply with all applicable laws and regulations, including but not limited to, United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA) health and safety standards.

CONTENTS

Preface, p. 347-2

Chapter 1—Introduction, p. 347-2

- 1.1—Scope
- 1.2—Definitions
- 1.3—Achieving economy in formwork
- 1.4—Contract documents

Chapter 2—Design, p. 347-5

- 2.1—General
- 2.2—Loads
- 2.3—Unit stresses
- 2.4—Safety factors for accessories
- 2.5—Shores
- 2.6—Bracing and lacing
- 2.7—Foundations for formwork
- 2.8—Settlement

Chapter 3—Construction, p. 347-9

- 3.1—Safety precautions
- 3.2—Construction practices and workmanship
- 3.3—Tolerances
- 3.4—Irregularities in formed surfaces
- 3.5—Shoring and centering
- 3.6—Inspection and adjustment of formwork
- 3.7—Removal of forms and supports
- 3.8—Shoring and reshoring of multistory structures

Chapter 4—Materials, p. 347-16

- 4.1—General

ACI 347-04 supersedes ACI 347R-03 and became effective October 15, 2004.
Copyright © 2004, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

- 4.2—Properties of materials
- 4.3—Accessories
- 4.4—Form coatings and release agents

Chapter 5—Architectural concrete, p. 347-18

- 5.1—Introduction
- 5.2—Role of the architect
- 5.3—Materials and accessories
- 5.4—Design
- 5.5—Construction
- 5.6—Form removal

Chapter 6—Special structures, p. 347-22

- 6.1—Discussion
- 6.2—Bridges and viaducts, including high piers
- 6.3—Structures designed for composite action
- 6.4—Folded plates, thin shells, and long-span roof structures
- 6.5—Mass concrete structures
- 6.6—Underground structures

Chapter 7—Special methods of construction, p. 347-26

- 7.1—Recommendations
- 7.2—Preplaced-aggregate concrete
- 7.3—Slipforms
- 7.4—Permanent forms
- 7.5—Forms for prestressed concrete construction
- 7.6—Forms for site precasting
- 7.7—Use of precast concrete for forms
- 7.8—Forms for concrete placed under water

Chapter 8—References, p. 347-30

- 8.1—Referenced standards and reports
- 8.2—Cited references

PREFACE

Before the formation of ACI Committee 347 (formerly ACI Committee 622) in 1955, there had been an increase in the use of reinforced concrete for longer span structures, multistoried structures, and increased story heights.

The need for a formwork standard and increased knowledge concerning the behavior of formwork was evident from the rising number of failures, sometimes resulting in the loss of life. The first report by the committee, based on a survey of current practices in the United States and Canada, was published in the ACI JOURNAL in June 1957.^{1.1} The second committee report was published in the ACI JOURNAL in August 1958.^{1.2} This second report was an in-depth review of test reports and design formulas for determining lateral pressure on vertical formwork. The major result of this study and report was the development of a basic formula establishing form pressures to be used in the design of vertical formwork.

The first standard was ACI 347-63. Subsequent revisions were ACI 347-68 and ACI 347-78. Two subsequent revisions, ACI 347R-88 and ACI 347R-94, were committee reports because of changes in the ACI policy on the style and format of standards. ACI 347-01 returned the guide to the standardization process.

A major contribution of the committee has been the sponsorship and review of *Formwork for Concrete*^{1,3} by M. K. Hurd, first published in 1963 and currently in its sixth edition. Now comprising more than 490 pages, this is the most comprehensive and widely used document on this subject. (The Japan National Council on Concrete has published a Japanese translation.)

The paired values stated in inch-pound and SI units are usually not exact equivalents. Therefore, each system is to be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with this document.

CHAPTER 1—INTRODUCTION

1.1—Scope

This guide covers:

- A listing of information to be included in the contract documents;
- Design criteria for horizontal and vertical forces on formwork;
- Design considerations, including safety factors, to be used in determining the capacities of formwork accessories;
- Preparation of formwork drawings;
- Construction and use of formwork, including safety considerations;
- Materials for formwork;
- Formwork for special structures;
- Formwork for special methods of construction; and
- Qualification of personnel for inspection and testing.

This guide is based on the premise that layout, design, and construction of formwork should be the responsibility of the formwork engineer/contractor. This is believed to be fundamental to the achievement of safety and economy of formwork for concrete.

1.2—Definitions

The following definitions will be used in this guide. Many of the terms can also be found in ACI 116R:

backshores—shores placed snugly under a concrete slab or structural member after the original formwork and shores have been removed from a small area at a time, without allowing the slab or member to deflect; thus, the slab or other member does not yet support its own weight or existing construction loads from above.

bugholes—surface air voids: small regular or irregular cavities, usually less than 0.6 in. (15 mm) in diameter, resulting from entrapment of air bubbles in the surface of formed concrete during placement and consolidation. Also called blowholes.

centering—specialized temporary support used in the construction of arches, shells, and space structures where the entire temporary support is lowered (struck or decentered) as a unit to avoid introduction of injurious stresses in any part of the structure.

climbing form—a form that is raised vertically for succeeding lifts of concrete in a given structure.

diagonal bracing—supplementary formwork members designed to resist lateral loads.

engineer/architect—the engineer, architect, engineering firm, architectural firm, or other agency issuing project plans and specifications for the permanent structure, administering the work under contract documents, or both.

flying forms—large prefabricated, mechanically handled sections of formwork designed for multiple reuse; frequently including supporting truss, beam, or shoring assemblies completely unitized. Note: Historically, the term has been applied to floor forming systems.

form—a temporary structure or mold for the support of concrete while it is setting and gaining sufficient strength to be self-supporting.

formwork—total system of support for freshly placed concrete, including the mold or sheathing that contacts the concrete and all supporting members, hardware, and necessary bracing.

formwork engineer/contractor—engineer of the formwork system, contractor, or competent person in charge of designated aspects of formwork design and formwork operations.

ganged forms—large assemblies used for forming vertical surfaces; also called gang forms.

horizontal lacing—horizontal bracing members attached to shores to reduce their unsupported length, thereby increasing load capacity and stability.

reshores—added shores placed snugly under selected panels of a deck-forming system before any primary (original) shores are removed. Preshores and the panels they support remain in place until the remainder of the complete bay has been stripped and backshored, a small area at a time.

reshores—shores placed snugly under a stripped concrete slab or other structural member after the original forms and shores have been removed from a large area, requiring the new slab or structural member to deflect and support its own weight and existing construction loads to be applied before installation of the reshores.

scaffold—a temporary elevated platform (supported or suspended) and its supporting structure used for supporting workers, tools, and materials; adjustable metal scaffolding can be used for shoring in concrete work, provided its structure has the necessary load-carrying capacity and structural integrity.

shores—vertical or inclined support members designed to carry the weight of the formwork, concrete, and construction loads above.

slipform—a form that is pulled or raised as concrete is placed; may move in a horizontal direction to lay concrete for concrete paving or on slopes and inverts of canals, tunnels, and siphons; or may move vertically to form walls, bins, or silos.

1.3—Achieving economy in formwork

The engineer/architect can help overall economy in the structure by planning so that formwork costs are minimized. The cost of formwork in the United States can be as much as 60% of the total cost of the completed concrete structure in place and sometimes greater. This investment requires careful thought and planning by the engineer/architect when designing and specifying the structure and by the formwork engineer/contractor when designing and constructing the formwork.

Formwork drawings, prepared by the formwork engineer/contractor, can identify potential problems and should give project site employees a clear picture of what is required and how to achieve it. The following guidelines show how the engineer/architect can plan the structure so that formwork economy may best be achieved:

- To simplify and permit maximum reuse of formwork, the dimensions of footings, columns, and beams should be of standard material multiples, and the number of sizes should be minimized;
- When interior columns are the same width as or smaller than the girders they support, the column form becomes a simple rectangular or square box without boxouts, and the slab form does not have to be cut out at each corner of the column;
- When all beams are made one depth (beams framing into beams as well as beams framing into columns), the supporting structures for the beam forms can be carried on a level platform supported on shores;
- Considering available sizes of dressed lumber, plywood, and other ready-made formwork components and keeping beam and joist sizes constant will reduce labor time;
- The design of the structure should be based on the use of one standard depth wherever possible when commercially available forming systems, such as one- or two-way joist systems, are used;
- The structural design should be prepared simultaneously with the architectural design so that dimensions can be better coordinated. Room sizes can vary a few inches to accommodate the structural design;
- The engineer/architect should consider architectural features, depressions, and openings for mechanical or electrical work when detailing the structural system, with the aim of achieving economy. Variations in the structural system caused by such items should be shown on the structural plans. Wherever possible, depressions in the tops of slabs should be made without a corresponding break in elevations of the soffits of slabs, beams, or joists;
- Embedments for attachment to or penetration through the concrete structure should be designed to minimize random penetration of the formed surface; and
- Avoid locating columns or walls, even for a few floors, where they would interfere with the use of large formwork shoring units in otherwise clear bays.

1.4—Contract documents

The contract documents should set forth the tolerances required in the finished structure but should not attempt to specify the manner in which the formwork engineer/contractor designs and builds the formwork to achieve the required tolerances.

The layout and design of the formwork and its construction should be the responsibility of the formwork engineer/contractor. This approach gives the necessary freedom to use skill, knowledge, and innovation to safely construct an economical structure. By reviewing the formwork drawings,

the engineer/architect can understand how the formwork engineer/contractor has interpreted the contract documents. Some local areas have legal requirements defining the specific responsibilities of the engineer/architect in formwork design, review, or approval.

1.4.1 Individual specifications—The specification writer is encouraged to refer to this guide as a source of recommendations that can be written into the proper language for contract documents.

The specification for formwork will affect the overall economy and quality of the finished work; therefore, it should be tailored for each particular job, clearly indicate what is expected of the contractor, and ensure economy and safety.

A well-written formwork specification tends to equalize bids for the work. Unnecessarily exacting requirements can make bidders question the specification as a whole and make it difficult for them to understand exactly what is expected. They can be overly cautious and overbid or misinterpret requirements and underbid.

A well-written formwork specification is of value not only to the owner and the contractor, but also to the field representative of the engineer/architect, approving agency, and the subcontractors of other trades. Some requirements can be written to allow discretion of the contractor where quality of finished concrete work would not be impaired by the use of alternative materials and methods.

Consideration of the applicable general requirements suggested herein will not be sufficient to make a complete specification. Requirements should be added for actual materials, finishes, and other items peculiar to and necessary for the individual structure. The engineer/architect can exclude, call special attention to, strengthen, or make more lenient any general requirement to best fit the needs of the particular project. Helpful and detailed information is given in *Formwork for Concrete*.^{1,3}

1.4.2 Formwork materials and accessories—If the particular design or desired finish requires special attention, the engineer/architect can specify in the contract documents the formwork materials and such other features necessary to attain the objectives. If the engineer/architect does not call for specific materials or accessories, the formwork engineer/contractor can choose any materials that meet the contract requirements.

When structural design is based on the use of commercially available form units in standard sizes, such as one-way or two-way joist systems, plans should be drawn to make use of available shapes and sizes. Some latitude should be permitted for connections of form units to other framing or centering to reflect the tolerances and normal installation practices of the form type anticipated.

1.4.3 Finish of exposed concrete—Finish requirements for concrete surfaces should be described in measurable terms as precisely as practicable. Refer to **Section 3.4** and **Chapter 5**.

1.4.4 Design, inspection, review, and approval of formwork—Although the safety of formwork is the responsibility of the contractor, the engineer/architect or approving agency may, under certain circumstances, decide to review and approve the formwork, including drawings and calculations.

If so, the engineer/architect should call for such review or approval in the contract documents.

Approval might be required for unusually complicated structures, structures whose designs were based on a particular method of construction, structures in which the forms impart a desired architectural finish, certain post-tensioned structures, folded plates, thin shells, or long-span roof structures.

The following items should be clarified in the contract documents:

- Who will design the formwork;
- Who will inspect the specific feature of formwork and when will the inspection be performed; and
- What reviews, approvals, or both will be required—
 - a. For formwork drawings;
 - b. For the formwork before concreting and during concreting; and
 - c. Who will give such reviews, approvals, or both.

1.4.5 Contract documents—The contract documents should include all information about the structure necessary for the formwork engineer/contractor to design the formwork and prepare formwork drawings, such as:

- Number, location, and details of all construction joints, contraction joints, and expansion joints that will be required for the particular job or parts of it;
- Sequence of concrete placement, if critical;
- Tolerances for concrete construction;
- The live load and superimposed dead load for which the structure is designed and any live-load reduction used. This is a requirement of ACI 318;
- Intermediate supports under stay-in-place forms, such as metal deck used for forms and permanent forms of other materials; supports, bracing, or both, required by the structural engineer's design for composite action; and any other special supports;
- The location and order of erection and removal of shores for composite construction;
- Special provisions essential for formwork for special construction methods and for special structures such as shells and folded plates. The basic geometry of such structures, as well as their required camber, should be given in sufficient detail to permit the formwork engineer/contractor to build the forms;
- Special requirements for post-tensioned concrete members. The effect of load transfer and associated movements during tensioning of post-tensioned members can be critical, and the contractor should be advised of any special provisions that should be made in the formwork for this condition;
- Amount of required camber for slabs or other structural members to compensate for deflection of the structure. Measurements of camber attained should be made at the soffit level after initial set and before removal of formwork supports;
- Where chamfers are required or prohibited on beam soffits or column corners;
- Requirements for inserts, waterstops, built-in frames for openings and holes through concrete; similar requirements where the work of other trades will be

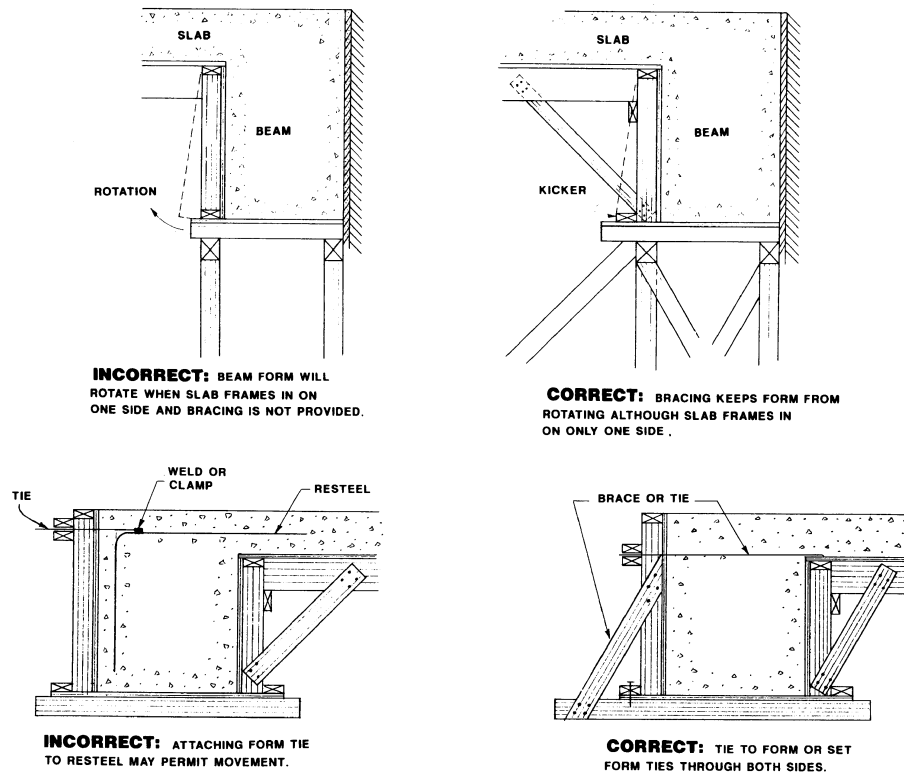


Fig. 2.1—Prevention of rotation is important where the slab frames into the beam form on only one side.

- attached to, supported by, or passed through formwork;
- Where architectural features, embedded items, or the work of other trades could change the location of structural members, such as joists in one- or two-way joist systems, such changes or conditions should be coordinated by the engineer/architect; and
- Locations of and details for architectural concrete. When architectural details are to be cast into structural concrete, they should be so indicated or referenced on the structural plans because they can play a key role in the structural design of the form.

CHAPTER 2—DESIGN

2.1—General

2.1.1 Planning—All formwork should be well planned before construction begins. The amount of planning required will depend on the size, complexity, and importance (considering reuses) of the form. Formwork should be designed for strength and serviceability. System stability and member buckling should be investigated in all cases.

2.1.2 Design methods—Formwork is made of many different materials, and the commonly used design practices for each material are to be followed (refer to [Chapter 4](#)). For example, wood forms are designed by working-stress methods recommended by the American Forest and Paper Association. When the concrete structure becomes a part of the formwork support system, as in many multistory buildings, it is important for the formwork engineer/contractor to recognize that the concrete structure has been designed by the strength method. Accordingly, in communication of the loads, it should be clear whether they are service loads or factored loads.

Throughout this guide, the terms design, design load, and design capacity are used to refer to design of the formwork. Where reference is made to design load for the permanent structure, structural design load, structural dead load, or some similar term is used to refer to unfactored service loads on the structure.*

2.1.3 Basic objectives—Formwork should be designed so that concrete slabs, walls, and other members will have the correct dimensions, shape, alignment, elevation, and position within established tolerances. Formwork should also be designed so that it will safely support all vertical and lateral loads that might be applied until such loads can be supported by the concrete structure. Vertical and lateral loads should be carried to the ground by the formwork system or by the in-place construction that has adequate strength for that purpose. Responsibility for the design of the formwork rests with the contractor or the formwork engineer hired by the contractor to design and be responsible for the formwork.

2.1.4 Design deficiencies—Some common design deficiencies that can lead to failure are:

- Lack of allowance in design for loadings such as wind, power buggies, placing equipment, and temporary material storage;
- Inadequate reshoring;
- Overstressed reshoring;
- Inadequate provisions to prevent rotation of beam forms where the slabs frame into them on only one side (Fig. 2.1);
- Insufficient anchorage against uplift due to battered form faces;

*As defined by ACI 318, both dead load and live load are unfactored loads.

- Insufficient allowance for eccentric loading due to placement sequences;
- Failure to investigate bearing stresses in members in contact with shores or struts;
- Failure to provide proper lateral bracing or lacing of shoring;
- Failure to investigate the slenderness ratio of compression members;
- Inadequate provisions to tie corners of intersecting cantilevered forms together;
- Failure to account for loads imposed on form hardware anchorages during closure of form panel gaps when aligning formwork; and
- Failure to account for elastic shortening during post-tensioning.

2.1.5 Formwork drawings and calculations—Before constructing forms, the formwork engineer/contractor may be required to submit detailed drawings, design calculations, or both of proposed formwork for review and approval by the engineer/architect or approving agency. If such drawings are not approved by the engineer/architect or approving agency, the formwork engineer/contractor should make such changes as may be required before the start of construction of the formwork.

The review, approval, or both of the formwork drawings does not relieve the contractor of the responsibility for adequately constructing and maintaining the forms so that they will function properly. If reviewed by persons other than those employed by the contractor, the review or approval indicates that no exception is taken by the reviewer to the assumed design loadings in combination with design stresses shown; the proposed construction methods; the placement rates, equipment, and sequences; the proposed form materials; and the overall scheme of formwork. All major design values and loading conditions should be shown on formwork drawings. These include assumed values of live load; the compressive strength of concrete for formwork removal and for application of construction loads; rate of placement, minimum temperature, height, and drop of concrete; weight of moving equipment that can be operated on formwork; foundation pressure; design stresses; camber diagrams; and other pertinent information, if applicable.

In addition to specifying types of materials, sizes, lengths, and connection details, formwork drawings should provide for applicable details, such as:

- Procedures, sequence, and criteria for removal of forms, shores, and reshores;
- Design allowance for construction loads on new slabs when such allowance will affect the development of shoring, reshoring schemes, or both (refer to [Sections 2.5](#) and [3.8](#) for shoring and reshoring of multistory structures);
- Anchors, form ties, shores, lateral bracing, and horizontal lacing;
- Field adjustment of forms;
- Waterstops, keyways, and inserts;
- Working scaffolds and runways;
- Weepholes or vibrator holes, where required;
- Screeds and grade strips;

- Location of external vibrator mountings;
- Crush plates or wrecking plates where stripping can damage concrete;
- Removal of spreaders or temporary blocking;
- Cleanout holes and inspection openings;
- Construction joints, contraction joints, and expansion joints in accordance with contract documents (also refer to ACI 301);
- Sequence of concrete placement and minimum elapsed time between adjacent placements;
- Chamfer strips or grade strips for exposed corners and construction joints;
- Camber;
- Mudsills or other foundation provisions for formwork;
- Special provisions, such as safety, fire, drainage, and protection from ice and debris at water crossings;
- Formwork coatings;
- Notes to formwork erector showing size and location of conduits and pipes projecting through formwork; and
- Temporary openings or attachments for climbing crane or other material handling equipment.

2.2—Loads

2.2.1 Vertical loads—Vertical loads consist of dead and live loads. The weight of formwork plus the weight of the reinforcement and freshly placed concrete is dead load. The live load includes the weight of the workers, equipment, material storage, runways, and impact.

Vertical loads assumed for shoring and reshoring design for multistory construction should include all loads transmitted from the floors above as dictated by the proposed construction schedule. Refer to [Section 2.5](#).

The formwork should be designed for a live load of not less than 50 lb/ft² (2.4 kPa) of horizontal projection. When motorized carts are used, the live load should not be less than 75 lb/ft² (3.6 kPa).

The design load for combined dead and live loads should not be less than 100 lb/ft² (4.8 kPa) or 125 lb/ft² (6.0 kPa) if motorized carts are used.

2.2.2 Lateral pressure of concrete—Unless the conditions of [Section 2.2.2.1](#) or [2.2.2.2](#) are met, formwork should be designed for the lateral pressure of the newly placed concrete given in Eq. (2.1a) or (2.1b). Minimum values given for other pressure formulas do not apply to Eq. (2.1a) and (2.1b).

$$p = wh \text{ (lb/ft}^2\text{)} \quad (2.1a)$$

$$p = \rho gh \text{ (kPa)} \quad (2.1b)$$

where

p = lateral pressure, lb/ft² (kPa);

w = unit weight of concrete, lb/ft³;

ρ = density of concrete, kg/m³;

g = gravitational constant, 9.81 N/kg; and

h = depth of fluid or plastic concrete from top of placement to point of consideration in form, ft (m).

The set characteristics of a mixture should be understood, and using the rate of placement, the level of fluid concrete

Table 2.1—Unit weight coefficient C_w

Inch-pound version		SI version	
Unit weight of concrete	C_w	Density of concrete	C_w
Less than 140 lb/ft ³	$C_w = 0.5[1 + (w/145 \text{ lb/ft}^3)]$ but not less than 0.80	Less than 2240 kg/m ³	$C_w = 0.5[1 + (w/2320 \text{ kg/m}^3)]$ but not less than 0.80
140 to 150 lb/ft ³	1.0	2240 to 2400 kg/m ³	1.0
More than 150 lb/ft ³	$C_w = w/145 \text{ lb/ft}^3$	More than 2400 kg/m ³	$C_w = w/2320 \text{ kg/m}^3$

can be determined. For columns or other forms that can be filled rapidly before stiffening of the concrete takes place, h should be taken as the full height of the form or the distance between horizontal construction joints when more than one placement of concrete is to be made. When working with mixtures using newly introduced admixtures that increase set time or increase slump characteristics, such as self-consolidating concrete, Eq. (2.1a) [(2.1b)] should be used until the effect on formwork pressure is understood by measurement.

2.2.2.1 Inch-pound version—For concrete having a slump of 7 in. or less and placed with normal internal vibration to a depth of 4 ft or less, formwork can be designed for a lateral pressure as follows, where p_{max} = maximum lateral pressure, lb/ft²; R = rate of placement, ft/h; T = temperature of concrete during placing, °F; C_w = unit weight coefficient per Table 2.1; and C_c = chemistry coefficient per Table 2.2.^{2.1}

For columns:

$$p_{max} = C_w C_c [150 + 9000R/T] \quad (2.2)$$

with a minimum of $600C_w$ lb/ft², but in no case greater than wh .

For walls with a rate of placement of less than 7 ft/h and a placement height not exceeding 14 ft

$$p_{max} = C_w C_c [150 + 9000R/T] \quad (2.3)$$

with a minimum of $600C_w$ lb/ft², but in no case greater than wh .

For walls with a placement rate less than 7 ft/h where placement height exceeds 14 ft, and for all walls with a placement rate of 7 to 15 ft/h

$$p_{max} = C_w C_c [150 + 43,400/T + 2800R/T] \quad (2.4)$$

with a minimum of $600C_w$ lb/ft², but in no case greater than wh .

2.2.2.1 SI version—For concrete having a slump of 175 mm or less and placed with normal internal vibration to a depth of 1.2 m or less, formwork can be designed for a lateral pressure as follows, where p_{max} = maximum lateral pressure, kPa; R = rate of placement, m/h; T = temperature of concrete during placing, °C; C_w = unit weight coefficient per Table 2.1; and C_c = chemistry coefficient per Table 2.2.^{2.1}

For columns

Table 2.2—Chemistry coefficient C_c

Cement type or blend	C_c
Types I, II, and III without retarders*	1.0
Types I, II, and III with a retarder	1.2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash without retarders*	1.2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash with a retarder*	1.4
Blends containing more than 70% slag or 40% fly ash	1.4

*Retarders include any admixture, such as a retarder, retarding water reducer, retarding midrange water-reducing admixture, or high-range water-reducing admixture (superplasticizer), that delays setting of concrete.

$$p_{max} = C_w C_c \left[7.2 + \frac{785R}{T + 17.8} \right] \quad (2.2)$$

with a minimum of $30C_w$ kPa, but in no case greater than ρgh .

For walls with a rate of placement of less than 2.1 m/h and a placement height not exceeding 4.2 m

$$p_{max} = C_w C_c \left[7.2 + \frac{785R}{T + 17.8} \right] \quad (2.3)$$

with a minimum of $30C_w$ kPa, but in no case greater than ρgh .

For walls with a placement rate less than 2.1 m/h where placement height exceeds 4.2 m, and for all walls with a placement rate of 2.1 to 4.5 m/h

$$p_{max} = C_w C_c \left[7.2 + \frac{1156}{T + 17.8} + \frac{244R}{T + 17.8} \right] \quad (2.4)$$

with a minimum of $30C_w$ kPa, but in no case greater than ρgh .

2.2.2.1.1—The unit weight coefficient C_w is determined from Table 2.1.

2.2.2.1.2—The chemistry coefficient C_c is determined from Table 2.2.

2.2.2.1.3—For the purpose of applying the pressure formulas, columns are defined as vertical elements with no plan dimension exceeding 6.5 ft (2 m). Walls are defined as vertical elements with at least one plan dimension greater than 6.5 ft (2 m).

2.2.2.2—Alternatively, a method based on appropriate experimental data can be used to determine the lateral pressure used for form design (References 2.2 to 2.7).

Table 2.3—Minimum safety factors of formwork accessories*

Accessory	Safety factor	Type of construction
Form tie	2.0	All applications
Form anchor	2.0	Formwork supporting form weight and concrete pressures only
	3.0	Formwork supporting weight of forms, concrete, construction live loads, and impact
Form hangers	2.0	All applications
Anchoring inserts used as form ties	2.0	Precast-concrete panels when used as formwork

*Safety factors are based on the ultimate strength of the accessory when new.

2.2.2.3—If concrete is pumped from the base of the form, the form should be designed for full hydrostatic head of concrete wh plus a minimum allowance of 25% for pump surge pressure. In certain instances, pressures can be as high as the face pressure of the pump piston.

2.2.2.4—Caution is necessary and additional allowance for pressure should be considered when using external vibration or concrete made with shrinkage compensating or expansive cements. Pressures in excess of the equivalent hydrostatic head can occur.

2.2.2.5—For slipform lateral pressures, refer to [Section 7.3.2.4](#).

2.2.3 Horizontal loads—Braces and shores should be designed to resist all horizontal loads such as wind, cable tensions, inclined supports, dumping of concrete, and starting and stopping of equipment. Wind loads on enclosures or other wind breaks attached to the formwork should be considered in addition to these loads.

2.2.3.1—For building construction, the assumed value of horizontal load due to wind, dumping of concrete, inclined placement of concrete, and equipment acting in any direction at each floor line should be not less than 100 lb/linear ft (1.5 kN/m) of floor edge or 2% of total dead load on the form distributed as a uniform load per linear foot (meter) of slab edge, whichever is greater.

2.2.3.2—Wall form bracing should be designed to meet the minimum wind load requirements of the local building code or ANSI/SEI/ASCE-7 with adjustment for shorter recurrence interval as provided in SEI/ASCE 37. For wall forms exposed to the elements, the minimum wind design load should be not less than 15 lb/ft² (0.72 kPa). Bracing for wall forms should be designed for a horizontal load of at least 100 lb/linear ft (1.5 kN/m) of wall length, applied at the top.

2.2.3.3—Wall forms of unusual height or exposure should be given special consideration.

2.2.4 Special loads—The formwork should be designed for any special conditions of construction likely to occur, such as unsymmetrical placement of concrete, impact of machine-delivered concrete, uplift, concentrated loads of reinforcement, form handling loads, and storage of construction materials. Form designers should provide for special loading conditions, such as walls constructed over spans of slabs or beams that exert a different loading pattern before hardening

of concrete than that for which the supporting structure is designed.

Imposition of any construction loads on the partially completed structure should not be allowed, except as specified in formwork drawings or with the approval of the engineer/architect. Refer to [Section 3.8](#) for special conditions pertaining to multistory work.

2.2.5 Post-tensioning loads—Shores, reshores, and backshores need to be analyzed for both concrete placement loads and for all load transfer that takes place during post-tensioning.

2.3—Unit stresses

Unit stresses for use in the design of formwork, exclusive of accessories, are given in the applicable codes or specifications listed in [Chapter 4](#). When fabricated formwork, shoring, or scaffolding units are used, manufacturer's recommendations for allowable loads can be followed if supported by engineering calculations, test reports of a qualified and recognized testing agency, or successful experience records. For formwork materials that will experience substantial reuse, reduced values should be used. For formwork materials with limited reuse, allowable stresses specified in the appropriate design codes or specifications for temporary structures or for temporary loads on permanent structures can be used. Where there will be a considerable number of formwork reuses or where formwork is fabricated from materials such as steel, aluminum, or magnesium, the formwork should be designed as a permanent structure carrying permanent loads.

2.4—Safety factors for accessories

Table 2.3 shows recommended minimum factors of safety for formwork accessories, such as form ties, form anchors, and form hangers. In selecting these accessories, the formwork designer should be certain that materials furnished for the job meet these minimum ultimate-strength safety requirements.

2.5—Shores

Shores and reshores or backshores (as defined in [Section 1.2](#)) should be designed to carry all loads transmitted to them. A rational analysis should be used to determine the number of floors to be shored, reshored, or backshored and to determine the loads transmitted to the floors, shores, and reshores or backshores as a result of the construction sequence.

The analysis should consider, but should not necessarily be limited to:

- Structural design load of the slab or member including live load, partition loads, and other loads for which the engineer of the permanent structure designed the slab. Where the engineer included a reduced live load for the design of certain members and allowances for construction loads, such values should be shown on the structural plans and be taken into consideration when performing this analysis;
- Dead load weight of the concrete and formwork;
- Construction live loads, such as placing crews and equipment or stored materials;

- Design strength of specified concrete;
- Cycle time between the placement of successive floors;
- Strength of concrete at the time it is required to support shoring loads from above;
- The distribution of loads between floors, shores, and reshores or backshores at the time of placing concrete, stripping formwork, and removal of reshoring or backshoring;^{1,3, 2.8, 2.9, 2.10}
- Span of slab or structural member between permanent supports;
- Type of formwork systems, that is, span of horizontal formwork components, and individual shore loads; and
- Minimum age of concrete where appropriate.

Commercially available load cells can be placed under selected shores to monitor actual shore loads to guide the shoring and reshoring during construction.^{2,11}

Field-constructed butt or lap splices of timber shoring are not recommended unless they are made with fabricated hardware devices of demonstrated strength and stability. If plywood or lumber splices are made for timber shoring, they should be designed to prevent buckling and bending of the shoring.

Before construction, an overall plan for scheduling of shoring and reshoring or backshoring, and calculation of loads transferred to the structure, should be prepared by a qualified and experienced formwork designer. The structure's capacity to carry these loads should be reviewed or approved by the engineer/architect. The plan and responsibility for its execution remain with the contractor.

2.6—Bracing and lacing

The formwork system should be designed to transfer all horizontal loads to the ground or to completed construction in such a manner as to ensure safety at all times. Diagonal bracing should be provided in vertical and horizontal planes where required to resist lateral loads and to prevent instability of individual members. Horizontal lacing can be considered in design to hold in place and increase the buckling strength of individual shores and reshores or backshores. Lacing should be provided in whatever directions are necessary to produce the correct slenderness ratio l/r for the load supported, where l = unsupported length and r = least radius of gyration. The braced system should be anchored to ensure stability of the total system.

2.7—Foundations for formwork

Proper foundations on ground, such as mudsills, spread footings, or pile footings, should be provided. If soil under mudsills is or may become incapable of supporting superimposed loads without appreciable settlement, it should be stabilized or other means of support should be provided. No concrete should be placed on formwork supported on frozen ground.

2.8—Settlement

Formwork should be designed and constructed so that vertical adjustments can be made to compensate for take-up and settlements.

CHAPTER 3—CONSTRUCTION

3.1—Safety precautions

Contractors should follow all state, local, and federal codes, ordinances, and regulations pertaining to forming and shoring. In addition to the very real moral and legal responsibility to maintain safe conditions for workmen and the public, safe construction is, in the final analysis, more economical than any short-term cost savings from cutting corners on safety provisions.

Attention to safety is particularly significant in formwork construction that supports the concrete during its plastic state and until the concrete becomes structurally self-sufficient. Following the design criteria contained in this guide is essential for ensuring safe performance of the forms. All structural members and connections should be carefully planned so that a sound determination of loads may be accurately made and stresses calculated.

In addition to the adequacy of the formwork, special structures, such as multistory buildings, require consideration of the behavior of newly completed beams and slabs that are used to support formwork and other construction loads. It should be kept in mind that the strength of freshly cast slabs or beams is less than that of a mature slab.

Formwork failures can be attributed to substandard materials and equipment, human error, and inadequacy in design. Careful supervision and continuous inspection of formwork during erection, concrete placement, and removal can prevent many accidents.

Construction procedures should be planned in advance to ensure the safety of personnel and the integrity of the finished structure. Some of the safety provisions that should be considered are:

- Erection of safety signs and barricades to keep unauthorized personnel clear of areas in which erection, concrete placing, or stripping is under way;
- Providing experienced form watchers during concrete placement to ensure early recognition of possible form displacement or failure. A supply of extra shores or other material and equipment that might be needed in an emergency should be readily available;
- Provision for adequate illumination of the formwork and work area;
- Inclusion of lifting points in the design and detailing of all forms that will be crane-handled. This is especially important in flying forms or climbing forms. In the case of wall formwork, consideration should be given to an independent work platform bolted to the previous lift;
- Incorporation of scaffolds, working platforms, and guardrails into formwork design and all formwork drawings;
- Incorporation of provisions for anchorage of alternative fall protection devices, such as personal fall arrest systems, safety net systems, and positioning device systems; and
- A program of field safety inspections of formwork.

3.1.1 Formwork construction deficiencies—Some common construction deficiencies that can lead to formwork failures are:

- Failure to inspect formwork during and after concrete

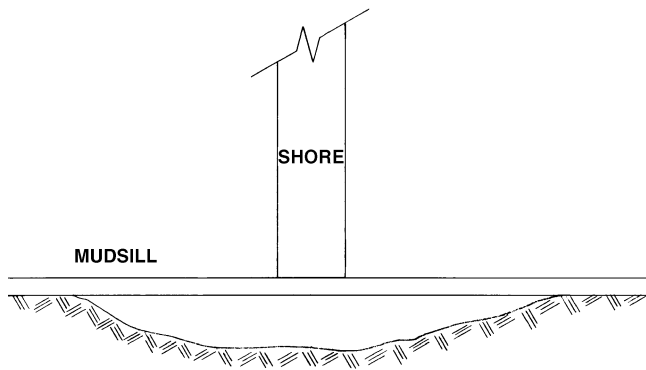


Fig. 3.1—Inadequate bearing under mudsill.

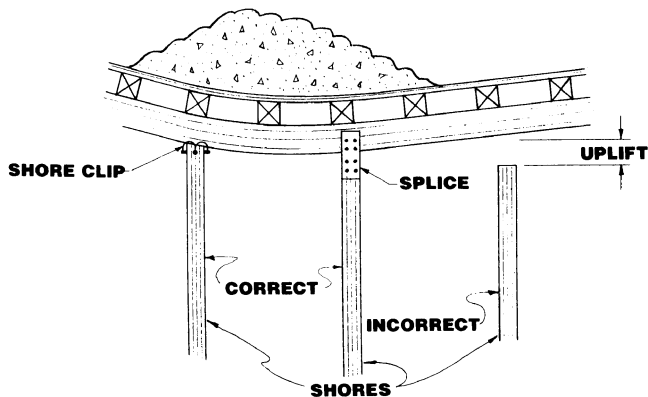


Fig. 3.2—Uplift of formwork. Connection of shores to joists and stringers should hold shores in place when uplift or torsion occurs. Lacing to reduce the shore slenderness ratio can be required in both directions.

placement to detect abnormal deflections or other signs of imminent failure that could be corrected;

- Insufficient nailing, bolting, welding, or fastening;
- Insufficient or improper lateral bracing;
- Failure to comply with manufacturer's recommendations;
- Failure to construct formwork in accordance with the form drawings;
- Lack of proper field inspection by qualified persons to ensure that form design has been properly interpreted by form builders; and
- Use of damaged or inferior lumber having lower strength than needed.

3.1.1.1 Examples of deficiencies in vertical formwork—

Construction deficiencies sometimes found in vertical formwork include:

- Failure to control rate of placing concrete vertically without regard to design parameters;
- Inadequately tightened or secured form ties or hardware;
- Form damage in excavations resulting from embankment failure;
- Use of external vibrators on forms not designed for their use;
- Deep vibrator penetration of earlier semihardened lifts;
- Improper framing of blockouts;
- Improperly located or constructed pouring pockets;
- Inadequate bulkheads;

- Improperly anchored top forms on a sloping face;
- Failure to provide adequate support for lateral pressures on formwork; and
- Failure to provide adequate bracing resulting in attempts to plumb forms against concrete pressure force.

3.1.1.2 Examples of deficiencies in horizontal formwork—Construction deficiencies sometimes found in horizontal forms for elevated structures include:

- Failure to properly regulate the rate and sequence of placing concrete horizontally to avoid unanticipated loadings on the formwork;
- Shoring not plumb, thus inducing lateral loading and reducing vertical load capacity;
- Locking devices on metal shoring not locked, inoperative, or missing. Safety nails missing on adjustable two-piece wood shores;
- Failure to account for vibration from adjacent moving loads or load carriers;
- Inadequately tightened or secured shore hardware or wedges;
- Loosening or premature removal of reshores or backshores under floors below;
- Premature removal of supports, especially under cantilevered sections;
- Inadequate bearing area or unsuitable soil under mudsills (Fig. 3.1);
- Mudsills placed on frozen ground subject to thawing;
- Connection of shores to joists, stringers, or wales that are inadequate to resist uplift or torsion at joints (refer to Fig. 3.2);
- Failure to consider effects of load transfer that can occur during post-tensioning (refer to Section 3.8.7); and
- Inadequate shoring and bracing of composite construction.

3.2—Construction practices and workmanship

3.2.1—Fabrication and assembly details

3.2.1.1—Studs, wales, or shores should be properly spliced.

3.2.1.2—Joints or splices in sheathing, plywood panels, and bracing should be staggered.

3.2.1.3—Shores should be installed plumb and with adequate bearing and bracing.

3.2.1.4—Specified size and capacity of form ties or clamps should be used.

3.2.1.5—All form ties or clamps should be installed and properly tightened as specified. All threads should fully engage the nut or coupling. A double nut may be required to develop the full capacity of the tie.

3.2.1.6—Forms should be sufficiently tight to prevent loss of mortar from the concrete.

3.2.1.7—Access holes may be necessary in wall forms or other high, narrow forms to facilitate concrete placement.

3.2.2—Joints in the concrete

3.2.2.1—Contraction joints, expansion joints, control joints, construction joints, and isolation joints should be installed as specified in the contract documents (refer to Fig. 3.3) or as requested by the contractor and approved by the engineer/architect.

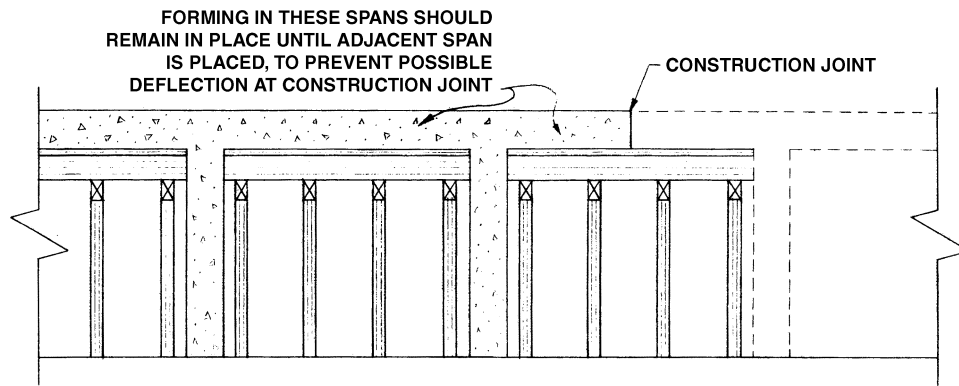


Fig. 3.3—Forming and shoring restraints at construction joints in supported slabs.

3.2.2.2—Bulkheads for joints should preferably be made by splitting the bulkhead along the lines of reinforcement passing through the bulkhead. By doing this, each portion can be positioned and removed separately. When required on the engineer/architect's plans, beveled inserts at control joints should be left undisturbed when forms are stripped and removed only after the concrete has been sufficiently cured. Wood strips inserted for architectural treatment should be kerfed to permit swelling without causing pressure on the concrete.

3.2.3 Sloping surfaces—Sloped surfaces steeper than 1.5 horizontal to 1 vertical should be provided with a top form to hold the shape of the concrete during placement, unless it can be demonstrated that the top forms can be omitted.

3.2.4 Inspection—The inspection should be performed by a person certified as an ACI Concrete Construction Inspector or a person having equivalent formwork training and knowledge.

3.2.4.1—Forms should be inspected and checked before the reinforcing steel is placed to confirm that the dimensions and the location of the concrete members will conform to the structural plans.

3.2.4.2—Blockouts, inserts, sleeves, anchors, and other embedded items should be properly identified, positioned, and secured.

3.2.4.3—Formwork should be checked for camber when specified in the contract documents or shown on the formwork drawings.

3.2.5—Cleanup and coatings

3.2.5.1—Forms should be thoroughly cleaned of all dirt, mortar, and foreign matter and coated with a release agent before each use. Where the bottom of the form is inaccessible from within, access panels should be provided to permit thorough removal of extraneous material before placing concrete. If surface appearance is important, forms should not be reused if damage from previous use would cause impairment to concrete surfaces.

3.2.5.2—Form coatings should be applied before placing of reinforcing steel and should not be used in such quantities as to run onto bars or concrete construction joints.

3.2.6—Construction operations on the formwork

3.2.6.1—Building materials, including concrete, should not be dropped or piled on the formwork in such a manner as to damage or overload it.

3.2.6.2—Runways for moving equipment should be provided with struts or legs as required and should be supported directly on the formwork or structural member. They should not bear on or be supported by the reinforcing steel unless special bar supports are provided. The formwork should be suitable for the support of such runways without significant deflections, vibrations, or lateral movements.

3.2.7 Loading new slabs—Overloading of new slabs by temporary material stockpiling or by early application of permanent loads should be avoided. Loads, such as aggregate, lumber, reinforcing steel, masonry, or machinery should not be placed on new construction in such a manner as to damage or overload it.

3.3—Tolerances

Tolerance is a permissible variation from lines, grades, or dimensions given in contract documents. Suggested tolerances for concrete structures can be found in ACI 117.

The contractor should set and maintain concrete forms, including any specified camber, to ensure completed work is within the tolerance limits.

3.3.1 Recommendations for engineer/architect and contractor—Tolerances should be specified by the engineer/architect so that the contractor will know precisely what is required and can design and maintain the formwork accordingly. Specifying tolerances more exacting than needed can increase construction costs.

Contractors should be required to establish and maintain control points and benchmarks in an undisturbed condition until final completion and acceptance of a project. Both should be adequate for the contractor's use and for reference to establish tolerances. This requirement can become even more important for the contractor's protection when tolerances are not specified or shown. The engineer/architect should specify tolerances or require performance appropriate to the type of construction. Specifying tolerances more stringent than commonly obtained for a specific type of construction should be avoided, as this usually results in disputes among the parties involved. For example, specifying permitted irregularities more stringent than those allowed for a Class C surface (Table 3.1) is incompatible with most concrete one-way joist construction techniques. Where a project involves features sensitive to the cumulative effect of tolerances on

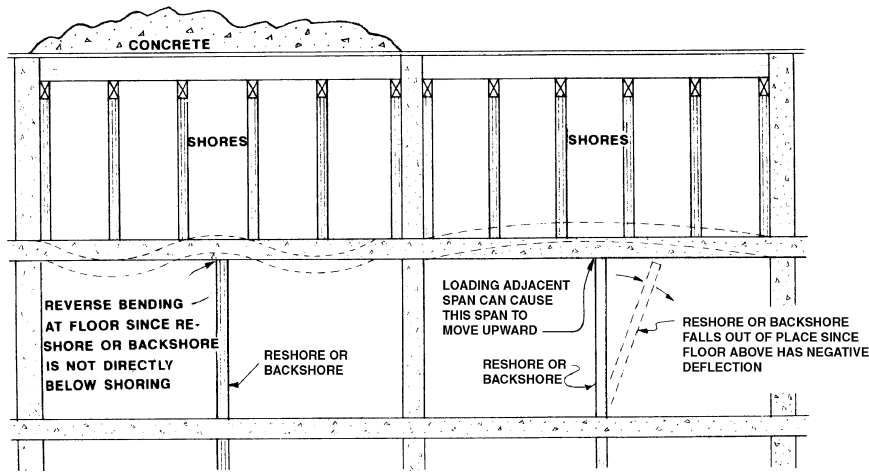


Fig. 3.4—Reshore installation. Improper positioning of shore from floor to floor can create bending stresses for which the slab was not designed.

Table 3.1—Permitted abrupt or gradual irregularities in formed surfaces as measured within a 5 ft (1.5 m) length with a straightedge

Class of surface			
A	B	C	D
1/8 in. (3 mm)	1/4 in. (6 mm)	1/2 in. (13 mm)	1 in. (25 mm)

individual portions, the engineer/architect should anticipate and provide for this effect by setting a cumulative tolerance. Where a particular situation involves several types of generally accepted tolerances on items such as concrete, location of reinforcement, and fabrication of reinforcement, which become mutually incompatible, the engineer/architect should anticipate the difficulty and specify special tolerances or indicate that governs. The project specifications should clearly state that a permitted variation in one part of the construction or in one section of the specifications should not be construed as permitting violation of the more stringent requirements for any other part of the construction or in any other such specification section.

The engineer/architect should be responsible for coordinating the tolerances for concrete work with the tolerance requirements of other trades whose work adjoins the concrete construction. For example, the connection detail for a building's façade should accommodate the tolerance range for the lateral alignment and elevation of the perimeter concrete member.

3.4—Irregularities in formed surfaces

This section provides a way of evaluating surface variations due to forming quality but is not intended for evaluation of surface defects, such as bugholes (blowholes) and honeycomb, attributable to placing and consolidation deficiencies. The latter are more fully explained by ACI 309.2R. Allowable irregularities are designated either abrupt or gradual. Offsets and fins resulting from displaced, mismatched, or misplaced forms, sheathing, or liners, or from defects in forming materials are considered abrupt irregularities. Irregularities resulting from warping and similar uniform variations from planeness or true curvature are considered gradual irregularities.

Gradual irregularities should be checked with a straightedge for plane surfaces or a shaped template for curved or warped surfaces. In measuring irregularities, the straightedge or template can be placed anywhere on the surface in any direction.

Four classes of formed surface are defined in Table 3.1. The engineer/architect should indicate which class is required for the work being specified or indicate other irregularity limits where needed, or the concrete surface tolerances as specified in ACI 301 should be followed.

Class A is suggested for surfaces prominently exposed to public view where appearance is of special importance. Class B is intended for coarse-textured, concrete-formed surfaces intended to receive plaster, stucco, or wainscoting. Class C is a general standard for permanently exposed surfaces where other finishes are not specified. Class D is a minimum-quality requirement for surfaces where roughness is not objectionable, usually applied where surfaces will be permanently concealed. Special limits on irregularities can be needed for surfaces continuously exposed to flowing water, drainage, or exposure. If permitted irregularities are different from those given in Table 3.1, they should be specified by the engineer/architect.

3.5—Shoring and centering

3.5.1 Shoring—Shoring should be supported on satisfactory foundations, such as spread footings, mudsills, or piling, as discussed in [Section 2.7](#).

Shoring resting on intermediate slabs or other construction already in place need not be located directly above shores or reshores below, unless the slab thickness and the location of its reinforcement are inadequate to take the reversal of stresses and punching shear. The reversal of stresses results from the reversal of bending moments in the slab over the shore or reshore below as shown in Fig. 3.4. Where the conditions are questionable, the shoring location should be approved by the engineer/architect. If reshores do not align with the shores above, then calculate for reversal stresses. Generally, the dead load stresses are sufficient to compensate

for reversal stresses caused by reshores. Reshores should be prevented from falling.

All members should be straight and true without twists or bends. Special attention should be given to beam and slab or one- and two-way joist construction to prevent local overloading when a heavily loaded shore rests on the thin slab.

Multitier shoring, single-post shoring in two or more tiers, is a dangerous practice and is not recommended.

Where a slab load is supported on one side of the beam only (refer to Fig. 2.1), edge beam forms should be carefully planned to prevent tipping of the beam due to unequal loading.

Vertical shores should be erected so that they cannot tilt and should have a firm bearing. Inclined shores should be braced securely against slipping or sliding. The bearing ends of shores should be square. Connections of shore heads to other framing should be adequate to prevent the shores from falling out when reversed bending causes upward deflection of the forms (refer to Fig. 3.2).

3.5.2 Centering—When centering is used, lowering is generally accomplished by the use of sand boxes, jacks, or wedges beneath the supporting members. For the special problems associated with the construction of centering for folded plates, thin shells, and long-span roof structures, refer to Section 6.4.

3.5.3 Shoring for composite action between previously erected steel or concrete framing and cast-in-place concrete—Refer to Section 6.3.

3.6—Inspection and adjustment of formwork

Helpful information about forms before, during, and after concreting can be found in Reference 1.3 and ACI 311.1R.

3.6.1—Before concreting

3.6.1.1—Telltale devices should be installed on shores or forms to detect formwork movements during concreting.

3.6.1.2—Wedges used for final alignment before concrete placement should be secured in position before the final check.

3.6.1.3—Formwork should be anchored to the shores below so that movement of any part of the formwork system will be prevented during concreting.

3.6.1.4—Additional elevation of formwork should be provided to allow for closure of form joints, settlements of mudsills, shrinkage of lumber, and elastic shortening and dead load deflections of form members.

3.6.1.5—Positive means of adjustment (wedges or jacks) should be provided to permit realignment or readjustment of shores if settlement occurs.

3.6.2 During and after concreting—During and after concreting, but before initial set of the concrete, the elevations, camber, and plumbness of formwork systems should be checked using telltale devices.

Formwork should be continuously watched so that any corrective measures found necessary can be promptly made. Form watchers should always work under safe conditions and establish in advance a method of communication with placing crews in case of emergency.

3.7—Removal of forms and supports

3.7.1 Discussion—Although the contractor is generally responsible for design, construction, and safety of formwork, criteria for removal of forms or shores should be specified by the engineer/architect.

3.7.2—Recommendations

3.7.2.1—The engineer/architect should specify the minimum strength of the concrete to be attained before removal of forms or shores. The strength can be determined by tests on job-cured specimens or on in-place concrete. Other concrete tests or procedures (refer to ACI 228.1R) can be used such as the maturity method, rebound numbers, penetration resistance, or pullout tests, but these methods should be correlated to the actual concrete mixture used in the project, periodically verified by job-cured specimens, and approved by the engineer/architect. The engineer/architect should specify who will make the specimens and who will make the tests. Results of such tests, as well as records of weather conditions and other pertinent information, should be recorded by the contractor. Depending on the circumstances, a minimum elapsed time after concrete placement can be established for removal of the formwork.

Determination of the time of form removal should be based on the resulting effect on the concrete.* When forms are stripped there should be no excessive deflection or distortion and no evidence of damage to the concrete due to either removal of support or to the stripping operation (Fig. 3.5). When forms are removed before the specified curing is completed, measures should be taken to continue the curing and provide adequate thermal protection for the concrete. Supporting forms and shores should not be removed from beams, floors, and walls until these structural units are strong enough to carry their own weight and any approved superimposed load. In no case should supporting forms and shores be removed from horizontal members before the concrete has achieved the strength specified by the engineer/architect.

As a general rule, the forms for columns and piers can be removed before forms for beams and slabs. Formwork and shoring should be constructed so each can be easily and safely removed without impact or shock and permit the concrete to carry its share of the load gradually and uniformly.

3.7.2.2—The removal of forms, supports, and protective enclosures, and the discontinuance of heating and curing should follow the requirements of the contract documents. When standard beam or cylinder tests are used to determine stripping times, test specimens should be cured under conditions that are not more favorable than the most unfavorable conditions for the concrete the test specimens represent. The curing records can serve as the basis on which the engineer/architect will determine the review or approval of form stripping.

3.7.2.3—Because the minimum stripping time is a function of concrete strength, the preferred method of determining stripping time is using tests of job-cured cylinders or concrete in place. When the contract documents do not

*Helpful information on strength development of concrete under varying conditions of temperature and with various admixtures can be found in ACI 305R and ACI 306R.

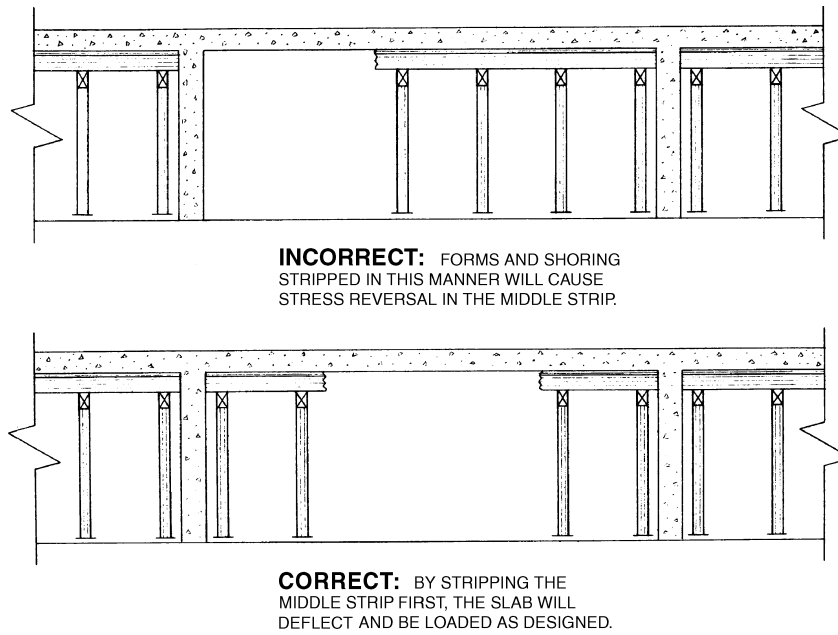


Fig. 3.5—Stripping sequence for two-way slabs.

specify the minimum strength required of concrete at the time of stripping, however, the following elapsed times can be used. The times shown represent a cumulative number of days, or hours, not necessarily consecutive, during which the temperature of the air surrounding the concrete is above 50 °F (10 °C). If high early-strength concrete is used, these periods can be reduced as approved by the engineer/architect. Conversely, if ambient temperatures remain below 50 °F (10 °C), or if retarding agents are used, then these periods should be increased at the discretion of the engineer/architect. Shorter stripping times listed for live load to dead load ratios greater than 1.0 are the result of more reserve strength being available for dead load in absence of live load at time of stripping.

Walls*	12 h	
Columns*	12 h	
Sides of beams and girders*	12 h	
Pan joist forms [†]		
30 in. (760 mm) wide or less	3 days	
Over 30 in. (760 mm) wide	4 days	
	Structural live load less than structural dead load	Structural live load more than structural dead load
Arch centers	14 days	7 days
Joist, beam or girder soffits		
Under 10 ft (3 m) clear span between structural supports	7 days [‡]	4 days

*Where such forms also support formwork for slab or beam soffits, the removal times of the latter should govern.
[†]Of the type that can be removed without disturbing forming or shoring.
[‡]Where forms can be removed without disturbing shores, use half of values shown but not less than 3 days.

10 to 20 ft (3 to 6 m) clear span between structural supports	14 days [‡]	7 days
Over 20 ft (6 m) clear span between structural supports	21 days [‡]	14 days
One-way floor slabs		
Under 10 ft (3 m) clear span between structural supports	4 days [‡]	3 days
10 to 20 ft (3 to 6 m) clear span between structural supports	7 days [‡]	4 days
Over 20 ft (6 m) clear span between structural supports	10 days [‡]	7 days
Two-way slab systems [§]Removal times are contingent on reshores where required, being placed as soon as practicable after stripping operations are complete but not later than the end of the working day in which stripping occurs. Where reshores are required to implement early stripping while minimizing sag or creep (rather than for distribution of superimposed construction loads as covered in Section 3.8), capacity and spacing of such reshores should be designed by the formwork engineer/contractor and reviewed by the engineer/architect.		
Post-tensioned slab system [§]As soon as full post-tensioning has been applied.		

3.8—Shoring and reshoring of multistory structures

3.8.1 Discussion—The following definitions apply for purposes of this discussion:

- shores**—vertical or inclined support members designed to carry the weight of formwork, concrete, and construction loads.
- reshores**—shores placed snugly under a stripped concrete slab or structural member after the original forms and shores have been removed from a large area. This requires the new

[‡]Where forms can be removed without disturbing shores, use half of values shown but not less than 3 days.
[§]Refer to Section 3.8 for special conditions affecting number of floors to remain shored or reshored.

slab or structural member to deflect and support its own weight and existing construction loads applied before the installation of the reshores. It is assumed that the reshores carry no load at the time of installation. Afterward, additional construction loads will be distributed among all members connected by reshores.

Multistory work represents special conditions, particularly in relation to the removal of forms and shores. Reuse of form material and shores is an obvious economy. Furthermore, the speed of construction in this type of work permits other trades to follow concreting operations from floor to floor as closely as possible. The shoring that supports freshly placed and low-strength early-age concrete, however, is supported by lower floors that were not originally designed specifically for these loads. The loads imposed must not exceed the safe capacity of each floor providing support. For this reason, shoring or reshoring should be provided for a sufficient number of floors to distribute the imposed construction loads to several slab levels without causing excessive stresses, excessive slab deflections, or both.^{1,3,2,8,2,9,2,10} Reshoring is used to distribute construction loads to the lower floors.

In a common method of analysis, while reshoring remains in place at grade level, each level of reshores carries the weight of only the new slab plus other construction live loads. The weight of intermediate slabs is not included because each slab carries its own weight before reshores are put in place.

Once the tier of reshores in contact with grade has been removed, the assumption is made that the system of slabs behaves elastically. The slabs interconnected by reshores will deflect, equally during addition or removal of loads. Loads will be distributed among the slabs in proportion to their developed stiffness. The deflection of concrete slabs can be considered elastic, that is, neglecting shrinkage and creep. Caution should also be taken when a wood compressible system is used. Such systems tend to shift most of the imposed construction loads to the upper floors, which have less strength. Addition or removal of loads may be due to construction activity or to removing shores or reshores in the system. Shore loads are determined by equilibrium of forces at each floor level.

3.8.2 Advantages of reshoring—Stripping formwork is more economical if all the material can be removed at the same time and moved from the area before placing reshores. Slabs are allowed to support their own weight, reducing the load in the reshores. Combination of shores and reshores usually requires fewer levels of interconnected slabs, thus freeing more areas for other trades.

3.8.3 Other methods—Other methods of supporting new construction are less widely used and involve leaving the original shores in place or replacing them individually (back-shoring and preshoring), which prevents the slab from deflecting and carrying its own weight. These methods are not recommended unless performed under careful supervision by the formwork engineer/contractor and with review by the engineer/architect because excessively high slab and shore stresses can develop.

3.8.4 Design—Refer to [Chapter 2](#).

3.8.5 Placing reshores—When used in this section, the word shore refers to either reshores or the original shores.

Reshoring is one of the most critical operations in formwork; consequently, the procedure should be planned in advance by the formwork engineer/contractor and should be reviewed or approved by the engineer/architect. Operations should be performed so that areas of new construction will not be required to support combined dead and construction loads in excess of their capability, as determined by design load and developed concrete strength at the time of stripping and reshoring.

Shores should not be located so as to alter the pattern of stress determined in the structural analysis or induce tensile stresses where reinforcing bars are not provided. Size and number of shores, and bracing, if required, should provide a supporting system capable of carrying any loads that could be imposed on it.

Where possible, shores should be located in the same position on each floor so that they will be continuous in their support from floor to floor. When shores above are not directly over shores below, an analysis should be made to determine whether or not detrimental stresses are produced in the slab. This condition seldom occurs in reshoring because the bending stresses normally caused by the offset reshores are not large enough to overcome the stress resulting from the slab carrying its own dead load. Where slabs are designed for light live loads or on long spans where the loads on the shores are heavy, care should be used in placing the shores so that the loads on the shores do not cause excessive punching shear or bending stress in the slab.

While reshoring is under way, no construction loads should be permitted on the new construction unless the new construction can safely support the construction loads.

When placing reshores, care should be taken not to preload the lower floor and not to remove the normal deflection of the slab above. The reshore is simply a strut and should be tightened only to the extent necessary to achieve good bearing contact without transferring load between upper and lower floors.

3.8.6 Removal of reshoring—Shores should not be removed until the supported slab or member has attained sufficient strength to support itself and all applied loads. Removal operations should be carried out in accordance with a planned sequence so that the structure supported is not subject to impact or loading eccentricities.

3.8.7 Post-tensioning effects on shoring and reshoring—The design and placement of shores and reshores for post-tensioned construction requires more consideration than for normal reinforced concrete. The stressing of post-tensioning tendons can cause overloads to occur in shores, reshores, or other temporary supports. The stressing sequence has the greatest effect. When a slab is post-tensioned, the force in the tendon produces a downward load at the beam. If the beam is shored, the shoring should carry this added load. The magnitude of the load can approach the dead load of 1/2 the slab span on both sides of the beam. If the floor slab is tensioned before the supporting beams and girders, a careful

analysis of the load transfer to the beam or girder shores or reshores will be required.

Similar load transfer situations occur in post-tensioned bridge construction.

CHAPTER 4—MATERIALS

4.1—General

The selection of materials suitable for formwork should be based on the price, safety during construction, and the quality required in the finished product. Approval of formwork materials by the engineer/architect, if required by the contract documents, should be based on how the quality of materials affects the quality of finished work. Where the concrete surface appearance is critical, the engineer/architect should give special notice and make provision for preconstruction mock-ups. Refer to [Chapter 5](#) for architectural concrete provisions.

4.2—Properties of materials

4.2.1 General—*Formwork for Concrete*^{1,3} describes the formwork materials commonly used in the United States and provides extensive related data for form design. Useful specification and design information is also available from manufacturers and suppliers. [Table 4.1](#) indicates specific sources of design and specification data for formwork materials.

This tabulated information should not be interpreted to exclude the use of any other materials that can meet quality and safety requirements established for the finished work.

4.2.2 Sheathing—Sheathing is the supporting layer of formwork closest to the concrete. It can be in direct contact with the concrete or separated from it by a form liner. Sheathing consists of wood, plywood, metal, or other materials capable of transferring the load of the concrete to supporting members, such as joists or studs. Liners are made of wood, plastic, metal, cloth, or other materials selected to alter or enhance the surface of the finished concrete.

In selecting and using sheathing and lining materials, important considerations are:

- Strength;
- Stiffness;
- Release;
- Reuse and cost per use;
- Surface characteristics imparted to the concrete, such as wood grain transfer, decorative patterns, gloss, or paintability;
- Absorptiveness or ability to drain excess water from the concrete surface;
- Resistance to mechanical damage, such as from vibrators and abrasion from slipforming;
- Workability for cutting, drilling, and attaching fasteners;
- Adaptability to weather and extreme field conditions, temperature, and moisture; and
- Weight and ease of handling.

4.2.3 Structural supports—Structural support systems carry the dead and live loads that have been transferred through the sheathing. Important considerations are:

- Strength;
- Stiffness;
- Dimensional accuracy and stability;

- Workability for cutting, drilling, and attaching fasteners;
- Weight;
- Cost and durability; and
- Flexibility to accommodate varied contours and shapes.

4.3—Accessories

4.3.1 Form ties—A form tie is a tensile unit used to hold concrete forms against the active pressure of freshly placed plastic concrete. In general, it consists of an inside tensile member and an external holding device, both made to specifications of various manufacturers. These manufacturers also publish recommended working loads on the ties for use in form design. There are two basic types of tie rods: the one-piece prefabricated rod or band type and the threaded internal disconnecting type. Their suggested working loads range from 1000 to more than 50,000 lb (4.4 to more than 220 kN).

4.3.2 Form anchors—Form anchors are devices used to secure formwork to previously placed concrete of adequate strength. The devices normally are embedded in the concrete during placement. The actual load-carrying capacity of the anchors depends on their shape and material, the strength and type of concrete in which they are embedded, the area of contact between concrete and anchor, and the depth of embedment and location in the member. Manufacturers publish design data and test information to assist in the selection of proper form anchor devices.

4.3.3 Form hangers—Form hangers are devices used to suspend formwork loads from structural steel, precast concrete, or other members.

4.3.4 Side form spacers—A side form spacer is a device that maintains the desired distance between a vertical form and reinforcing bars. Both factory-made and job-site fabricated devices have been successfully used. Advantages and disadvantages of the several types are explained in [References 1.3, 4.1, and 4.2](#).

4.3.5—Recommendations

4.3.5.1—The recommended factors of safety for ties, anchors, and hangers are given in [Section 2.4](#).

4.3.5.2—The rod- or band-type form tie, with a supplemental provision for spreading the forms and a holding device engaging the exterior of the form, is the common type used for light construction.

The threaded internal disconnecting type of tie (also called through tie) is more often used for formwork on heavy construction, such as heavy foundations, bridges, power houses, locks, dams, and architectural concrete.

Removable portions of all ties should be of a type that can be readily removed without damage to the concrete and that leaves the smallest practicable holes to be filled. Removable portions of the tie should be removed unless the contract documents permit their remaining in place.

A minimum specification for form ties should require that the bearing area of external holding devices be adequate to prevent excessive bearing stress in form lumber.

4.3.5.3—Form hangers should support the dead load of forms, weight of concrete, and construction and impact loads. Form hangers should be symmetrically arranged on the supporting member and loaded, through proper sequencing of

Table 4.1—Form materials with data sources for design and specification

Materials	Principal uses	Data sources
Sawn lumber	Form framing, sheathing, and shoring	“American Softwood Lumber Standard,” <i>PS 20-94</i> <i>Wood Handbook</i> , Reference 4.3 <i>Manual for Wood Frame Construction</i> , Reference 4.4 <i>National Design Specification for Wood Construction</i> , ANSI/AF&PA NDS-1997, Reference 4.7 <i>Timber Construction Manual</i> , Reference 4.6 <i>Structural Design in Wood</i> , Reference 4.5
		<i>Engineered Wood Products</i> , Reference 4.21
Engineered wood*	Form framing and shoring	“Code for Engineering Design in Wood,” (Canada) <i>CAN3-086</i> “Engineering Design in Wood (Limit States Design),” <i>CAN/CSA-096.1-94</i>
Plywood	Form sheathing and panels	“Construction and Industrial Plywood,” <i>PSI-95</i> <i>APA Plywood Design Specification</i> , Reference 4.8 <i>APA Concrete Forming</i> , Reference 4.20
Steel	Panel framing and bracing Heavy forms and falsework	<i>Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design</i> , Reference 4.9 <i>Specification for Design of Cold Formed Steel Structural Members</i> , Reference 4.10
	Column and joist forms	<i>Forms for One-Way Joist Construction</i> , ANSI A48.1 <i>Forms for Two-Way Concrete Joist Construction</i> , ANSI A48.2 <i>Recommended Industry Practice for Concrete Joist Construction</i> , part of Reference 4.1
	Stay-in-place deck forms	ASTM A 446 (galvanized steel)
	Shoring	<i>Recommended Safety Requirements for Shoring Concrete Formwork</i> , Reference 4.19
	Steel joists used as horizontal shoring	<i>Recommended Horizontal Shoring Beam Erection Procedure</i> , Reference 4.18
	Expanded metal bulkheads, single-sided forms	<i>Standard Specification and Load Tables for Open Web Steel Joists</i> , Reference 4.17 <i>Expand Your Forming Options</i> , Reference 4.16
Aluminum†	Form panels and form framing members	<i>Aluminum Construction Manual</i> , Reference 4.11
	Horizontal and vertical shoring and bracing	
Reconstituted wood panel products‡	Form liners and sheathing	<i>Mat Formed Wood Particle Board</i> , ANSI A208.1 <i>Hardboard Concrete Form Liners</i> , LLB-810a <i>Performance Standard for Wood-Based Structural Use Panels</i> , PS2-92
Insulation materials • Wood fiber or glass fiber • Other commercial products	Stay-in-place form liners or sheathing	ASTM C 532 (insulating form board)
	Cold-weather protection for fresh concrete	
Fiber or laminated paper pressed tubes or forms	Column and beam forms	
	Void forms for slabs, beams, girders and precast piles	
Corrugated cardboard	Internal and under-slab void forms Void forms in beams and girders (normally used with internal “egg-crate” stiffeners)	<i>A Study of Cardboard Voids for Prestressed Concrete Box Slabs</i> , Reference 4.12

Note: Manufacturers’ recommendations, when supported by test data and field experience, are a primary source for many form materials. In addition, the handbooks, standards, specifications, and other data sources cited herein are listed in more detail in *Formwork for Concrete* and in the references for [Chapter 4](#) and [Chapter 8](#) of this document. Be sure to check cautionary footnotes for engineered wood, aluminum, and panel products made of reconstituted wood.

*Structural composite lumber products are proprietary and unique to a particular manufacturer. They cannot be interchanged because industry-wide common grades have not been established to serve as a basis for equivalence.

†Should be readily weldable and protected against galvanic action at the point of contact with steel. If used as a facing material in contact with fresh concrete, should be nonreactive to concrete or concrete containing calcium chloride.

‡Check surface reaction with wet concrete.

Table 4.1 (cont.)—Form materials with data sources for design and specification

Materials	Principal uses	Data sources
Concrete	Stay-in-place forms	<i>Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary</i> , ACI 318
	Molds for precast units	<i>Precast Concrete Units Used as Form for Cast-in-Place Concrete</i> , ACI 347.1R
Glass fiber-reinforced plastic	Ready-made column forms	<i>Using Glass-Fiber Reinforced Forms</i> , Reference 4.13 <i>Nonmetallic Form Ties</i> , Reference 4.14
	Domes and pans for concrete joist construction	
	Custom-made forms for special architectural effects	
	Form ties	
Cellular plastics	Form lining and insulation	<i>Cellular Plastics in Construction</i> , Reference 4.15
	Stay-in-place wall forms	Insulating Concrete Forms Association
Other plastics, including ABS, polypropylene, polyethylene, polyvinyl chloride, polyurethane	Form liners, both rigid and flexible, for decorative concrete	<i>Plastic Form Liners</i> , Reference 4.22
	Chamfer and rustication formers	
Rubber and rubberized or architectural fabrics	Form lining and void forms	Monolithic Dome Institute
	Inflatable forms for dome and culvert construction	
Form ties, anchors, and hangers	Hold formwork secure against loads and pressures from concrete and construction activities	Safety factors recommended in Section 2.4 Also refer to Reference 4.14
Side form spacers	Maintain correct distance between reinforcement and form to provide specified concrete cover for steel	<i>Side Form Spacers</i> , Reference 4.2
Plaster	Waste molds for architectural concrete	
Release agents and protective form coatings	Help preserve form facing and facilitate release	<i>Choosing and Using a Form Release Agent</i> , Reference 4.23

Note: Manufacturers' recommendations, when supported by test data and field experience, are a primary source for many form materials. In addition, the handbooks, standards, specifications, and other data sources cited herein are listed in more detail in *Formwork for Concrete* and in the references for Chapter 4 and Chapter 8 of this document. Be sure to check cautionary footnotes for engineered wood, aluminum, and panel products made of reconstituted wood.

the concrete placement, to minimize twisting or rotation of the hanger or supporting members. Form hangers should closely fit the flange or bearing surface of the supporting member so that applied loads are transmitted properly.

4.3.5.4—Where the concrete surface is exposed and appearance is important, the proper type of form tie or hanger will not leave exposed metal at the surface. Otherwise, noncorrosive materials should be used when tie holes are left unpatched, exposing the tie to the elements.

4.4—Form coatings and release agents

4.4.1 Coatings—Form coatings or sealers are usually applied in liquid form to contact surfaces either during manufacture or in the field to serve one or more of the following purposes:

- Alter the texture of the contact surface;
- Improve the durability of the contact surface;
- Facilitate release from concrete during stripping; or
- Seal the contact surface from intrusion of moisture.

4.4.2 Release agents—Form release agents are applied to the form contact surfaces to prevent bond and thus facilitate stripping. They can be applied permanently to form materials during manufacture or applied to the form before each use. When applying in the field, be careful to avoid coating adjacent construction joint surfaces or reinforcing steel.

4.4.3 Manufacturers' recommendations—Manufacturers' recommendations should be followed in the use of coatings, sealers, and release agents, but independent investigation of their performance is recommended before use. When concrete surface color is critical, effects of the coating, sealing, and release agents should be evaluated. Where surface treatments such as paint, tile adhesive, sealers, or other coatings are to be applied to formed concrete surfaces, be sure that adhesion of such surface treatments will not be impaired or prevented by use of the coating, sealers, or release agent. Also, consider bonding requirements of subsequent concrete placements.

CHAPTER 5—ARCHITECTURAL CONCRETE

5.1—Introduction

5.1.1 Objective—The general requirements for formwork presented in preceding chapters for the most part also apply to architectural concrete. Additional information is available in ACI 301 and ACI 303R.

This chapter identifies and emphasizes additional factors that can have a critical influence on formwork for cast-in-place architectural concrete. Tilt-up and precast architectural concrete are not considered here. Concrete receiving coatings or plasters that hide the surface color and texture is not considered architectural.

5.1.2 Definition—ACI Committee 303 defines architectural concrete as concrete that is exposed as an interior or exterior surface in the completed structure, contributes to its visual character, and is specifically designated as such in the contract documents. Particular care should be taken in the selection of materials, design, and construction of the formwork, and placing and consolidation of the concrete to eliminate bulges, offsets, or other unsightly features in the finished surface and to maintain the integrity of the surface texture or configuration. The character of the concrete surface to be produced should also be considered when the form materials are selected. Special attention should be given to closure techniques, concealment of joints in formwork materials, and to the sealing of forms to make them watertight.

5.1.3 Factors in addition to formwork—Many factors other than formwork affect the architectural effects achieved in concrete surfaces. They start at the design stage and carry through to the completed project. Factors affecting the concrete can also include the mixture proportions or aggregate, the method of placing the concrete, the consolidation technique, and the curing procedure. Chemicals can have an effect on the final product, whether used as additives in the mixture; applied directly to the concrete, such as curing compounds; or applied indirectly, such as form release agents. Even after the structure is completed, weather and air pollution will affect the appearance of the concrete. These and other influencing factors should be identified and their effects evaluated during the initial design stages. The single most important factor for the success of an architectural concrete job is good workmanship.

5.1.4 Uniform construction procedures—Architectural concrete should have a uniform color and surface finish. The best way for the contractor to achieve this uniformity is to be consistent in all construction practices. Forming materials should be kept the same, and release agents should be applied uniformly and consistently. Placement and consolidation of the concrete should be standardized so that uniform density is achieved. Stripping and curing sequences should be kept constant throughout the work to control color variations.

5.2—Role of the architect

5.2.1 Preplanning—Much architectural concrete is also structural, but surface quality generally desired for architectural concrete is higher than what is typically satisfactory for structural concrete, and is more costly. The architect can use the latest information available in the art of forming and concrete technology during the design process to keep plans in line with the budget for the structure. However, intricacies and irregularities can raise the budget to a point that outweighs the architectural concrete's aesthetic contributions. The architect can make form reuse possible by standardizing building elements, such as columns, beams, and windows, and by making uninterrupted form areas the same size wherever possible to facilitate the use of standard form gangs or modules. The increased size of these uninterrupted areas will contribute to forming economy. A prebid conference with qualified contractors will bring out many practical considerations before the design is finalized.

5.2.2 Contract documents and advance approvals—The architect should prepare contract documents that fully instruct the bidder as to the location and desired appearance of architectural surfaces, as well as other specific requirements listed in Sections 5.2.3 to 5.2.7. On major work, this is frequently achieved by specifying a preconstruction mockup prepared and finished by the contractor for approval by the architect, using proposed form materials, jointing techniques, and form surface treatments, such as wetting, oiling, or lacquering. Once such a mockup has been completed to the satisfaction of the architect, it remains at the site for the duration of the work as a standard with which the rest of the work should comply.

Design reference samples, which are smaller specimens of concrete with the proposed surface appearance, may also be created for approval by the architect. Small samples like these, kept at the job site for reference, are not as good as a full-scale mockup but can be helpful. The samples should be large enough to adequately represent the surface of the concrete. If the samples are to be used as a basis for acceptance, several should be made to represent the variation that can occur in the finish.

In the absence of physical mockups or reference samples, it can be helpful to specify viewing conditions under which the concrete surfaces will be evaluated for compliance with the specifications.

5.2.3 Tolerances—The architect should specify dimensional tolerances considered essential to successful execution of the design. ACI 117 can be consulted, but the architect should realize that the tolerances therein are for concrete construction in general, and more restrictive tolerances can be required for architectural work. No numerical limits are suggested herein because the texture, lighting, and configuration of surfaces will all have an influence. ACI Committee 347R notes, however, that concrete construction tolerances of 1/2 those called for in ACI 117 are considered the achievable limit.

5.2.4 Camber—The contractor should camber formwork to compensate for deflection of the formwork during concrete placement. The architect should, however, specify any additional camber required to compensate for structural deflection or optical sag (the illusion that a perfectly horizontal long-span member is sagging). The architect should be aware that horizontal members are checked for compliance with tolerances and camber before the removal of the forms and shores.

5.2.5 Joints and details—Location, number, and details of items such as openings, contraction joints, construction joints, and expansion joints should be shown on the design plans or the architect should specify a review of the proposed location of all of these details as shown on the formwork drawings. (Some guidance on joint locations can be found in ACI 224R, 303R, and 332R.) Because it is impossible to disguise the presence of joints in the form face, it is important for their positions to be predetermined and, if possible, planned as part of the architectural effect.

The architect can plan joint locations between surface areas on a scale and module suitable to the size of available materials and prevailing construction practices. If this is not

aesthetically satisfactory, dummy joints can be introduced to give a smaller pattern. Actual joints between sheathing materials can be masked by means of rustication strips (splayed fillets) attached to the form face. Rustication strips at horizontal and vertical construction joints can also create crisp edges accented by shadow lines instead of the potential ragged edge of a construction joint left exposed to full view. Special care should be taken during placement and vibration to minimize bugholes and honeycombing that form when air is trapped beneath horizontal rustications.

Sometimes construction joints in beams can be concealed above the support columns and joints in floors above their supporting beams instead of in the more customary regions of low shear.

5.2.6 Ties and inserts—Form ties and accompanying tie holes are an almost inescapable part of wall surfaces. Architects frequently integrate tie holes into the visual design quality of the surface. If this is planned and any effects or materials other than those provided in Section 5.3.4 are desired, they should be clearly specified as to both location and type.

Where tie holes are to be patched or filled, the architect should specify the treatment desired, unless it has been shown on the preconstruction mockup.

5.2.7 Cover over reinforcing steel—Adequate cover over reinforcement, as required by codes, is needed for protection of steel and long-term durability of the concrete. Reinforcement that is properly located is important in the control of surface cracking. For positive assurance of maintaining required cover, the architect can specify appropriate side form spacers as defined in Section 4.3.4.

There is no advantage in specifying more cover than required by code because excessive cover can contribute to increased cracking. The architect should specify sufficient cover to allow for any reduction that will result from the incorporation of grooves or indented details and from surface treatments, such as aggregate exposure and tooling. The maximum thickness of any material to be removed should be added to basic required cover.

5.3—Materials and accessories

5.3.1 Sheathing or form facing—Architectural concrete form sheathing should be of appropriate quality to maintain the uniformity of concrete surfaces through multiple uses and to control deflection within appropriate limits. Plywood, steel, glass fiber-reinforced plastic, and aluminum can all be suitable as sheathing or facing materials. Select the grade or class of material needed for pressure, framing, and deflection requirements. Be sure that the chosen material meets the specification requirements for the concrete surface texture. Procedures for controlling the rusting of steel should be carefully followed.

5.3.2 Structural framing—Form facing can be supported with lumber, steel, or aluminum members straight and rigid enough to meet the architectural specifications.

5.3.3 Form liners—A form liner is a material attached to the inside face of the form to alter or improve surface texture or quality of the concrete. It is not required structurally.

Wood, rigid plastic, elastomeric materials, and glass fiber-reinforced plastics are all suitable liner materials when carefully detailed and fabricated. Plastics should be handled and assembled with care to avoid distortion caused by daily temperature cycles at the job site.

5.3.4 Form ties—Form-tie assemblies for architectural concrete should permit tightening of forms and leave no metal closer to the surface than 1-1/2 in. (38 mm) for steel ties and 1 in. (25 mm) for stainless steel ties. The ties should not be fitted with lugs, cones, washers, or other devices that will leave depressions in the concrete less than the diameter of the device, unless specified. Ties should be tight fitting or tie holes in the form should be sealed to prevent leakage at the holes in the form. If textured surfaces are to be formed, ties should be carefully evaluated as to fit, pattern, grout leakage, and aesthetics.

5.3.5 Side form spacers—Side form spacers, as defined in Section 4.3.4, are particularly important in architectural concrete to maintain adequate cover over reinforcing steel and to prevent development of rust streaking on concrete surfaces. Plastic, plastic-protected, rubber-tipped, or other noncorroding spacers should be attached to the reinforcing bar so that they do not become dislodged during concrete placement and vibration. The number and location of the side form spacers should be adequate for job conditions.

5.4—Design

5.4.1 Special considerations—The general procedure will follow the principles outlined in Chapter 2. The formwork engineer/contractor, however, will frequently have limitations imposed by the architectural design. Some of these considerations are: tie spacing and size, form facing preferences, location and special treatment of form joints, special tolerances, and use of admixtures. Because these factors can influence form design, they should be fully reviewed at the beginning of the form design process.

5.4.2 Lateral pressure of concrete—Architectural concrete can be subjected to external vibration, revibration, set retardants, high-range water-reducing admixtures, and slumps greater than those assumed for determining the lateral pressure as noted in Section 2.2.2. Particular care should be exercised in these cases to design the forms for the increased lateral pressures resulting from sources noted in Section 2.2.2.

5.4.3 Structural considerations—Because deflections in the contact surface of the formwork reflect directly in finished surfaces under varying light conditions, forms for architectural concrete should be designed carefully to minimize deflections. In most cases, deflections govern design rather than bending (flexural stress) or horizontal shear. Deflections of sheathing, studs, and wales should be designed so that the finished surface meets the architectural specifications. Limiting these deflections to $l/400$, where l is the clear span between supports, is satisfactory for most architectural formwork. Forms bow with reuse; therefore, more bulging will be reflected in the surface formed after several uses. This effect should be considered when designing forms.

When tie size and spacing are limited by the architect, the formwork engineer/contractor may have to reverse the usual

procedure to arrive at a balanced form design. Given the capacity of the available tie and the area it supports, the formwork engineer/contractor can find the allowable pressure, design supporting members, and establish a rate of concrete placing.

Where wood forms are used, stress-graded lumber (or equivalent) free of twists and warps should be used for structural members. Form material should be sized and positioned to prevent deflections detrimental to the surfaces formed. Joints of sheathing materials should be backed with structural members to prevent offsets.

5.4.4 Tie and reanchor design—Tie layout should be planned. If the holes are to be exposed as part of the architectural concrete, tie placement should be symmetrical with the member formed. If tie holes are not to be exposed, ties should be located at rustication marks, control joints, or other points where the visual effect will be minimized.

Externally braced forms can be used instead of any of the aforementioned methods to avoid objectionable blemishes in the finished surface. Externally braced forms, however, can be more difficult and more costly to build.

Consideration should be given to reanchoring forms in preceding or adjacent placements to achieve a tight fit and prevent grout leakage at these points. Ties should be located as close as possible to the construction joint to facilitate reanchoring the form to adjacent placements.

5.4.5 Joints and details—In architectural concrete, joints should, where feasible, be located at the junction of the formwork panels. At contraction or construction joints, rustication strips should be provided and fastened to the face of forms.

Corners should be carefully detailed to prevent grout leakage. Sharp corners should, wherever possible, be eliminated by the use of chamfer strips except when prohibited by project specifications.

5.4.6 Tolerances—The formwork engineer/contractor should check for dimensional tolerances specified by the architect that can have a bearing on the design of the forms. If no special tolerances are given, the formwork engineer/contractor can use ACI 117 tolerances for structural concrete.

5.5—Construction

5.5.1 General—Forms should be carefully built to resist the pressures to which they will be subjected and to limit deflections to a practicable minimum within the tolerances specified. Joints in structural members should be kept to a minimum and, where necessary, should be suitably spliced or otherwise constructed to maintain continuity.

Pour pockets for vibrating or placing concrete should be planned to facilitate careful placement and consolidation of the concrete to prevent segregation, honeycomb, sanding, or cold joints in the concrete. The location of pour pockets should be coordinated with the architect.

Attachment of inserts, rustication strips, and ornamental reliefs should be planned so that forms can be removed without exerting pressure on these attachments.

Where special forming systems are specified by the engineer of the project for structural purposes (such as one- and two-way joist systems) in areas that are considered architectural, the architect and engineer should coordinate their requirements

to be sure the architectural effect is consistent with the forming method and material specified.

Forms that will be reused should be carefully inspected after each use to ensure that they have not become damaged, distorted, disassembled, or otherwise unable to perform as designed.

5.5.2 Sheathing and jointing—Contact surfaces of the formwork should be carefully installed to produce neat and symmetrical joint patterns, unless otherwise specified. Joints should be either vertical or horizontal and, where possible, should be staggered to maintain structural continuity.

Nailing should be done with care using hammers with smooth and well-dressed heads to prevent marring of the form surfaces. When required, box nails should be used on the contact surface and should be placed in a neat pattern.

Wherever possible, sheathing or panel joints should be positioned at rustication strips or other embedded features that can conceal or minimize the joint.

Construction joints should be formed with a grade strip attached to the form to define a clean straight line on the joint of the formed surface. Formwork should be tightened at a construction joint before the next placement to prevent seepage of water between the form and previously placed concrete surfaces.

Architectural concrete forms should be designed to resist water leakage and avoid discoloration. One method to prevent water loss from the concrete at the joints between sections of the formwork and at construction joints is to attach a gasket of flexible material to the edge of each panel. The gasket is compressed when the formwork is assembled or placed against the existing concrete. Caulk, tape, joint compound, or combinations of these can be used to seal joints. In all cases, unsupported joints between sheathing sheets should be backed by framing. Water-tight forms require more care during vibration to remove entrapped air that can cause bug holes.

Textured surfaces on multilift construction should be separated with rustication strips or broad reveals because accumulation of construction tolerances, random textures, or both, prevent texture matching. Furthermore, the grout seal between the bottom of a textured liner and the top of the previous placement is impractical without the rustication strip.

5.5.3 Cleaning, coating, and release agents—Form coatings or releasing agents should be applied before reinforcing steel is placed and should be applied carefully to avoid contacting adjacent construction joints or reinforcing. No form coating should be used unless it can be demonstrated not to stain the concrete or impair the adhesion of paints or other surface treatments.

Form sealers should be tested to ensure that they will not adversely affect the texture of the form lining material.

Ties that are to be pulled from the wall should be coated with nonstaining bond breaker or encased in sleeves to facilitate removal.

Forms should be carefully cleaned and repaired between uses to prevent deterioration of the quality of surface formed. Film or splatter of hardened concrete should be thoroughly removed.

5.5.4 Ornamental liners and detail—Ornamental concrete is usually formed by elastomeric molds or wood, plastic, or plaster waste molds. Members making up wood molds should be kerfed on the back wherever such members can become wedged between projections in the ornament. Molds should be constructed so that joints will not be opened by slight movement or swelling of the wood. Joints in the molds should be made inconspicuous by pointing.

The molds should be carefully set in the forms and securely held in position to reproduce the design shown on the plans. Where wood forms adjoin molds, the wood should be neatly fitted to the profile of the mold and all joints should be carefully pointed. The molds and the adjacent wood forms should be detailed so that the wood forms can be stripped without disturbing the molds. The edge of the mold or pattern strip should be tapered to a slight draft to permit removing the detail material without damaging the concrete. Special provisions should be made for early form removal, retardation, or both when sandblasting, wire brushing, or other treatments are required.

Form liners should be attached securely with fasteners or glue recommended by the manufacturer. The form behind the liner should hold the fasteners. The surfaces should be cleaned and dried thoroughly so that the glue will bond. Do not use glue at temperatures lower than those recommended by the manufacturer.

5.6—Form removal

5.6.1 Avoiding damage—When concrete surfaces are to be left as cast, it is important not to damage or scar the concrete face during stripping. Forms should be supported so that they do not fall back or against the architectural surface. The use of pry bars and other stripping tools should be strictly supervised. In no case should pry bars be placed directly against the concrete. Even the use of wood or plastic wedges does not ensure that damage will not occur. Once formwork is removed, the architectural surfaces should be protected from continuing construction operations.

5.6.2 Concrete strength—It is desirable for architectural concrete to have a higher compressive strength than normal for stripping. This can be accomplished by adjusting the mixture proportions or leaving forms in place longer. If concrete is not strong enough to overcome the adhesion between the form surface and the concrete, concrete can scale or spall. Therefore, a good quality surface might require the forms to stay in place longer. The longer the forms stay in place, however, the darker the concrete will become. The engineer/architect should specify what concrete strength is required before stripping can take place.

5.6.3 Uniformity—To ensure surface quality, uniformity in stripping time and curing practices are essential. Where the objective is to produce as consistent an appearance as possible, it is beneficial to protect the concrete by leaving the formwork in place somewhat longer than normal. Early exposure of concrete to the air affects the manner in which the surface dries. The ambient conditions can influence the eventual color of the concrete.

5.6.4 Avoiding thermal shock—Cold-weather concreting requires that special attention be paid to the sudden temperature change of concrete. To avoid thermal shock and consequent crazing of the concrete surface, the change in temperature of the concrete should be controlled within the limits outlined in ACI 303R. This can be accomplished by heating the work area, leaving the forms in place to contain the heat of hydration, or by insulating the concrete after the forms have been removed (refer to ACI 306R). Positive steps should be taken to inspect, record, and document the procedures used to cure the concrete.

CHAPTER 6—SPECIAL STRUCTURES

6.1—Discussion

Formwork for all structures should be designed, constructed, and maintained in accordance with recommendations in [Chapters 1 to 4](#). This section deals with the additional requirements for formwork for several special classes of work. ACI 344R contains information on design and construction of circular prestressed-concrete structures.

6.2—Bridges and viaducts, including high piers

6.2.1 Discussion—The construction and removal of formwork should be planned in advance. Forms and supports should be sufficiently rigid to ensure that the finished structure will fulfill its intended structural function and that exposed concrete finishes will present a pleasing appearance to the public.

6.2.2 Shoring and centering—Recommended practice in [Sections 3.5](#) and [3.7](#) for erection and removal should be followed. In continuous structures, support should not be released in any span until the first and second adjoining spans on each side have reached the specified strength. For post-tensioned bridges, the shore design should consider the resulting redistribution of loads on the shores similar to the effects discussed in [Section 3.8.7](#).

6.2.3 Forms—Forms can be of any of a large number of materials but most commonly are wood or metal. They should be built mortar-tight of sound material strong enough to prevent distortion during placing and curing of the concrete.

6.3—Structures designed for composite action

6.3.1 Recommendations—Structures or members that are designed so that the concrete acts compositely with other materials or with other parts of the structure present special forming problems that should be anticipated in the design of the structure. Requirements for shoring or other deflection control of the formwork should be clearly presented by the engineer/architect in the specifications. Where successive placements are to act compositely in the completed structure, deflection control becomes extremely critical.

Shoring, with or without cambering portions of the structure during placement and curing of the concrete, should be analyzed separately for the effects of dead load of newly placed concrete and for the effect of other construction loads that can be imposed before the concrete attains its design strength.

6.3.2 Design—Formwork members and shores should be designed to limit deflections to a practical minimum consistent with the structural member being constructed. Where

camber is specified for previously installed components of the structure, allowance should be made for the resultant preloading of the shores before application of the dead load of concrete.

In members constructed in several successive placements, such as box-girder structures, formwork components should be sized, positioned, supported, or all three to minimize progressive increases in deflection of the structure that would excessively preload the reinforcing steel or other portions of the composite member.

In multistory work where shoring of composite members is required, consideration should be given to the number of stories of shores necessary, in conjunction with the speed of construction and concrete strengths, to minimize deflections due to successive loadings. Distinction should be made in such analyses for shores posted to relatively unyielding support, such as foundations, instead of to structures or members already in elastic support (refer to [Section 3.8](#)).

Composite construction can have beams of relatively light cross sections that are fully adequate when construction is complete. During construction, these beams may not be laterally supported by the formwork, thus leaving them with a high slenderness ratio and reduced beam strength. The engineer/architect should alert the contractor to this problem in general notes on the structural plans or in notes on applicable plans when this condition exists. The formwork engineer/contractor should be alert to this possibility and provide shoring or lateral support where needed.

6.3.3 Erection—Construction, erection of formwork, or both for composite construction follows basic recommendations contained in [Chapter 3](#). Shoring of members that will act compositely with the concrete to be placed should be done with great care to ensure sufficient bearing, rigidity, and tightness to prevent settlement or deflections beyond allowable limits. Wedges, shims, and jacks should be provided to permit adjustment if required before or during concreting, as well as to permit removal without jarring or impacting the completed construction. Provision should be made for readily checking the accuracy of position and grade during placement. Even though adjustment of forms can be possible during or after placing, it is not recommended. Any required adjustment should be made before the initial set of the concrete.

Where camber is required, a distinction should be made between that part which is an allowance for settlement or deflection of formwork or shoring and that which is provided for design loadings. The former should generally be the responsibility of the formwork engineer/contractor who designs the forms and supports unless such camber is stipulated by the engineer/architect. Measurement of camber provided for structural design loadings should be made after hardening of the concrete but before removal of the supports (also refer to [Section 1.4.5](#)). This is because the structural deflection occurring upon removal of the supports is a function of the structural design and cannot be controlled by the contractor.

6.3.4 Removal—In addition to meeting the provisions of [Section 3.7](#), forms, supports, or both should be removed only after tests and specified curing operations indicate to the satisfaction of the engineer/architect that the most recently

placed concrete has attained the strength required to develop composite action, and then only after approval of the engineer/architect. The sequence of such removal should be approved by the engineer/architect.

6.4—Folded plates, thin shells, and long-span roof structures

6.4.1 Discussion—For long-span and space structures requiring a complex, three-dimensional design analysis and presenting three-dimensional problems in formwork design, erection, and removal, formwork planning should be done by formwork engineers having the necessary special qualifications and experience. These formwork engineers should consult and cooperate with the engineer/architect to make sure that the resulting surfaces will conform to his or her design.

6.4.2—Design

- The engineer/architect should specify limiting values and directions of the reactive forces when the falsework is supported by the permanent structure.
- When applicable, the engineer/architect should include a decentering sequence plan with the bidding documents as a basis for the design of the forming and support system to be used by the contractor.
- *Lateral loads*—In determining the lateral forces acting on the formwork, the wind load should be calculated on the basis of a minimum of 15 lb/ft² (0.72 kPa) of projected vertical area as specified for wall forms in [Section 2.2.3](#). For structures such as domes, negative forces due to suction created by the wind on the leeward side of the structure should be considered.
- *Analysis*—The provisions of [Sections 2.1.1](#) and [2.3](#) should be adhered to in formwork planning.

Assumed design loads should be shown on the formwork drawings. Complete stress analyses should be prepared by competent structural engineers, and the maximum and minimum values of stress, including reversal of stress, should be shown for each member for the most severe loading conditions. Consideration should be given to unsymmetrical or eccentric loadings that might occur during concrete placement and during erection, decentering, or moving of travelers. The vertical or lateral deflection of the moving forms or travelers, as well as the stability under various loads, should be investigated to confirm that the formwork will function satisfactorily and that the concrete tolerances will be met.

Particular care should be taken in the design and detailing of individual members and connections. Where truss systems are used, connections should be designed to keep eccentricities as small as possible to minimize deflections or distortions.

Because the weight of the formwork can be equal to or greater than the design live load of the structure, form details should be designed to avoid the formwork hanging up and overloading the structure during decentering.

Due to the special shapes involved, tolerances based on functions of these shapes should be specified by the engineer/architect in the bidding documents.

6.4.3 Drawings—When required, the formwork engineer/contractor should submit detailed drawings of the formwork for approval of the engineer/architect.

These drawings should show the proposed concrete placing sequence and the resulting loads. To ensure that the structure can assume its deflected shape without damage, the decentering or handling sequence of the formwork should be shown on the drawings. The formwork design, drawings, and procedures should comply with federal and local safety laws, as well as the contract documents.

Deflection of these structures can cause binding between the form and the concrete during decentering. Formwork drawings and form details should be planned to prevent binding and facilitate stripping of forms. Drawings should show such details as type of inserts and joints in sheathing where spreading of the form can result in the form becoming keyed into the concrete.

6.4.4 Approval—The engineer/architect should review the design and drawings for the formwork and the procedures for construction to ensure the structural integrity of the permanent structure. The engineer/architect should approve in writing the loads imposed by the formwork, the sequence of the concrete placing operations, and the timing and procedures of decentering and stripping.

6.4.5 Construction—In planning and erecting formwork, provisions should be made for adequate means of adjustment during placing where necessary. Telltales should be installed to check alignment and grade during placement. Where the forming system is based on a certain placing sequence, that sequence should be clearly defined and adhered to in the field.

6.4.6 Removal of formwork—Formwork should be removed and decentered in accordance with the procedure and sequence specified on the form drawings or on the contract documents. Decentering methods used should be planned to prevent any concentrated reaction on any part of the permanent structure. Due to the large deflections and the high dead load-to-live load ratio common to this type of structure, decentering and form removal should not be permitted until specified tests demonstrate that the concrete strength and the modulus of elasticity specified in contract documents have been reached. Moduli of elasticity can determine time of decentering, although required compressive strengths may already have been attained. Decentering should begin at points of maximum deflection and progress toward points of minimum deflection, with the decentering of edge members proceeding simultaneously with the adjoining shell.

6.5—Mass concrete structures

6.5.1 Discussion—ACI 116R defines mass concrete as “any volume of concrete with dimensions large enough to require that measures be taken to cope with generation of heat from hydration of the cement and attendant volume change to minimize cracking.” Mass concrete occurs in heavy civil engineering construction, such as in gravity dams, arch dams, gravity-retaining walls, lock walls, power-plant structures, and large building foundations (ACI 207.1R). Special provisions are usually made to control the tempera-

ture rise in the mass by the use of cement or cementitious material combinations possessing low or moderate heat-generating characteristics, by postcooling (cooling the fresh concrete) or by placing sequence. Heat rise in mass concrete is most often controlled by replacement of cement with pozzolans, particularly fly ash.

Formwork for mass concrete falls into two distinct categories, namely, low and high lift. Low-lift formwork, for heights of 5 to 10 ft (1.5 to 3 m), usually consists of multiuse steel cantilever form units that incorporate their own work platforms and, on occasion, lifting devices. High-lift formwork is comparable with the single-use wood forms used extensively for structural concrete.

6.5.2 Lateral pressure of concrete—The lateral pressure formulas for concrete placed in walls can be used for mass concrete (refer to [Section 2.2.2](#)). The formwork engineer needs to carefully review the concrete mixture proportion to determine the appropriate formula from [Section 2.2.2](#). Concrete additives or cement substitutes can improve heat generation characteristics, but the same materials can increase concrete set time and increase lateral pressures.

Consideration should be given to placing sequence in the determination of pressure. Frequently, concrete is layered in such a way that the fresh concrete rate of placement locally is substantially greater than the average rate of placement. Local lateral pressures can be greater than would be estimated on the basis of the average rate of placement. In addition, the use of large concrete buckets with rapid discharge of concrete can cause high impact loads near the forms.

6.5.3 Design consideration—Mass concrete forming can require special form tie and anchor design.

6.5.3.1—Forming sloping surfaces requires ties or anchors to resist pressure forces that are perpendicular to the face of the form. Using horizontal ties will leave the vertical component of pressure untied. Vertical (hold down) anchors are required.

6.5.3.2—Forms tied or anchored to a rock face require particular care. Often, rock anchors are placed before the forms are erected. This requires the form designer to accommodate tie and anchor misalignment. Rock anchors should be checked to ensure that the anchor can resist the tie forces.

6.5.3.3—Bending and welding of high tensile steel tie rods should not be permitted without the approval of the tie manufacturer. Any approved welding should be by a certified welder using approved written welding procedures.

6.5.3.4—The capacity of anchors and form ties embedded in previously placed concrete is dependent on the strength of the concrete, which is very low at early ages. The embedded strength should be sufficient to sustain design loadings from the new placement and initial bolting stresses.

6.5.4 Tolerances—Refer to [Section 3.3](#) and ACI 117.

6.6—Underground structures

6.6.1 Discussion—Underground structures differ from corresponding surface installations in that the construction takes place inside an excavation instead of in the open, providing unique problems in handling and supporting formwork and in the associated concrete placing. As a result, four factors usually make the design of formwork for underground

structures entirely different than for their above-ground counterparts. First, concrete to fill otherwise inaccessible areas can be placed pneumatically or by positive displacement pump and pipeline. Second, rock is sometimes used as a form backing, permitting the use of rock anchors and tie rods instead of external bracing and shores. Third, the limits of the excavation demand special handling equipment that adds particular emphasis to the removal and reuse of forms. Fourth, rock surfaces can sometimes be used for attaching hoisting devices.

When placement is done by pneumatic or positive displacement pump and pipeline methods, the plastic concrete is forced under pressure into a void, such as the crown of a tunnel lining. For more information on the pumping process, refer to ACI 304.2R.

6.6.2—Design loads

6.6.2.1 Vertical loads—Vertical and construction loads assumed in the design of formwork for underground structures are similar to those for surface structures, with the exception of unusual vertical loads occurring near the crown of arch or tunnel forms and flotation or buoyancy effect beneath tunnel forms.

In placing concrete in the crowns of tunnel forms, pressures up to 3000 lb/ft² (144 kPa) have been induced in areas of overbreak and near vertical bulkheads from concrete placed pneumatically or by positive displacement pump. Overbreak is the excess removal of rock or other excavated material above the forms beyond the required tunnel lining thickness. Until more definite recommendations can be made, the magnitude and distribution of pressure should be determined by the formwork engineer. The assumed pressure should not be less than 1500 lb/ft² (72 kPa) acting normally to the form plus the dead weight of the concrete placed pneumatically or by pump.

6.6.2.2 Lateral loads—For shafts and exterior walls against rock, the values listed in [Section 2.2.2](#) should apply.

When the shaft form relies on the single shear value of embedded anchors in the previous placement as a means of support, the minimum time lapse between successive placements (or minimum concrete strength) and maximum allowable loading additional to the dead weight of the form should be specified.

For arch forms and portions of tunnel forms above the maximum horizontal dimension or spring line of the form, the pressure should be compatible with the pressures discussed under vertical loads in [Section 6.6.2.1](#).

6.6.3 Drawings—In addition to the provisions of [Chapters 1, 2, and 3](#), the following data should be included on the drawings for specialized formwork and formwork for tunnels:

- All pressure diagrams used in the design of the form, including diagrams for uplift, for unbalanced lateral or vertical loads, for pressurized concrete, or for any other load applicable to the particular installation;
- Recommended method of supplemental strutting or bracing to be employed in areas where form pressures can exceed those listed due to abnormal conditions;
- Handling diagrams and procedures showing the proposed method of handling the form during erection or installation for concrete placement plus the method of bracing and anchorage during normal operation;

- Concrete placement method and, for tunnel arch forms, whether the design is based on the unit or bulkhead system of concrete placement or the continuously advancing slope method; and
- The capacity and working pressure of the pump and the size, length, and maximum embedment of the discharge line when placement by pumping is anticipated.

6.6.4 Construction—The two basic methods of placing a tunnel arch entail problems in the construction of the formwork that require special provisions to permit proper reuse. These two basic methods are commonly known as the bulkhead method and the continuously advancing slope method.

The former is used exclusively where poor ground conditions exist, requiring the lining to be placed concurrently with tunnel driving operations. It is also used when some factor, such as the size of the tunnel, the introduction of reinforcing steel, or the location of construction joints, precludes the advancing slope method. The advancing slope method, a continuous method of placement, is usually preferred for tunnels driven through competent rock, ranging between 10 and 25 ft (3 and 8 m) in diameter and at least 1 mi (1.6 km) in length.

The arch form for the bulkhead method is usually fabricated into a single unit between 50 and 150 ft (15 and 45 m) long, which is stripped, moved ahead, and re-erected using screw jacks or hydraulic rams. These are permanently attached to the form and supporting traveling gantry. The arch form for the continuously advancing slope method usually consists of eight or more sections that range between 15 and 30 ft (5 and 9 m) in length. These are successively stripped or collapsed, telescoped through the other sections, and re-erected using a form traveler.

Although the minimum stripping time for tunnel arch forms is usually established on the basis of experience, it can be safely predetermined by tests. At the start of a tunnel arch concreting operation, the recommended minimum stripping time is 12 h for exposed surfaces and 8 h for construction joints. If the specifications provide for a reduced minimum stripping time based on site experience, such reductions should be in time increments of 30 min or less and should be established by laboratory tests and visual inspection and surface scratching of sample areas exposed by opening the form access covers. Arch forms should not be stripped prematurely when unvented groundwater seepage could become trapped between the rock surface and the concrete lining.

6.6.5 Materials—The choice of materials for underground formwork is typically predicated on the shape, degree of reuse and mobility of the form, and the magnitude of pump or pneumatic pressures to which it is subjected. Usually, tunnel and shaft forms are made of steel or a composite of wood and steel. Experience is important in the design and fabrication of a satisfactory tunnel form due to the nature of the pressures developed by the concrete, placing techniques, and the high degree of mobility required.

When reuse is not a factor, plywood and tongue-and-groove lumber are sometimes used for exposed surface finishes. High humidity in underground construction alleviates normal shrinkage and warping.

CHAPTER 7—SPECIAL METHODS OF CONSTRUCTION

7.1—Recommendations

The applicable provisions of Chapters 2, 3, and 4 also apply to the work covered in this chapter.

7.2—Preplaced-aggregate concrete

7.2.1 Discussion—Preplaced-aggregate concrete is made by injecting (intruding) mortar into the voids of a preplaced mass of clean, graded aggregate. For normal construction, the preplaced aggregates are vibrated thoroughly into forms and around reinforcing and then wetted and kept wet until the injection of mortar into the voids is completed. In underwater construction, the mortar displaces the water and fills the voids. In both types of construction, this process can create concrete with a high content of coarse aggregate.

The injected mortar contains water, fine sand, portland cement, pozzolan, and a chemical admixture designed to increase the penetration and pumpability of the mortar. The structural coarse aggregate is similar to coarse aggregate for conventional concrete. It is well washed and graded from 1/2 in. (13 mm) to the largest size practicable. After compaction in the forms, it usually has a void content ranging from 35 to 45%. Refer to ACI 304.1R.

7.2.2 Design considerations—Due to the method of placement, the lateral pressures on formwork are considerably different from those developed for conventional concrete as given in Section 2.2.2. The formwork engineer/contractor should be alerted to the unique problems created by preplaced-aggregate, by mass placings where heat of hydration and drying shrinkage are critical, and by differential pressures in the form structure when mortar injection varies greatly from one form face to another. For additional information, refer to ACI 359, ACI 207.1R, and ACI SP-34. Because of the pressure created during aggregate packing and mortar pumping, forms that mortar is injected through should be anchored and braced far more securely than for ordinary concrete. Particular attention should be paid to uplift pressures created in battered forms. Provision should be made to prohibit even the slightest uplift of the form. Injection pipes spaced 5 to 6 ft (1.5 to 1.8 m) apart, penetrating the face of the form, require that the form be checked for structural integrity as well as a means of plugging or shutting off the openings when the injection pipes are removed. Some of these problems are reduced where mortar can be injected vertically in open top forms.

Forms, ties, and bracing should be designed for the sum of:

a) The lateral pressure of the coarse aggregate as determined from the equivalent fluid lateral pressure of the dry aggregate using the Rankine or Coulomb theories for granular materials; or a reliable bin action theory (refer to theories and references presented in ACI 313 and ACI 313R); and

b) The lateral pressure of the injected mortar; as an equivalent fluid the mortar normally weighs 130 lb/ft³ (21 kN/m³), but can weigh as much as 200 lb/ft³ (32 kN/m³) for high-density mortars.

The time required for the initial set of the fluidized mortar (from 1 to 2 h) and the rate of rise should be ascertained. The

maximum height of fluid to be assumed in determining the lateral pressure of the mortar is the product of the rate of rise (ft/h) and the time of initial set in hours. The lateral pressure for the design of formwork at any point is the sum of the pressures determined from Steps (a) and (b) for the given height.

7.2.3 Construction—In addition to the provisions of Chapter 3, the forms should be mortar-tight and effectively vented because preplaced-aggregate concrete entails forcing mortar into the voids around the coarse aggregate.

Where increased lateral pressures are expected, the workmanship and details of formwork should be of better quality than formwork for conventional concrete.

7.2.4 Materials for formwork—For unexposed surfaces, mortar-tight forms of steel or plywood are acceptable. Absorptive form linings are not recommended because they permit the coarse aggregate to indent the lining and form an irregular surface. Form linings, such as hardboard on common sheathing, are not successful because they do not transmit the external form vibration normally used for ensuring a void-free finished surface. Where external vibration is used, added strength is needed in the form.

7.3—Slipforms

7.3.1 Discussion—Refer to ACI 313 for silo construction. Slipforming is a quasicontinuous forming process in which a special form assembly slips or moves in the appropriate direction leaving the formed concrete in place. The process is, in some ways, similar to an extrusion process. Plastic concrete is placed in the forms, and the forms can be thought of as moving dies to shape the concrete. The rate of movement of the forms is regulated so the forms leave the concrete only after it is stiff enough to retain its shape while supporting its own weight and the lateral forces caused by wind and equipment. Formwork of this type can be used for vertical structures, such as silos, storage bins, building cores, bearing wall buildings, piers, chimneys, shaft linings, communication and observation towers, nuclear shield walls, and similar structures.

Horizontal slipforming lends itself to concrete structures, such as tunnel linings, water conduits, drainage channels, precast elements, canal linings, highway median barriers, pavements, curbs, shoulder barriers, and retaining walls.

Vertical slipforms, concreted while rising, are usually moved in small increments by jacks that propel themselves on smooth steel rods or tubing embedded in or attached to the hardened concrete. Horizontal slipforms generally move on a rail system, tractor treads, wheels, and other similar means resting on a shaped berm. Working and storage decks and finisher's scaffolding are attached to and carried by the moving formwork.

The vertical or horizontal movement of forms can be a continuous process or a planned sequence of finite placements.

Slipforms used on structures such as tunnels and shafts should comply with the applicable provisions of Section 6.6. Slipforms used on mass concrete structures, such as dams, should comply with the applicable provisions of Section 6.5.

7.3.2—Vertical slipforms

7.3.2.1—A vertical slipform system has five main components: sheathing, wales, yokes, jacks and jackrods, and working or storage decks and scaffolding.

The sheathing or vertical forms can be wood staves, plywood, metal, glass fiber-reinforced plastic, wood, or a combination of these materials. The function of the sheathing is to contain and shape the concrete.

Wales have three main functions:

- Support and hold the sheathing in place;
- Transmit the lifting force from the yokes to the sheathing and to the other elements of the form; and
- Provide support for various platforms and scaffolding.

Yokes support the wales at regular intervals with their legs, transmit the lifting forces from the jacks to the wales, and resist the lateral force of plastic concrete within the form.

The jacks, installed on the yoke’s beams, climb up the jackrods and provide the force needed to raise the entire slipform system.

Various platforms, decks, and scaffolding complete the slipform system. They provide space for storing concrete, reinforcing steel, and embedments, and serve as a working area for placing and finishing.

7.3.2.2 Design and construction considerations—Slipforms should be designed by engineers familiar with slipform construction. Construction of the slipform and slipping should be carried out under the immediate supervision of a person experienced in slipform work. Drawings should be prepared by a slipform engineer employed by the contractor. The drawings must show the jack layout, formwork, working decks, and scaffolds. A developed elevation of the structure should be prepared, showing the location of all openings and embedments. The slipform engineer should be experienced in the use of the exact brand of equipment to be used by the contractor because there is significant variation in equipment between manufacturers.

7.3.2.3 Vertical loads—In addition to dead loads, live loads assumed for the design of decks should not be less than the following:

Sheathing and joists 75 lb/ft² (3.6 kPa)
or concentrated buggy wheel loads, whichever is greater

Beams, trusses, and wales 50 lb/ft² (2.4 kPa)

Light-duty finishers’ scaffolding 25 lb/ft² (1.2 kPa)

7.3.2.4 Lateral pressure of concrete—The lateral pressure of fresh concrete to be used in designing forms, bracing, and wales can be calculated as follows.

Inch-pound version:

$$p = c_1 + \frac{6000R}{T}$$

where

$c_1 = 100$;

$p =$ lateral pressure, lb/ft²;

$R =$ rate of concrete placement, ft/h; and

$T =$ temperature of concrete in the forms, °F.

SI version:

$$p = c_1 + \frac{524R}{T + 17.8}$$

where

$c_1 = 4.8$;

$p =$ lateral pressure, kPa;

$R =$ rate of concrete placement, m/h; and

$T =$ temperature of concrete in the forms, °C.

$c_1 = 100$ lb/ft² (4.8 kPa) is justified because vibration is slight in slipform work because the concrete is placed in shallow layers of 6 to 10 in. (150 to 250 mm) with no revibration. For some applications, such as gas-tight or containment structures, additional vibration can be required to achieve maximum density of the concrete. In such cases, the value of c_1 should be increased to 150 lb/ft² (7.2 kPa).

7.3.2.5 Tolerances—Prescribed tolerances for slipform construction of building elements are listed in ACI 117.

7.3.2.6 Sliding operation—The maximum rate of slide should be limited by the rate for which the forms are designed. In addition, both maximum and minimum rates of slide should be determined by an experienced slipform supervisor to accommodate changes in weather, concrete slump, initial set of concrete, workability, and the many exigencies that arise during a slide and cannot be accurately predicted beforehand. A person experienced in slipform construction should be present on the deck at all times during the slide operation.

During the initial placing of the concrete in the slipform, the placing rate should not exceed that for which the form was designed. Ideally, concrete should be placed in approximately 6 to 8 in. (150 to 200 mm) lifts throughout the slipform operation.

The level of hardened concrete in the form should be checked frequently by the use of a probing rod to establish safe lifting rates. Forms should be leveled before they are filled and should be maintained level unless otherwise required for out-of-tolerance corrections. Care should be taken to prevent drifting of the forms from alignment or designed dimensions and to prevent torsional movement.

Experience has shown that a plumb line, optical plummet, laser, or combination of these used in conjunction with a water level system is effective in maintaining the form on line and grade and for positioning openings and embedded items.

The alignment and plumbness of a structure should be checked at least once during every 4 h that the slide is in operation and preferably every 2 h. In work that is done in separate intermittent slipping operations, a check of alignment and plumbness should be made at the beginning of each slipping operation.

More frequent readings should be taken on single tall structures with relatively small plan sections, as the form system in these structures tends to twist and go out of plumb more readily.

Sufficient checks of plumbness should be provided to readily detect and evaluate movements of the form for all slipformed structures so that appropriate adjustment can be made in sufficient time by experienced personnel.

Detailed records of both vertical and lateral form movements should be maintained throughout the slipform operation.

7.3.3 Horizontal slipforms—The general provisions of Section 2.1.4 should be met and the formwork engineer/contractor should submit drawings of the slipform for review and approval by the engineer/architect. These drawings should show the handling diagrams, the placing procedure, and the provisions for ensuring attainment of the required concrete surfaces.

7.4—Permanent forms

7.4.1 Discussion—Permanent forms, or stay-in-place forms, are forms left in place that may or may not become an integral part of the structural frame. These forms can be rigid—such as metal deck, precast concrete, wood, plastics, and various types of fiberboard—or the flexible type—such as reinforced, water-repellent, corrugated paper, or wire mesh with waterproof paper backing.

When the permanent form is used as a deck form, it is supported from the main structural frame with or without an intermediate system of temporary supports. If temporary supports are required under, or to provide structural stability for, the structural frame members to support the weight of the fresh concrete without causing excessive deflection or member instability, such information should be specified by the engineer/architect.

7.4.2 Design considerations—If the stay-in-place form is not covered in the contract specifications because it has no function in the finished structure, the form manufacturer's specifications should be used; the manufacturer's recommended practice should be followed for size, span, fastenings, and other special features pertinent to this type of form, such as being water repellent and protected against chemical attack from wet concrete; and the minimum requirements of Chapters 2 and 3 should be followed. Particular care should be taken in the design of such forms by the formwork engineer/contractor to minimize distortion or deformation of the form or supporting members under the construction loads.

The engineer/architect who specifies the use of permanent rigid forms should consider in the structural analysis both the construction dead and live loads on the form as well as the structure's stability during construction, in addition to consideration of the form's performance in the finished structure.

When metal deck to become an integral part of the structure is used as a permanent form, its shape, depth, gage, coating, physical dimensions, properties, and intermediate temporary support should be as called for in contract documents. If structural continuity is assumed in the design of the form, the engineer of the permanent structure should specify the required number of permanent supports over which the form material should be continuous.

7.4.3—Installation

7.4.3.1 Shop drawings—The formwork engineer/contractor should submit fully detailed shop drawings for all permanent deck forms to the engineer/architect for review, approval, or both. Shop drawings should show all form thicknesses, metal gauges, physical dimensions and properties,

accessories, finishes, methods of attachment to the various classes of the work, and temporary shoring requirements.

7.4.3.2 Fastenings—The permanent deck form should be properly fastened to supporting members and to adjacent sections of deck form and properly lapped, in accordance with manufacturers' recommendations, to provide a tight joint that will prevent loss of mortar during the placement of concrete. Where required, end closures for corrugated or fluted forms should be provided, together with fill pieces where a tight fit is required. To prevent buckling, allow for expansion of metal deck forms after fastening and before concrete placement.

Flexible types of forms (those that depend for lateral stiffness on supporting members) should be drawn tight for proper installation. Adequate temporary bracing or anchors should be provided in the plane of the top chord of the supporting members to prevent lateral buckling and rotation of these supports and to maintain the required tension in the flexible form.

Paper or metal forms used to form voids in concrete construction should be properly placed and anchored to the reinforcement and to side or deck forms with wire ties or other approved methods to prevent displacement or flotation during placing of concrete. Water should be prevented from entering voids. Where water intrusion is possible, weep holes should be provided to reduce its entrapment.

7.4.4 Deflections—The vertical and lateral deflections of the permanent form between supports under the load of fresh concrete should be investigated by the engineer/architect. Temporary supports, such as shoring and stringers, should be specified, if necessary, to keep deflection within desired tolerances.

7.5—Forms for prestressed concrete construction

7.5.1 Discussion—The engineer/architect should indicate in the contract documents any special requirements for prestressed concrete construction.

It may be necessary to provide appropriate means of lowering or removing the formwork before full prestress is applied to prevent damage due to upward deflection of resilient formwork.

Pretensioning or post-tensioning of strands, cables, or rods can be done with or without side forms of the member in place, in accordance with Section 7.5.2. Bottom forms and supporting shores or falsework should remain in place until the member is capable of supporting its dead load and anticipated construction loads, as well as any formwork carried by the member.

The concreting sequence for certain structures should also be planned so that concrete is not subjected to bending stress caused by deflection of the formwork.

7.5.2—Design

7.5.2.1—Where the side forms cannot be conveniently removed from the bottom or soffit form after concrete has set, such forms should be designed with slip joints or with added panel and connection strength for additional axial or bending loads that can be superimposed on them during the prestressing operation.

7.5.2.2—Side forms that remain in place during the transfer of prestressing force should be designed to allow for

vertical and horizontal movements of the cast member during the prestressing operation. The form should be designed to minimize the restraint to elastic shortening in the prestressing operation. For example, small components or wrecking strips should be planned that can be removed or destroyed to relieve load on side forms as well as to eliminate their restraint during prestressing. In all cases, the restraint to shrinkage of concrete should be kept to a minimum, and the deflections of members due to prestressing force and the elastic deformation of forms or falsework should be considered in the design and removal of the forms.

7.5.2.3—For reasons of safety, when using post-tensioned, cast-in-place elevated slabs, the contractor should be careful to ensure that supporting shores do not fall out due to lifting of the slab during tensioning. For large structures where the dead load of the member remains on the formwork during prestressing, displacement of the dead load toward end supports should be considered in design of the forms and shoring, including sills or other foundation support.

7.5.3 Construction accessories—Hold-down or push-down devices for deflected cables or strands should be provided in the casting bed or forms. All openings, offsets, brackets, and all other items required in the concrete work should be provided for in the formwork. Bearing plates, anchorage assemblies, prestressing steel, conduits, tube enclosures, and lifting devices shown or specified to be set in concrete should be accurately located with formwork templates and anchored to remain within the tolerances given on contract documents. Quality and strength of these accessories should be as specified.

7.5.4 Tolerances—Prescribed ranges of tolerances for job site precast and plant manufactured precast-prestressed concrete members are given in ACI 117 and the PCI report^{7.1} on tolerances.

7.5.5 Special provisions for curing and for safety of workers—Where necessary to allow early reuse of forms, provisions should be made to use accelerated curing processes such as steam curing, vacuum processing, or other approved methods.

Safety shields should be provided at end anchorages of prestressing beds or where necessary for the protection of workmen or equipment against possible breakage of prestressing strands, cables, or other assemblies during prestressing or casting operation.

7.6—Forms for site precasting

7.6.1 Discussion—Forms for site precasting are used for precast concrete items that can be either load- or nonload-bearing members for structural or architectural uses.

7.6.2 Construction—Exterior braces only should be used when exposed metal or filled-in pockets resulting from the use of metal ties would present an objectionable appearance.

To ensure uniformity of appearance in the cast members or units, particularly in adjacent units where differences in texture, color, or both would be visible, care should be taken that the contact surfaces of forms or form liners are of uniform quality and texture.

Form oil or retardant coatings (nonstaining, if required) should be applied uniformly and in accordance with manufacturers' recommendations for this particular class of work.

7.6.3 Accessories—It is particularly important in this class of work that positive and rigid devices be used to ensure proper location of reinforcement. All openings, cutouts, offsets, inserts, lift rings, and connection devices required to be set in concrete should be accurately located and securely anchored in the formwork.

The finished surfaces of members should be free of lift rings and other erection items where it will be exposed, interfere with the proper placing of precast members or other materials, or be subject to corrosion. Such items should be removed so that no remaining metal will be subject to corrosion.

The quality and strength of these accessories should be as required by the contract documents, but the lifting devices or other accessories not called for in the contract documents are the responsibility of the contractor.

7.6.4 Tolerances—Prescribed tolerances for precast-concrete construction are listed in ACI 117.

7.6.5 Removal of forms—Precast members or units should be removed from forms only after the concrete has reached a specified strength, as determined by the field-cured test cylinders or beams and job history of concrete curing.

Where required to allow early reuse of forms, provisions can be made to use accelerated curing processes, such as steam curing, or other approved methods. Methods of lifting precast units from forms should be approved by the engineer/architect.

7.7—Use of precast concrete for forms

7.7.1 Discussion—Precast concrete panels or molds have been used as forms for cast-in-place and precast concrete, either as permanent forms, integrated forms, or as removable, reusable forms. They have been used for both structural and architectural concrete, designed as structurally composite with the cast-in-place material or to provide a desired quality of outer surface and, in some cases, to serve both of these purposes. Concrete form units can be plain, reinforced, or prestressed, and either cast in the factory or at the job site. The most common use of precast concrete form units has been for elevated slabs acting compositely with topping concrete, as in bridge and commercial or institutional construction. Precast units are also common as ground holding systems in tunneling and as stay-in-place forms for rehabilitation of navigation lock walls.

7.7.2—Design

7.7.2.1 Responsibility for design—Where the integrated form is to act compositely with the structure concrete, the form panel should be designed by the engineer/architect who should also indicate what additional external support is required for the permanent forms. For permanent forms intended to achieve a desired architectural effect, the engineer/architect can specify surface finish and desired minimum thickness of architectural material. Design and layout of temporary forms and supporting systems should normally be the responsibility of the formwork engineer/contractor.

7.7.2.2 Connections—Connection details should be planned to overcome problems of mating precast members to each other and to the existing or cast-in-place structure.

7.7.2.3 Bonding concrete form to concrete structure—Effective bond between precast form unit and the concrete structure is essential and can be achieved by: 1) special treatment, such as grooving or roughening the form face in contact with the structure concrete; 2) use of anchoring devices extending across the interface between form panel and structure concrete; 3) a combination of 1) and 2); and 4) use of paint-on or spray-on bonding chemicals. Lifting hooks in a form unit can be designed to serve also as anchors or shear connectors.

7.7.2.4 Code requirements—Precast concrete forms used in composite design with cast-in-place concrete in buildings should be designed in accordance with ACI 318.

7.7.3—During and after concreting

7.7.3.1 Vibration—Thorough consolidation of site-cast concrete is required to prevent voids that would interrupt the bond of the form to structure concrete, but sufficient care should be used to prevent damage of concrete panels by contact with vibrators.

7.7.3.2 Protection of architectural finish—Care should be taken to avoid spilling fresh concrete on exposed surfaces, and any spilled or leaked concrete should be thoroughly removed before it has hardened. After concreting, protection of precast architectural concrete form facings may need to be considered.

7.8—Forms for concrete placed under water

7.8.1 Discussion—There are two basic approaches to the problem of placing concrete under water: the concrete can be mixed in the conventional manner and then placed by special methods, or the preplaced aggregate method can be used.

In the first approach, placement can be made by either pump, underwater bucket, or tremie. The tremie is a steel pipe, suspended vertically in the water, with a hopper attached to the upper end above the water surface. The lower end of the pipe, with an ejectable plug, extends to the bottom of the area to be concreted. This pipe is charged with concrete from the surface. Once the pipe is filled with concrete, it is kept full and its bottom should be kept immersed in the fresh concrete.

In the second approach, the forms are filled with coarse aggregate, which is then grouted so that the voids around the aggregate are filled as discussed in [Section 7.2](#). The grout is introduced at the bottom and the water is displaced upward as the grout rises.

7.8.2—Underwater bucket and tremie

7.8.2.1 Design—Forms for underwater concreting are designed with the same considerations as other forms covered in [Section 2.2](#), except that the density of the submerged concrete can be reduced by the weight of the water displaced. Because of large local pressures that can develop due to the head of concrete in the tremie, the location of the tremie and possible resulting loads on the form should be evaluated by experienced personnel. Some designers have ignored the effects of submergence because this results in a

practical design that is sturdy enough to withstand the extra rigors of underwater conditions.

In tidal zones, forms should be designed for the lowest possible water level. Changes in construction schedules can transform a planned submerged placement to one made above water, thus losing the offsetting water pressure.

7.8.2.2 Construction—Underwater forms should be built on the surface in large units because final positioning and fitting when done under water by divers is slow and costly. For this reason, foundations should be kept simple in shape, and forms should be free of complex bracing and connection details. Through-ties, which could interfere with the concrete placing, should be avoided. Forces imposed on preassembled forms during lifting should be considered in the form design.

Forms should be carefully fitted and secured to adjacent materials or construction to avoid loss of mortar under pressure developed. If there is any water current flow past the form, small openings in the form should be avoided as they will permit washing or scouring of the fresh concrete.

When it is intended to permit concrete to overflow the form and screed it off to grade, it is essential that the form is positioned to the proper grade and is detailed so that the overflow will not interfere with the proposed method and devices for stripping.

Forms should be well detailed, and such details should be scrupulously followed so that divers employed to remove the form can visualize and plan their work before descending.

Multiuse forms can have special devices for positioning forms from above water and special stripping devices, such as hydraulic jacks, that permit releasing the form from the surface.

7.8.3—Preplaced aggregate

7.8.3.1 Design—The formwork should be designed with the same considerations as mentioned previously in [Section 7.2.2](#).

7.8.3.2 Construction—It is important to ensure that silt is excluded from the forms because silt chokes the voids in the aggregate and interferes with the flow of grout. Silt, if adhering to the aggregate, can reduce the bond between the aggregate and the grout.

The inspection of the forms before concrete placement should verify that the perimeters of the forms are effectively sealed against the leakage of grout or the intrusion of silt or other fines.

CHAPTER 8—REFERENCES

8.1—Referenced standards and reports

The standards and reports listed as follows were the latest editions at the time this document was prepared. Because these documents are revised frequently, the reader is advised to contact the proper sponsoring group if it is desired to refer to the latest version.

American Concrete Institute

116R	Cement and Concrete Terminology
117	Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials
207.1R	Mass Concrete
224R	Control of Cracking in Concrete Structures

- 228.1R In-Place Methods to Estimate Concrete Strength
 301 Specifications for Structural Concrete
 303R Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice
 304.1R Guide for the Use of Preplaced-Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications
 304.2R Placing Concrete by Pumping Methods
 305R Hot Weather Concreting
 306R Cold Weather Concreting
 309.2R Identification and Control of Consolidation-Related Surface Defects in Formed Concrete
 311.1R Manual of Concrete Inspection
 313 Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials
 313R Commentary on Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials
 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete
 332R Guide to Residential Cast-in-Place Concrete Construction
 344R Design and Construction of Circular Prestressed Concrete Structures
 347.1R Precast Concrete Units Used as Forms for Cast-in-Place Concrete
 359 Code for Concrete Reactor Vessels and Containments
 SP-34 Concrete for Nuclear Reactors

American Forest & Paper Association

National Design Specification for Wood Construction Load and Resistance Factor Manual for Engineered Wood Construction

American National Standards Institute

- ANSI/SEI/ Minimum Design Loads for Buildings and
 ASCE 7 Other Structures
 A48.1 Forms for One-Way Concrete Joist Construction
 A48.2 Forms for Two-Way Concrete Joist Construction
 A208.1 Mat-Formed Wood Particle Board

American Society of Civil Engineers

SEI/ASCE 37 Design Loads on Structures During Construction

APA—The Engineered Wood Association

Plywood Design Specification and supplements, 1997

ASTM International

- A 446 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) by the Hot-Dip Process, Structural (Physical) Quality
 C 532 Standard Specification for Structural Insulating Formboard (Cellulosic Fiber)
 E 329 Specification for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Materials Used in Construction

Canadian Standards Association

CAN3-086-M80 Code for Engineering Design in Wood
 CAN/CSA-096.1.94 Engineered Design in Wood (Limit States Design)

U.S. Department of Commerce

LLB-810a Hardboard Concrete Form Liners (Simplified Practice Recommendation)
 PS 1-95 Construction and Industrial Plywood
 PS20-94 American Softwood Lumber

These publications may be obtained from the following organizations:

American Concrete Institute
 P.O. Box 9094
 Farmington Hills, MI 48333-9094

American Forest & Paper Association
 American Wood Council
 1111 19th St., NW
 Washington, DC 20036

American National Standards Institute
 11 W. 42nd St.
 New York, NY 10036

APA—The Engineered Wood Association
 P.O. Box 11700
 Tacoma, WA 98411

ASTM International
 100 Barr Harbor Dr.
 West Conshohocken, PA 19428

CSA International
 178 Rexdale Blvd.
 Etobicoke (Toronto) ON
 M9W 1R3 Canada

U.S. Department of Commerce publications available from:

U.S. Government Printing Office
 Washington, DC 20402

8.2—Cited references

CHAPTER 1 REFERENCES

- 1.1. ACI Committee 622, "Form Construction Practices," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 53, No. 12, May 1957, pp. 1105-1118.
 1.2. ACI Committee 622, "Pressures on Formwork," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 55, No. 2, Aug. 1958, pp. 173-190.
 1.3. Hurd, M. K., *Formwork for Concrete*, SP-4, 6th Edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995, 492 pp.

CHAPTER 2 REFERENCES

- 2.1. Barnes, J. M., and Johnston, D. W., "Modification Factors for Improved Prediction of Fresh Concrete Lateral

Pressures on Formwork,” Institute of Construction, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh, N.C., Oct., 1999, 90 pp.

2.2. Gardner, N. J., “Pressure of Concrete Against Formwork,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 77, No. 4, July-Aug. 1980, pp. 279-286; and discussion, *Proceedings* V. 78, No. 3, May-June 1981, pp. 243-246.

2.3. Gardner, N. J., and Ho, P. T.-J., “Lateral Pressure of Fresh Concrete,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 76, No. 7, July 1979, pp. 809-820.

2.4. Clear, C. A., and Harrison, T. A., 1985, “Concrete Pressure on Formwork,” *CIRIA Report* No. 108, Construction Industry Research and Information Association, London, 32 pp.

2.5. “Pressure of Concrete on Vertical Formwork (Frischbeton auf Lotrechte Schalungen),” DIN 18218, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 1980, 4 pp.

2.6. Gardner, N. J., “Pressure of Concrete on Formwork—A Review,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 82, No. 5, July-Aug. 1985, pp. 744-753.

2.7. British Cement Association, “Hi-Rib Permanent Formwork Trials,” Report and Appendix, RE1.031.01.1 BCA, Slough, UK, Feb. and July 1992, 22 and 9 pp.

2.8. Grundy, P., and Kabaila, A., “Construction Loads on Slabs with Shored Formwork in Multistory Buildings,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 60, No. 12, Dec. 1963, pp. 1729-1738.

2.9. Agarwal, R. K., and Gardner, N. J., “Form and Shore Requirements for Multistory Flat Slab Type Buildings,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 71, No. 11, Nov. 1974, pp. 559-569.

2.10. Stivaros, P. C., and Halvorsen, G. T., “Shoring/Reshoring Operations for Multistory Buildings,” *ACI Structural Journal*, V. 87, No. 5, Sept.-Oct. 1990, pp. 589-596.

2.11. Noble, J., “Stop Guessing at Reshore Loads—Measure Them,” *Concrete Construction*, V. 20, No. 7, 1975, pp. 277-280.

CHAPTER 4 REFERENCES

4.1. *Manual of Standard Practice*, 27th Edition, Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg, Ill., 2001, 116 pp.

4.2. Randall, F. A., Jr., and Courtois, P. D., “Side Form Spacers,” *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 73, No. 2, Feb. 1976, pp. 116-120.

4.3. “Wood Handbook: Wood as an Engineering Material,” *Agriculture Handbook* 72, Forest Products Society, U. S. Department of Agriculture, Madison, Wisc, 1998, 464 pp.

4.4. *Manual for Wood Frame Construction*, National Forest Products Association (now American Forest & Paper Association), Washington, D.C., 1988.

4.5. Stalnaker, J. J., and Harris, E. C., *Structural Design in Wood*, 2nd Edition, Chapman & Hall, 1997, 448 pp.

4.6. American Institute of Timber Construction, *Timber Construction Manual*, 4th Edition, John Wiley & Sons, New York, 1994, 928 pp.

4.7. “National Design Specification for Wood Construction (ANSI/AF&PA NDS-1997),” American Forest & Paper Association, Washington, D.C., 1997, 174 pp.

4.8. “Plywood Design Specification,” APA—The Engineered Wood Association, Tacoma, Wash., 1997, 32 pp.

4.9. “Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design,” American Institute of Steel Construction, Chicago, Ill., 1989, 220 pp.

4.10. “Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members,” American Iron and Steel Institute, Washington, D.C., 1986, 82 pp.

4.11. *Aluminum Design Manual: Specifications & Guidelines for Aluminum Structures*, The Aluminum Association, Washington, D.C., 1994.

4.12. Ziverts, G. J., “A Study of Cardboard Voids for Prestressed Concrete Box Slabs,” *PCI Journal*, V. 9, No. 3, 1964, pp. 66-93, and V. 9, No. 4, pp. 33-68.

4.13. Hurd, M. K., “Using Glass-Fiber-Reinforced-Plastic Forms,” *Concrete Construction*, V. 42, No. 9, 1997, 689 pp.

4.14. Hurd, M. K., “Nonmetallic Form Ties,” *Concrete Construction*, V. 38, No. 10, 1993, pp. 695-699.

4.15. Building Materials Committee, *Cellular Plastics in Construction*, Cellular Plastics Division, Society of the Plastics Industry, Washington, D.C.

4.16. Hurd, M. K., “Expand Your Forming Options,” *Concrete Construction*, V. 42, No. 9, Sept. 1997, pp. 725-728.

4.17. “Standard Specifications and Load Tables for Open Web Steel Joists,” Steel Joist Institute, Myrtle Beach, S.C., 1994, 96 pp.

4.18. “Recommended Horizontal Shoring Beam Erection Procedure,” Scaffolding, Shoring, and Forming Institute, Cleveland, Ohio, 1983.

4.19. “Recommended Safety Requirements for Shoring Concrete Formwork,” Scaffolding, Shoring, and Forming Institute, Cleveland, Ohio, 1990.

4.20. “Concrete Forming,” V345, APA—The Engineered Wood Association, Tacoma, Wash., 1998, 28 pp.

4.21. Smulski, S., ed., *Engineered Wood Products: A Guide for Specifiers, Designers, and Users*, PFS Research Foundation, Madison, Wisc., 1997, 330 pp.

4.22. Hurd, M. K., “Plastic Form Liners,” *Concrete Construction*, V. 39, No. 11, Nov. 1994, pp. 847-853.

4.23. Hurd, M. K., “Choosing and Using a Form Release Agent,” *Concrete Construction*, V. 41, No. 10, 1996, pp. 732-736.

CHAPTER 7 REFERENCES

7.1. PCI Committee on Tolerances, “Tolerances for Precast and Prestressed Concrete,” *PCI Journal*, V. 30, No. 1, Jan.-Feb. 1985, pp. 26-112.