



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**GUÍA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE, CON SISTEMAS
ESTRUCTURALES PREFABRICADOS Y FABRICADOS IN SITU**

Otto Danilo Vásquez Rodríguez
Asesorado por Ing. Jack Douglas Ibarra

Guatemala, octubre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

GUÍA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN SERIE, CON SISTEMAS
ESTRUCTURALES PREFABRICADOS Y FABRICADOS IN SITU

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OTTO DANILO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ

ASESORADO POR ING. JACK DOUGLAS IBARRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DEL 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Bachiller Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Bachiller Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. César A. Fernández F.
EXAMINADOR	Ing. René Andrino Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Edwin Barrios Ambrosi
EXAMINADOR	Ing. Adrián Juárez López
SECRETARIO	Ing. Manuel de J. Castellanos D.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES AURORA CARMELINA Y JUAN RICARDO

A MIS HIJAS GRETEL CONSTANZA Y RINA PAOLA

A MI FAMILIA: MARÍA EUGENIA, CARMEN MARÍA, OTTO FERNANDO Y SHENY

A MIS HERMANOS BEATRIZ Y RICARDO

A MI PATRIA

AGRADECIMIENTOS

A mi hija Gretel

Por su apoyo y colaboración en el presente trabajo

Al Ing. Jack Douglas Ibarra

Por su asesoría y colaboración para el presente trabajo

A la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por toda su ayuda y colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XII
1. SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA MUROS	
1.1 Sistema Tilt-up	1
1.1.1 Descripción del sistema	2
1.1.2 Componentes del sistema	2
1.1.3 Materiales utilizados	7
1.1.4 Limitaciones de uso	8
1.1.5 Montaje o construcción	8
1.2 Sistema placa-poste	10
1.2.1 Características	10
1.2.2 Montaje	11
1.3 Sistema de formaletas	12
1.3.1 Formaletas metálicas	12
1.3.1.1 Aplicaciones	13
1.3.2 Formaletas de aluminio	14
1.3.3 Identificación de formaleta	15
1.3.4 Tipos de formaletas	15
1.3.5 Tipos de accesorios	16

1.3.6	Herramientas	19
1.3.7	Materiales de limpieza	20
1.3.8	Inicio de fundición	21
1.4	Fundición de muros	31
1.4.1	Especificaciones del concreto para muros	32
1.5	Desmontar formaleta	32
1.6	Diseño estructural	33
1.6.1	Espesor mínimo de muros por el método empírico de diseño	35

2. SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA LOSAS DE TECHO

2.1	Vigueta y Bovedilla	37
2.1.1	Preesforzado	37
2.1.2	Simple	42
2.2	Vigueta y molde	48
2.2.1	Características	49
2.2.2	Instalación y montaje	49
2.3	Planchas prefabricadas	51
2.4	Otros	57
2.4.1	Losa prefabricadas simple T (Copreca)	57
2.4.2	Losa prefabricadas doble T (Copreca)	57
2.4.3	Losas postensadas	61
2.4.4	Losas fundidas IN SITU con formaleta metálica	63
2.4.5	Descripción del montaje de formaletas de losas	63
2.4.6	Secuencia de instalación	63

3.	PROGRAMACIÓN	
3.1	Programación de actividades	73
3.2	Ruta crítica	80
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Refuerzo en muros	4
2	Detalle de cimiento corrido	5
3	Detalle de cimentación	5
4	Detalles de uniones	6
5	Montaje de muros	9
6	Muro placa-poste	10
7	Muro placa-poste	11
8	Muro placa-poste en viviendas	11
9	Montaje con grúa	11
10	Tipos de formaletas	15
11	Tipos de accesorios	16
12	Tipos de accesorios	16
13	Tipos de accesorios	17
14	Tipos de accesorios	17
15	Tipos de accesorios	18
16	Tipos de accesorios	18
17	Tipos de accesorios	19
18	Tipos de accesorios	19
19	Tipos de accesorios	19
20	Cimentación	22
21	Cimentación	22
22	Cimentación	23
23	Fundición de losa de cimentación	23

24	Fundición de losa de cimentación	24
25	Colocación de la malla	24
26	Colocación de la malla	25
27	Pineado	25
28	Instalaciones eléctricas y sanitarias	26
29	Instalaciones eléctricas y sanitarias	26
30	Montaje de formaleta	27
31	Montaje de formaleta	27
32	Montaje de formaleta	28
33	Montaje de formaleta	28
34	Montaje de formaleta	29
35	Montaje de formaleta	29
36	Marcos de puertas y ventanas	30
37	Marcos de puertas y ventanas	31
38	Plancha prefabricada losa vigueta block	42
39	Detalles de losa (Monolit)	48
40	Losa con molde LK y vigueta	50
41	Tabla de cargas spancrete de 3 “ sin recubrimiento	52
42	Tabla de cargas spancrete de 4 ”, 5 cms. con recubrimiento	53
43	Tabla de cargas spancrete de 4 ” sin recubrimiento	54
44	Tabla de cargas spancrete de 6 ”, 5 cm con recubrimiento	55
45	Tablas de cargas spancrete de 6” sin recubrimiento	56
46	Doble T 40-300	58
47	Doble T 50-300	59
48	Doble T 60-300	59
49	Doble T 70-300	60

50	Doble T 80-300	60
51	Doble T 100-300	61
52	Secuencia de instalación	64
53	Secuencia de instalación	64
54	Secuencia de instalación	65
55	Secuencia de instalación	65
56	Secuencia de instalación	66
57	Secuencia de instalación	67
58	Requisitos mínimos de doblez del refuerzo en losas sin vigas	70
59	Diagrama de flechas para una vivienda	79
60	Diagrama de flechas para cinco viviendas	79
61	Electromalla	87
62	Varilla de refuerzo	88

TABLAS

I	Especificaciones de concreto	32
II	Dimensiones vigueta con block	41
III	Rangos de uso vigueta con block	41
IV	Tabla para diseño de losa de vigueta y bovedilla (Monolit)	47
V	Rangos de uso de vigueta con molde LK	50
VI	Tabla de cargas Spancrete de 3" sin recubrimiento	52
VII	Tabla de cargas Spancrete de 4", 5 cm con recubrimiento	53
VIII	Tabla de cargas Spancrete de 4" sin recubrimiento	54

IX	Tabla de cargas Spancrete de 6", 5 cm con recubrimiento	55
X	Tabla de cargas Spancrete de 6" sin recubrimiento	56
XI	Sistemas muros Tilt-up/ Losa vigueta y bovedilla	81
XII	Programación muros y losa fundidos IN SITU con formaletas metálicas	82
XIII	Tabla de conversión	87

LISTA DE SÍMBOLOS

@	A cada
Ø	Diámetro de varilla
No.	Número de octavos de pulgada de una varilla
⊥	Perpendicular
W	Carga por viento o fuerzas y momentos internos relacionados
D	Cargas muertas o fuerzas y momentos relacionados
Mu	Momento último
Kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado

GLOSARIO

Bovedilla	Es un block con características especiales; sirve para el relleno de losas planas y puede ser de diferentes materiales.
Carga muerta	Es el peso que produce la propia estructura.
Carga viva	Es aquella a la que la estructura se ve sometida con cargas de ocupación tales como personas, muebles, etc.
Grout	Concreto liviano sin agregados gruesos.
Joist	Elemento estructural el cual forma una viga metálica en forma de estereo estructural, variando su resistencia, dependiendo de su forma y resistencia al acero.
Losa	Se le llama así a todos los elementos que la forman monóticamente con un recubrimiento de concreto, teniendo diferentes usos tales como el techo de una vivienda, etc.
Losa de entepiso	Es llamada así porque es diseñada para cargas de ocupación.

Postensado	Método de preesfuerzo en el cual los cables se tensan después de que se ha endurecido el concreto.
Preesfuerzo	Esfuerzo que persiste en el concreto después de la deducción de todas las pérdidas calculadas excluyendo los efectos de las cargas sobrepuestas y el peso propio del elemento.
Pretensado	Método de preesfuerzo en el cual los cables se tensan antes de la colocación del concreto.
Topping	Recubrimiento.
Tricket	Puntales metálicos de altura graduable.
Viguetas	Nervio semi-prefabricado de una losa en un sentido, compuesto por una pastilla de concreto y un joist.

RESUMEN

El sistema Tilt-up para construcción de muros de viviendas en serie ofrece una buena alternativa para proyectos de vivienda de un nivel, que tengan fácil acceso y que estén ubicados en el sector de la planta productora.

El mayor inconveniente que puede presentar este sistema es el tratamiento de juntas entre paredes.

El sistema prefabricado placa-poste para muros es de uso ilimitado a módulos básicos de vivienda popular, con techos de lámina.

El sistema de formaletas para la construcción de muros fundidos IN SITU es el más utilizado para la construcción de viviendas en serie. Por sus ventajas estructurales se recomienda para viviendas de dos niveles; dichos muros se diseñan y trabajan como muros de corte.

Los sistemas prefabricados y semiprefabricados de losas presentan muchas alternativas y su uso y escogencia dependerá de las luces a cubrir.

Las losas fundidas IN SITU con formaleta metálica también son muy utilizadas por las ventajas de costo y velocidad de construcción.

La programación de actividades con tiempos reales y buena práctica constructiva, pueden predecir un proyecto exitoso.

OBJETIVOS

General

Mostrar los diferentes sistemas en muros y techos para la construcción de viviendas en serie.

Específicos

1. Conocer con certeza y disponibilidad tiempos, ventajas de cada sistema en particular.
2. Dar a conocer las diferentes combinaciones que se pueden realizar entre sistemas de muros y sistemas de losas.

INTRODUCCIÓN

El déficit de vivienda en Guatemala ha incidido en el auge que han tomado los proyectos de construcción de viviendas en serie. Por tal razón es muy importante la optimización de la producción de los mismos; así como todos los sistemas que la componen.

En el presente trabajo de graduación se exponen algunos sistemas para construcción de muros y techos haciendo énfasis en los sistemas con los cuales se ha tenido experiencia en la producción de proyectos de vivienda y que son los empleados en la mayoría de proyectos del área metropolitana, por las ventajas que ofrecen.

El propósito es presentar cada sistema y sus características para llevar a cabo la elección de combinaciones de sistemas de muros y techos que más convengan para el desarrollo de un proyecto.

También se destacan las diferentes cualidades de cada sistema, así como sus diferencias, ventajas y desventajas. Así mismo, se presentan combinaciones de sistemas y se comparan las programaciones de actividades de cada uno de ellos.

1. SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA MUROS

XVIII

1.1 Sistema Tilt-up

Son muros prefabricados de concreto armado, que se colocan directamente a la obra. La losa generalmente se construye con vigueta y bovedilla, convirtiendo éste en un sistema monolítico al quedar fundidos como unidad todo el conjunto de módulos, y preparada para un segundo nivel.

Este sistema cuenta con diversas ventajas, tales como:

- * Velocidad de construcción:
 - por construcción anticipada de muros y materiales de techo
 - por velocidad de montaje (aproximadamente el promedio de montaje para una casa de 70 m² es de una casa por día).

- * Calidad uniforme en el producto:

Este sistema de muros se puede aplicar en toda construcción de viviendas en serie de un nivel, donde sea posible el acceso de una grúa o un camión-grúa para el montaje de los módulos de concreto prefabricado.

Así mismo, el sistema Tilt-up puede usarse como muros de cerramiento de ambientes y carga, para viviendas de un nivel y soportar hasta dos niveles de altura.

1.1.1 Descripción del sistema

Este sistema está formado por paneles prefabricados de concreto liviano, reforzados con acero de alta resistencia en ambas direcciones y con varillas de refuerzo convencional.

Estos paneles son apoyados en cimientos corridos con aperturas en forma de U. Para el anclaje entre paredes y cimiento se utilizan pines que son fundidos en el cimiento en la posición de los nudos entre paneles.

La unión de los paneles con la losa se logra por medio de pines conectores que quedan empotrados en los paneles y luego son integrados a la fundición de la losa.

La unión entre paneles se realiza por medio de un anclaje mecánico. Se usan aros de acero en las orillas de cada panel que se traslapan con los aros de los otros paneles. En dicho traslape se coloca un pin de acero de refuerzo y se funde con *grout*.

1.1.2 Componentes del sistema

* Paneles: el panel es el elemento básico y el más importante del sistema. Es prefabricado, está compuesto por una fundición de concreto liviano reforzado con acero de alta resistencia y convencional en ambas direcciones.

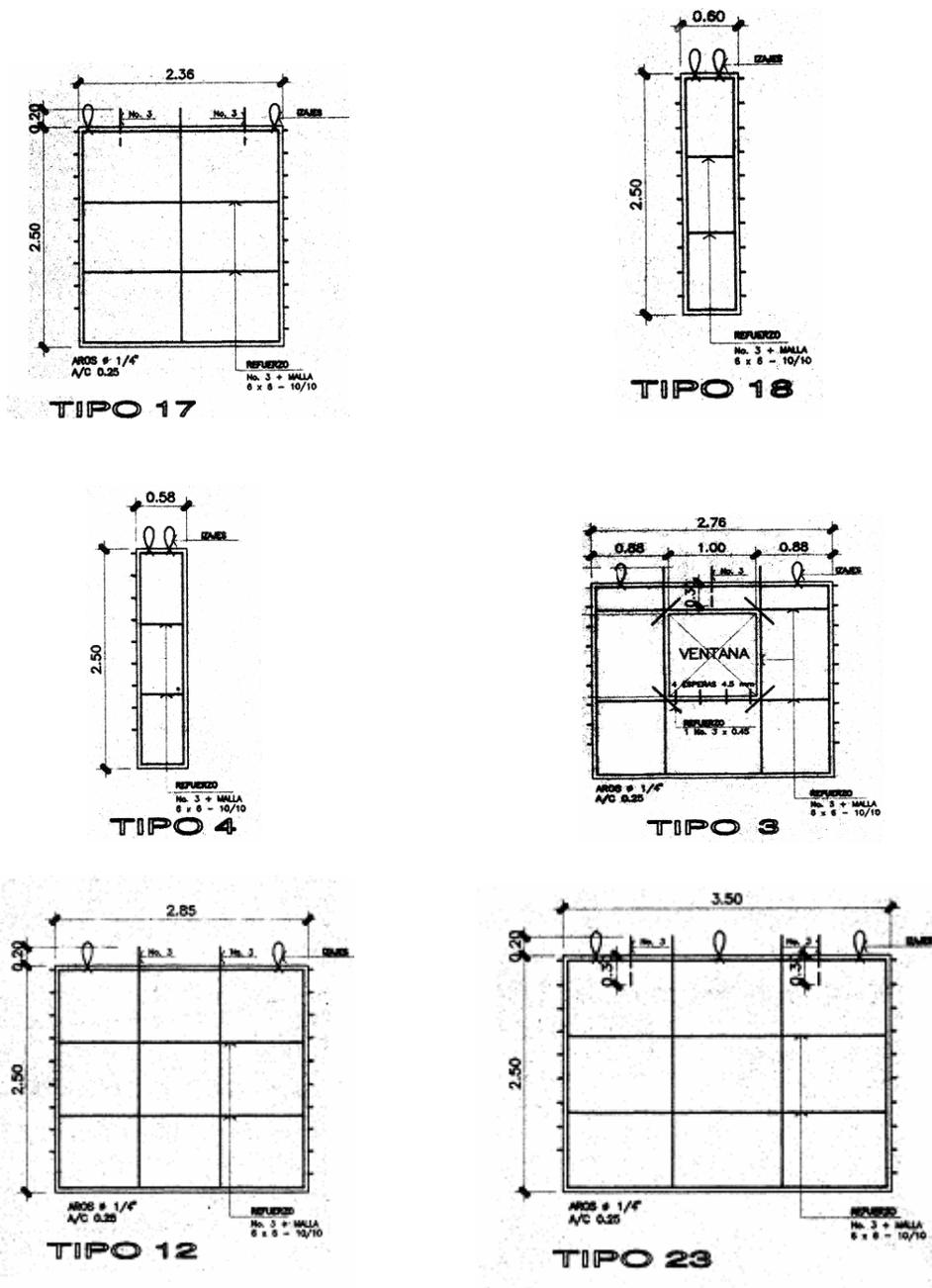
Las dimensiones del panel son:

- espesor = 0.08 metros
- altura = 2.50 metros
- largo = Según diseño arquitectónico, hasta un máximo de 5.00 metros.

* Refuerzo: es una malla electrosoldada 6x6 - 10/10 en sentido vertical posee una varilla de refuerzo No. 3 a cada 2.05 metros; o en las orillas de paneles y marcos de ventanas.

En sentido horizontal cuenta con 4 varillas de refuerzo No.3. Los paneles tienen incorporados aros para las uniones entre paneles, las cuales consisten en varillas de 6.2 mm o varillas de 6.35 mm . Los paneles tienen además pines formados por varillas No. 3 a cada 0.75 metros para el anclaje de los mismos en la losa. (Ver fig. 1)

Figura 1. Refuerzo en muros

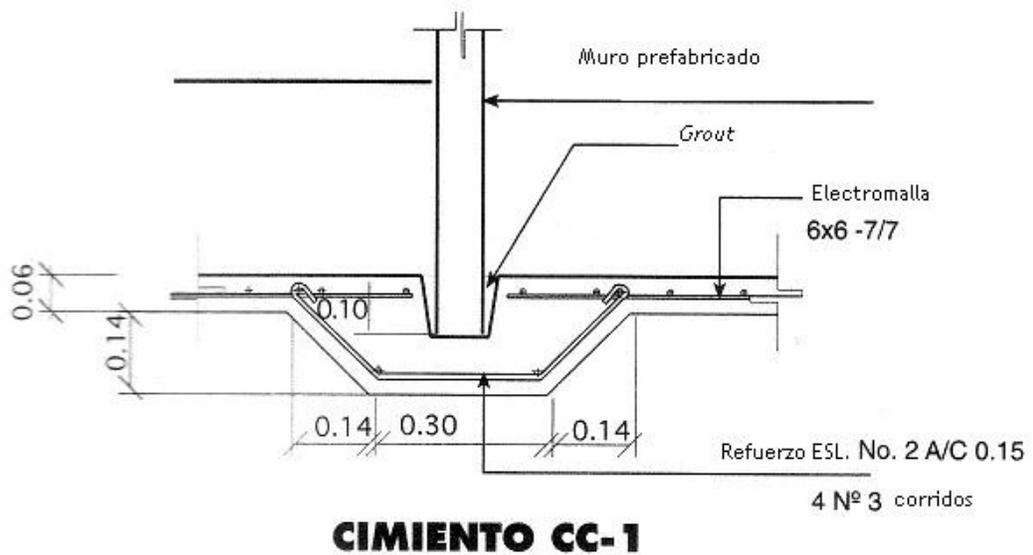


Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

- * Cimentación: los paneles se apoyan en un cimiento corrido de concreto reforzado fundido en la obra. (Ver figura 2 y 3).

Figura 2. Detalle de cimiento corrido

Notas: el cimiento será profundado y tendrá pines No.4 de 0.50 m en cada unión de planchas. Se deberá colocar capas de plástico en ambos sentidos sobre el suelo.



Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

Figura 3. Detalle de cimentación

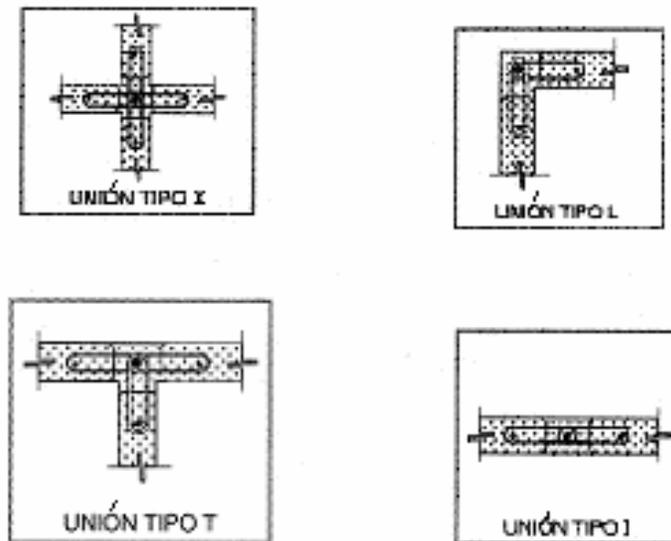


Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

Como se aprecia en los detalles de las uniones de muro con cemento, se dejan pines No. 3 fundidos en el cemento en la posición de los nudos entre paneles, para anclaje entre cemento y paneles. Los cementos pueden estar integrados a la fundición del piso según cada diseño en particular.

* Junta vertical (nudo) entre paneles: en las uniones verticales de los paneles se funden juntas con *grout*. Una varilla de refuerzo de acero No. 3 ó No. 4 se coloca en la junta y queda traslapada con los pines dejados en la cimentación. Adicionalmente, esta varilla engrapa los dispositivos mecánicos (anclajes laterales) llamados aros, previstos en los paneles, como se indica en los detalles de la fig. 4, de las uniones tipos X, L, I, T, que se adjuntan.

Figura. 4 Detalles de uniones



Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

1.1.3 Materiales utilizados

1.1.3.1. Concreto

Concreto en paneles: el concreto liviano utilizado para la fundición de los paneles, deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de edad, de 140 Kg/cm².

Concreto en juntas: el *grout* utilizado en la fundición de las juntas verticales entre paneles deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de edad de 210 kg/cm².

Concreto en cimentación: El concreto utilizado en la fundición de cimientos deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de edad de 210 kg/cm².

1.1.3.2. Acero

El acero de refuerzo que conforma la malla electrosoldada deberá ser grado 70.

El refuerzo adicional a la malla electrosoldada deberá ser grado 60.

En el caso de los anclajes laterales o aros conectores si se utilizan varillas No. 2, deberán ser grado 40; si el diámetro utilizado es de 6.2 mm, deberán ser grado 70. En todo caso, el acero de refuerzo deberá cumplir con las normas COGUANOR.

1.1.4 Limitaciones de uso

Al considerar los resultados del informe técnico No. E-96 sobre ensayos realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería y la literatura disponible sobre el sistema, éste podrá usarse para viviendas de un nivel y para soportar hasta dos niveles de altura; para que los muros no sobrepasen los esfuerzos de diseño.

1.1.5 Montaje o construcción (Ver fig. 5)

Éste se realiza por medio de grúas que descargan directamente los paneles de la plataforma del transporte. Cada panel es colocado en su lugar correspondiente; para ello se utiliza una nomenclatura que identifica con pintura el panel y el lugar que le corresponde de acuerdo al diseño de la vivienda. En este punto es muy importante resaltar que se debe revisar cada muro antes y después de descargarlo, ya que en ocasiones pueden tener grietas o fisuras que ameriten un cambio o devolución de dicho producto. Además es muy común observar las líneas del armado de la electromalla.

El anclaje del panel se hace traslapando aros de los paneles que converjan en un nudo y fijándolos a los pines profundos del cemento y colocando un pin de acero de refuerzo.

Luego de haber colocado todos los paneles en su lugar se hacen llegar los mismos a plomo y se funde con *grout* el espacio de la ranura que queda a ambos lados de los paneles, así también los nudos o columnas de unión entre cada uno de ellos.

Figura 5. Montaje de muros



Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

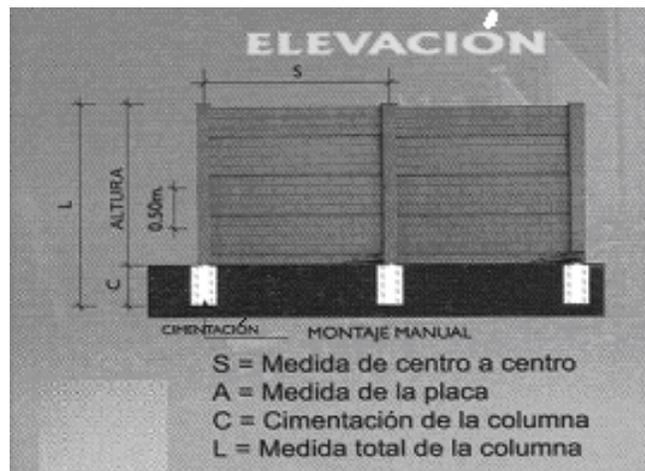
1.2 Sistema placa- poste

El sistema placa-poste es utilizado para muros perimetrales o para muros de viviendas mínimas; generalmente de techos de lámina. (Ver fig. 6, 7 y 8)

1.2.1 Características

- Placa de concreto de 5 cm de espesor, reforzada con electromalla.
- Columna de 15 cm x 15 cm reforzada con armadura de hierro grado 70.
- Textura :
 - lisa
 - imitación ladrillo
 - imitación cernido vertical

Figura 6. Muro placa-poste



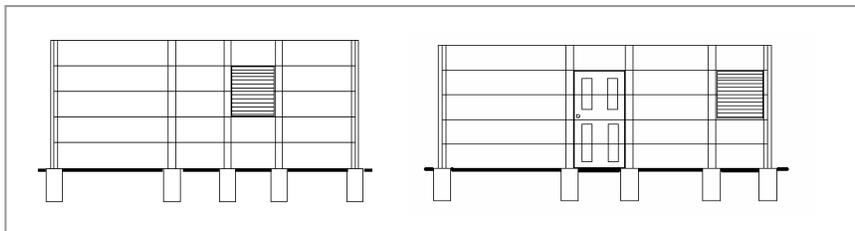
Fuente: Monolit. Manual informativo. Pág.13

Figura 7. Muro placa-poste



Fuente: Monolit. Manual informativo. Pág.13

Figura 8. Muro placa-poste en viviendas



1.2.2 Montaje

Según el tipo de placa o barda puede ser a mano o con grúa, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Montaje con grúa



Fuente: Monolit. Manual informativo. Pág.13

1.3 Sistema de formaletas

El sistema de formaletas permite construir los muros o paredes de una vivienda en el mismo lugar que se edifica el proyecto.

Existen diferentes tipos de formaletas de acuerdo al material o materiales de que estén fabricados; pero básicamente son formaletas con estructuras metálicas y/ó de aluminio o con estructura metálica y plywood.

1.3.1 Formaletas metálicas

Las formaletas metálicas son un sistema industrializado de módulos metálicos manuales para construir concreto a la vista. Este sistema multiusos es adaptable por su versatilidad a cualquier tipo de obra en concreto y diseño arquitectónico.

Sus módulos son elaborados en lámina de características especiales, que con un mantenimiento normal pueden ser usados cientos de veces.

Las formaletas metálicas se instalan de manera fácil y rápida, y las conexiones entre sí se realizan con accesorios prácticos. Su rendimiento promedio se estima en 100 m² de fundición de concreto o en una vivienda diaria.

Este sistema permite fundir monolíticamente muro y losa, y deja un acabado completamente liso y listo para recibir cualquier tipo de acabado.

1.3.1.1 Aplicaciones

Construcciones tipo túnel, fundiciones monolíticas, elementos prefabricados, obras de concreto a la vista, muros de contención, placas, losas, entresijos, columnas, vigas, plantas de tratamiento, muros rectos y direccionales, estribos y losas de puentes, tanques circulares y rectos, y para todo tipo de obra en concreto.

Las formaletas metálicas que se encuentran disponibles en el mercado nacional cuentan con las siguientes características:

- Presentan medidas desde 0.60 m Hasta 0.10 m de ancho, varían cada 0.05 m y de altura permanente de 1.20 m
- Módulo básico : 1.20 * 0.60 m
- Módulos adicionales : varían cada 0.05 m
- Material: Cara a fondo: Acero de 2.5 mm.
 Bandas o bridas: Acero de 3.0 mm.
 Refuerzos internos: Acero de 2.0 mm.

- Accesorios adicionales:

Chapeta o grapa: une los módulos entre sí y transmite carga entre ellos.

Pin o pasador: fija la corbata al módulo y transmite la carga.

Mordaza o alineador: sujeta el tubo alineador al módulo.

Tubo alineador: alinea los módulos y transmite carga entre ellos.

Corbata: también llamada distanciador, proporciona la medida del muro o similar.

1.3.2 Formaletas de aluminio

Las formaletas de aluminio están hechas en aluminio estructural, con perfiles extruídos y machambrados de gran resistencia y peso liviano, que se ensamblan entre sí de manera rápida, lo que permite construir una vivienda por día.

La resistencia de sus piezas hace que puedan ser reutilizadas más de 1200 veces, con un mantenimiento adecuado.

Este sistema de formaletas reduce costos de obra, y facilita todo el proceso, encofrado, fundición y desencofrado; se usa un promedio de 8 a 10 horas por vivienda.

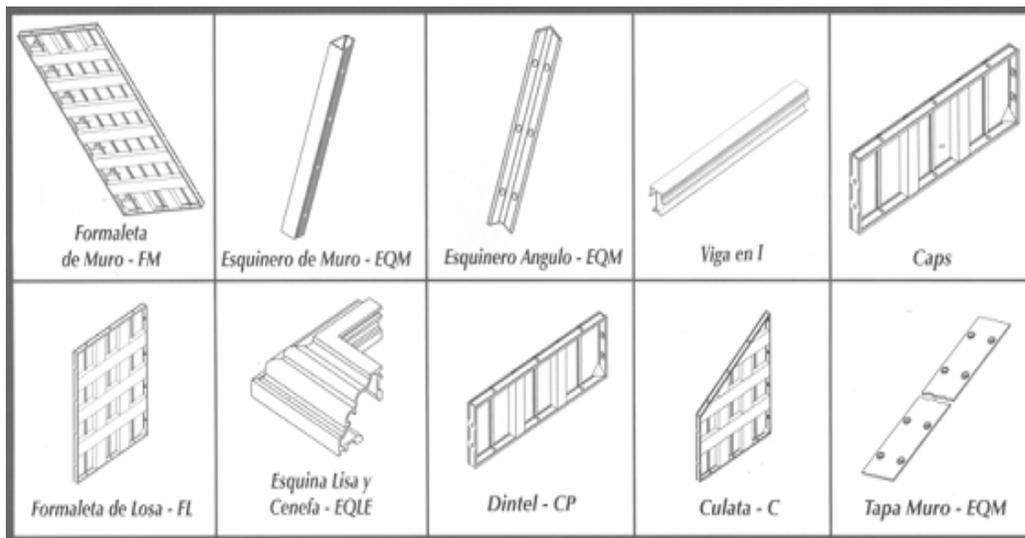
1.3.3 Identificación de la formaleta

Una vez se tenga en obra un juego de formaletas, se debe disponer de un lugar cercano al área de trabajo y se debe comenzar a identificar, separar y organizar las diferentes formaletas, accesorios y herramientas.

1.3.4 Tipos de formaletas

Existe diferentes tipos de formaletas, dentro de las cuales se encuentran las que se muestran en la figura 10.

Figura 10. Tipos de formaletas



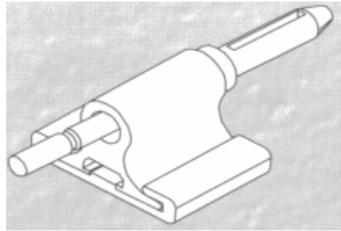
Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.4

1.3.5 Tipos de accesorios

15

El pasador - flecha - PF va unido a la formaleta. Une dos paneles adyacentes. Diámetro de 5/8". (Ver fig. 11)

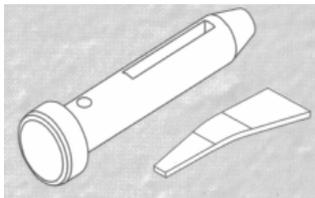
Figura 11. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

El pasador con cuña- PC es un elemento independiente a la formaleta que también une dos paneles adyacentes (Ver fig. 12).

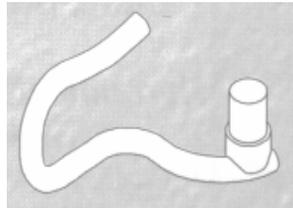
Figura 12. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

El pín - grapa - PG une las formaletas de muro y losa a los esquineros de losa. Fabricado en acero 1045 templado (Ver fig. 13).

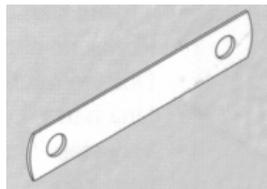
Figura 13. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

La corbata - C actúa como separador de las formaletas, permite obtener un muro de espesor homogéneo y absorbe el esfuerzo de la fundición (Ver fig.14).

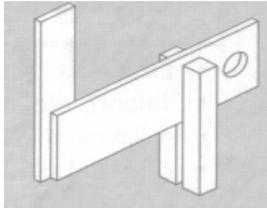
Figura 14. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual Informativo. Pág.5

El porta - alineador- PA se usa para sujetar el alineador de acero a los paneles con el fin de alinear los mismos (ver fig. 15).

Figura 15. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

El puntal nivelador - PN garantiza que la losa quede apuntalada en el momento del desencofre y la formaleta pueda ser utilizada 100 % al otro día. Éste se puede observar en la figura 16.

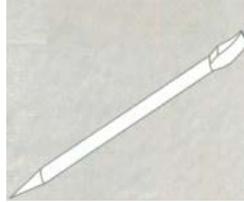
Figura 16. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

La barreta- BN se usa para alinear, nivelar y levantar la formaleta durante el montaje. (Ver fig. 17)

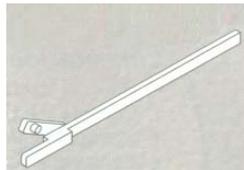
Figura 17. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

Los sacapaneles - SP se usan para remover las formaletas del concreto (ver fig. 18).

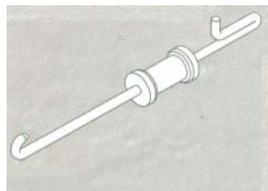
Figura 18. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.5

Los sacacorbatas - SC se usan para sacar las corbatas de los muros.(ver fig. 19)

Figura 19. Tipos de accesorios



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág. 5

1.3.6 Herramientas

1.3.6.1 Herramientas por armador

- Martillo de uña
- Espátula
- Tenaza para amarrar alambre
- Flexómetro
- Balde plástico para guardar y transportar pasadores y cuñas
- Balde plástico para guardar y transportar pasador grapa
- Balde plástico para contener el desencofrante
- Guantes de carnaza
- Gafas de protección

1.3.6.2 Herramientas de uso general

- Tres (3) carretas o *buggys*
- Cuatro (4) palas redondas para aseo
- Dos (2) palas cuadradas para aseo
- Taladro percutor para trabajo pesado
- Reglas de aluminio para tallado de losa
- Dos vibradores con guaya de aguja (mínimo)
- Una barra
- Seguetas
- Serrucho
- Cizalla de mano, preferiblemente 36 ”
- Machete
- Escaleras
- Taladro eléctrico con brocas de 3/16 - 1

- 4 llaves mixtas 15/16 “
- Material plástico (propileno expandido o similar) de 3 mm para forrar las corbatas

1.3.7 Materiales de limpieza

- Agua suficiente
- Dos mangueras con sus respectivos acoples
- Máquina manual de fumigar para aplicar ACMP
- Martillos de caucho
- Suministros de energía eléctrica
- Extensiones eléctricas
- Vibradores eléctricos o a gasolina para concreto
- Hilaza o naipe
- Esponjilla de viruta o cepillo de acero
- A.C.P.M . (Diesel)
- Desencofrante (Puede ser aceite para motor disuelto con ACPM o Petróleo)

1.3.8 Inicio de fundición

Para el inicio de fundición de formaletas se necesitan los siguientes elementos:

- Personal contratado
- Cimentación completamente terminada
- Mallas de refuerzo instaladas
- Contratista electricista e hidráulico presente en obra
- Suministro de concreto garantizado
- Bomba para concreto o grúa con baldes para la fundición
- Ángulos de acero de 2 ½ - 2 ½ - 1/4 para ser usados como alienadores
- Gatos y párales necesarios para soportar muros y losa

- Tablones de madera para usar en andamios como corredor y pasaje de personas

1.3.9 Descripción de construcción de muros

Con sistema de formaletas:

1.3.9.1. Cimentación:

Trazar el contorno de la vivienda, colocar las formaletas de cimentación y marcar las vigas de cimentación según los planos de la vivienda, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Cimentación



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.10

Remover capa vegetal, nivelar y compactar con selecto, como en la figura 21.

Figura 21. Cimentación



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.10

Ubicar exactamente el acero de refuerzo, de arranque y las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas. (Ver figura 22)

Figura 22. Cimentación



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.10

Instalar las mallas electrosoldadas en la losa de cimentación.

1.3.9.2. Fundición de losa de cimentación:

* Antes de vaciar o fundir con concreto, hacer una revisión final para asegurarse que todo esté debidamente fijado. (Ver fig. 23)

Figura 23. Fundición de losa de cimentación



Fuente: C.V Proyectos S. A Proyecto habitacional Prado Alto

Fundir la losa, nivelando con regla y utilizar vibrador durante el vaciado, como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Fundición de losa de cimentación



Fuente: C.V Proyectos S. A Proyecto habitacional Prado Alto

1.3.9.3 Colocación de la malla:

La primera operación en el encofrado del muro es realizar el replanteo, trazando con yeso o cal sobre la losa de cimentación la ubicación exacta de los muros con el espesor correspondiente, verificando que los pies de amarre estén centrados dentro del espesor del muro. (Ver fig. 25)

Figura. 25 Colocación de la malla

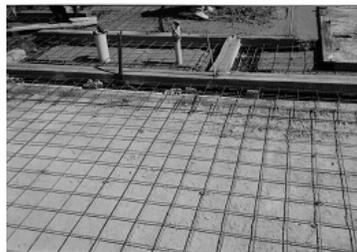


Fuente: C.V Proyectos S. A Proyecto habitacional Prado Alto

Para definir el espesor de los muros se deben trazar cuatro líneas; las dos internas que establecen el ancho del muro y las dos externas que corresponden al espesor de la formaleta.

Se debe continuar amarrando con alambre las varillas salientes de la losa con las mallas electrosoldadas y las varillas de refuerzo correspondientes de los muros, teniendo cuidado que al colocar la malla en las esquinas quede en ángulo recto y que quede a plomo. (Ver fig. 26)

Figura. 26 Colocación de la malla

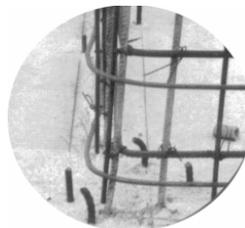


Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

1.3.9.4 Pineado: (Ver fig. 27)

Sobre las dos líneas interiores marcadas, se perfora con un barreno o taladro cada 60 cm y se introduce un pasador sobrante de malla. La función del pasador es servir de tope a la formaleta para mantener el ancho del muro y servir de guía para que la formaleta quede bien alineada.

Figura. 27 Pineado

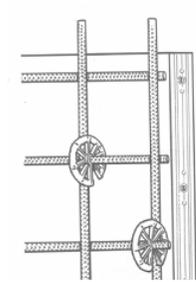


Fuente: C.V. Proyectos S.A Proyecto habitacional Prado Alto

1.3.9.5 Instalaciones eléctricas y sanitarias:

Instalar los separadores para evitar que la malla se pegue al muro, como se muestra en la figura 28.

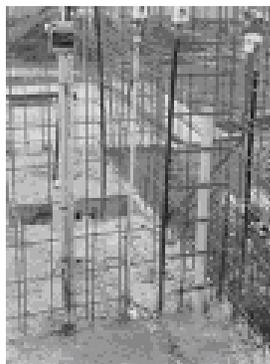
Figura. 28 Instalaciones eléctricas y sanitarias



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.12

Sujetar bien a la malla las cajas eléctricas y los conductos eléctricos sanitarios como se muestra en la figura 29, para evitar que se muevan y queden torcidos en el momento de la fundición.

Figura. 29 Instalaciones eléctricas y sanitarias



Fuente: C.V. Proyectos S.A. Proyecto habitacional Prado Alto

Para que las cajas eléctricas tengan un buen amarre, hay que utilizar una varilla en la base de la caja y dos verticales formando una U. Estas cajas eléctricas deben rellenarse con papel mojado para evitar que se filtre el concreto.

1.3.9.6 Montaje de formaleta:

Se comienza la instalación en las esquinas, ubicando la formaleta sobre los trazos o replanteo de la vivienda, como muestra la figura 30.

Figura. 30 Montaje de formaleta



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.13

Se fija al esquinero del muro una formaleta a cada lado formando una escuadra, para dar estabilidad.(Ver fig. 31)

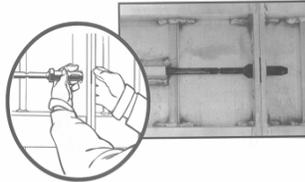
Figura. 31 Montaje de formaleta



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.13

Se inserta el pasador a través de las perforaciones de las formaletas (Ver fig. 32).

Figura. 32 Montaje de formaleta



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.14

Se coloca una corbata o separador insertándola en el extremo de los pasadores, amarrando así la formaleta interior con la formaleta exterior, permitiendo un muro de espesor homogéneo que soporte la presión de la fundición (Ver fig. 33).

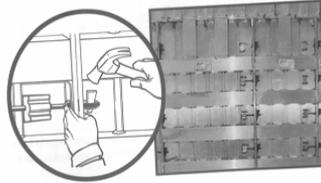
Figura. 33 Montaje de formaleta



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.14

Finalmente se fijan las formaletas, insertando la cuña a través de la ranura del pasador. (Ver fig. 34)

Figura. 34 Montaje de formaleta

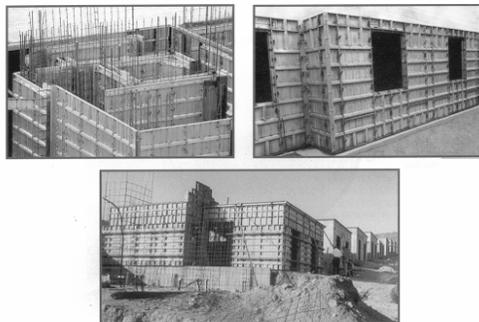


Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.14

Una vez asegurada la esquina, se continúa ensamblando simultáneamente las formaletas exteriores de muro y las de muro interior, se repiten los pasos anteriores hasta completar la vivienda.

A medida que se van uniendo las formaletas entre sí, se debe verificar que estén alineadas en la línea demarcada, si se requiere empujarlas se debe utilizar herramienta especial. (Ver fig. 35)

Figura. 35 Montaje de formaleta



Fuente: Proyecto habitacional Fuentes del Valle

1.3.9.7 Marcos de puertas y ventanas:

Los marcos de puertas y ventanas quedan bien definidos y completamente sellados con tapamuros, que se une a la formaleta con pasadores. (Ver fig. 36)

Figura. 36 Marcos de puertas y ventanas



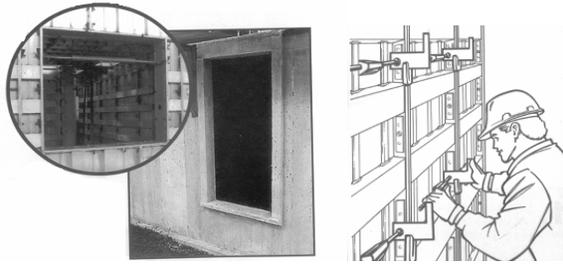
Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.16

Para garantizar que las puertas y ventanas mantengan la medida establecida, se coloca un tensor. En las ventanas se debe colocar a 1/3 de la parte superior del vano y en las puertas se coloca en la parte inferior del vano.

Para mantener la alineación horizontal de las formaletas de los muros, se colocan alineadores como el porta alineador, y el ángulo alineador al exterior e interior de la formaleta, cuya función es ayudar a alinear y a atrancar la misma.

Los porta-alineadores se colocan en las perforaciones de la formaleta formando dos hileras a lo largo del encofrado. Una hilera abajo para alinear las formaletas en la base y una arriba para alinearlas en la parte superior. (Ver fig. 37).

Figura. 37 Marcos de puertas y ventanas



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.17

1.4 Fundición de muros:

La fundición de los muros se debe hacer con concreto premezclado y la colocación se puede llevar a cabo por medio de grúa, bomba o con cubetas; teniendo en cuenta las ventajas y desventajas en cada proyecto como lo son: tiempo, costo, productividad, calidad, etc.

Cualquiera que sea el sistema utilizado se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para obtener buenos resultados:

- Iniciar simultáneamente con el vaciado del concreto a golpear exteriormente las formaletas con un martillo o un mazo de caucho para que el agregado grueso del concreto sea desplazado hacia el centro y así obtener una superficie de muy buen acabado.
- Iniciar el virado una vez el concreto empiece a estabilizarse, utilizando un vibrador de aguja de 35mm. para extraer el aire del concreto.
- Se recomienda utilizar un fluidificante en el concreto premezclado para que la colocación sea más homogénea.

1.4.1 Especificaciones del concreto para muros:

Para los muros se puede utilizar un concreto desde 1200 psi hasta 3000 psi y grava desde 3/8" hasta 1" dependiendo del ancho y del diseño del mismo.

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de concreto.

Tabla I. Especificaciones de concreto

Tipo de concreto: muros		Unidad
1. Resistencia de especificación :	105,140,175,210,245,280 a 28 días	kg/cm ²
2. Edades de especificación:	24 % de f'c a 12	horas
3. Tiempo de manejabilidad:	clima frío : 1.5 clima medio: 1	horas
4. Asentamiento de diseño:	7	pulgadas
5. Tiempo de fraguado:	clima frío : inicial de 6 a 8, final 8 a 10 clima medio : inicial de 4 a 6 , final 6 a 8	horas
6. Densidad:	2,200 a 2,400	kg/m ³
7. Contenido de aire:	Máximo 3	%

1.5 Desmontar formaleta

Para desmontar la formaleta de los muros se debe iniciar desencofrando en la mitad de una pared interior y en una esquina de los muros exteriores. El siguiente paso es retirar los alineadores y los porta-alineadores.

Seguidamente deben retirarse las cuñas y pasadores que puedan ir fijos a la formaleta y finalmente se debe desencofrar las formaletas de una en una, en ambos lados del muro, con la herramienta correspondiente. Se debe asegurar de que los paneles se halen hacia atrás de forma uniforme para garantizar la calidad en el acabado del concreto.

1.6 Diseño Estructural

Los muros deben diseñarse para cargas excéntricas y cualquier otra carga lateral o cargas a las que vaya a estar sometido.

El diseño por cortante debe calcularse junto al diseño por flexión.

Todos los elementos por compresión construidos independientemente con el muro deben cumplir con las normas que se requieren de cada uno de ellos.

Salvo que se demuestre lo contrario en análisis, la longitud horizontal de un muro que se considera efectiva para una carga concentrada, no debe de exceder a la distancia a centros entre cargas ni al ancho del apoyo más de cuatro veces el espesor del muro.

Los muros deberán anclarse a elementos de intersección como pisos, techos, columnas y zapatas.

Las fuerzas de los muros deberán transmitirse a la zapata a través del concreto y mediante el refuerzo y conectores.

El refuerzo mínimo vertical y horizontal, salvo que el análisis estructural muestre diferencias por aumento de cortante debe tener en cuenta:

* La relación íntima de refuerzo vertical al área neta del concreto:

0.0012 para varillas corrugadas \leq a varillas No. 5, con una resistencia a la fluencia de 4,220 kg / cm².

0.0015 para otras varillas corrugadas.

0.0012 para mallas de alambre soldado (liso o corrugado) no mayor de W31 ó D31.

* La relación mínima del área de refuerzo horizontal al área neta del concreto deberá ser :

0.0020 para varillas corrugadas \leq a varillas No. 5 con una resistencia a fluencia no menor de 4,220 kg / cm².

0.0025 para otras varillas corrugadas.

0.0020 para mallas de alambre soldado (liso o corrugado no mayor de W31 ó D31.

* Los muros con un espesor mayor de 25 cm, excepto los muros de sótanos, deben tener el refuerzo en cada dirección colocado en dos capas paralelas a las caras del muro de acuerdo con una capa que consista en no menos de 1/2 y no más de 2/3 del refuerzo total requerido para cada dirección deberá colocarse a no menos de 5 cm ni más de 1/3 del espesor del muro a partir de la superficie exterior.

La otra capa que consiste en el resto del refuerzo requerido en esa dirección, deberá colocarse a no menos de 2 cm ni a más de $1/3$ del espesor del muro a partir de la superficie interior.

Tanto el refuerzo vertical como el horizontal deberán espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 45 cm.

El refuerzo vertical no necesita estar confinado por amarres laterales cuando el área de refuerzo vertical no es mayor de 0.01 veces el área neta del concreto, o cuando el refuerzo vertical no se requiere como refuerzo a compresión.

Además del refuerzo mínimo mencionado en los incisos anteriores se deberán colocar varillas No. 5 alrededor de todas las aberturas de puertas y ventanas; dichas varillas deben extenderse para desarrollar las varillas más allá de las esquinas de las aberturas, no menos de 60 cm.

Los muros pueden diseñarse con el método empírico de diseño cuando la resultante de todas las cargas está localizada a $1/3$ del espesor general del muro; deben satisfacerse todos los límites anteriores.

1.6.1 Espesor mínimo de muros por el método empírico de diseño

El espesor de muros de carga no deberá ser menor de $1/25$ de altura, ni menor de 10 cm.

El espesor de muros exteriores de sótanos y cimentaciones no deberá ser menor de 20 cm.

El espesor de muros divisorios no debe ser menor de 10 cm ni menor de $1/30$ de la distancia menor entre elementos que dan apoyo lateral.

2. SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA LOSAS DE TECHO

2.1 Vigueta y Bovedilla

Existe en el mercado básicamente dos sistemas, el preesforzado y el simple los cuales se describen a continuación:

2.1.1 Preesforzado

El concreto preesforzado es el de un elemento o estructura, que se somete a fuerzas permanentes creadas artificialmente, con el objeto de generar esfuerzos que combinados con los esfuerzos causados por la carga muerta, la carga viva y cualquier otra carga, produzcan esfuerzos dentro de los límites que el concreto pueda soportar con seguridad.

El proceso de preesfuerzo se puede llevar a cabo con los sistemas de pretensado y postensado.

* Pretensado: en éste los alambres de acero colocados en la parte inferior del molde que se usa para fabricar la sección son estirados, luego el concreto es vaciado en el molde dejándolo que fragüe y cure; cuando el concreto ha alcanzado la resistencia necesaria los alambres se destensan de los apoyos del banco de pretensar.

En este punto el concreto se adhiere al acero y al soltar los alambres el acero transmite la fuerza de pretensión al concreto.

* Postensado: en el concreto se colocan ductos donde luego se introducen los cables de postensión, los cuales son tensados directamente contra la sección del concreto. El anclaje en esta tensión se hace por medios mecánicos que quedan permanentemente en los extremos del elemento prefabricado.

En el medio nacional existen algunas empresas que ofrecen el sistema de losas preesforzadas; las más importantes por volúmenes de producción y control de calidad son las siguientes:

1. Sistema Freyssinet de vigueta y bovedilla:

Este es un sistema a base de nervios prefabricados pretensados, que en combinación con los distintos tipos de bovedilla de relleno y un recubrimiento estructural de concreto de 5 cm. Como número, forma una losa con gran capacidad de carga, ofreciendo los siguientes peraltes:

Losa de 14 cm.

Está formada por vigas y blocks de 14 cm de peralte y una capa de recubrimiento de 5 cm. Se ofrece en espaciamientos de 50, 60 y 80 cm entre eje y eje de viga.

Se emplea comúnmente en techos y entrepisos. El largo de la viga disponible es de 7.00 metros.

Losa de 14 cm con vigas dobles

Es la misma losa descrita anteriormente, pero reforzada con vigas dobles o adosadas. Se emplea en los casos de sobrecargas fuera de los límites de las losas simples.

Su empleo debe ser objeto de cálculo según la sobrecarga deseada y las condiciones de la estructura.

Este mismo sistema de adosar vigas, puede ser empleado en cualquier tipo de losa cuando se trata de introducir un refuerzo adicional en la losa en un punto definido.

Losa de 10 cms

Esta losa es la más usada para proyectos de viviendas en serie.

Se forma de viguetas y bovedillas de 10 cm en combinación con los otros 5 cm de recubrimiento. Se ofrece sólo en módulo de 80 cm de eje a eje de la vigueta.

Recomendaciones

Se recomienda cargar las viguetas solamente de los extremos y con la base hacia abajo. No debe sobresalir más de 1 metro de éstas en los camiones donde son transportadas.

Las viguetas deben colocarse evitando toda acción de palanca. Los blocks se colocan sólo engrapados con las vigas, sin ningún pegamento entre ellos.

Se recomienda usar hierro estructural No. 2 para refuerzo de la losa. Ésta se coloca en forma de parrilla, con un espaciamiento de 20 a 40 cm. No es necesario amarrar los estribos de las viguetas.

Para la instalación eléctrica los blocks alineados proporcionan un ducto de 10 cm². Paralelo central para la vigueta

El sistema para las viguetas de hasta 3.00 metros no requiere ningún apoyo provisional intermedio y únicamente un apoyo provisional al centro para las viguetas mayores de 4.00 metros.

Para casos especiales en que se requieren viguetas mayores de 6.00 metros, se recomienda dos apoyos provisionales intermedios. Este tipo de vigueta está fundida en toda su sección "T".

3. Sistema vigueta y block

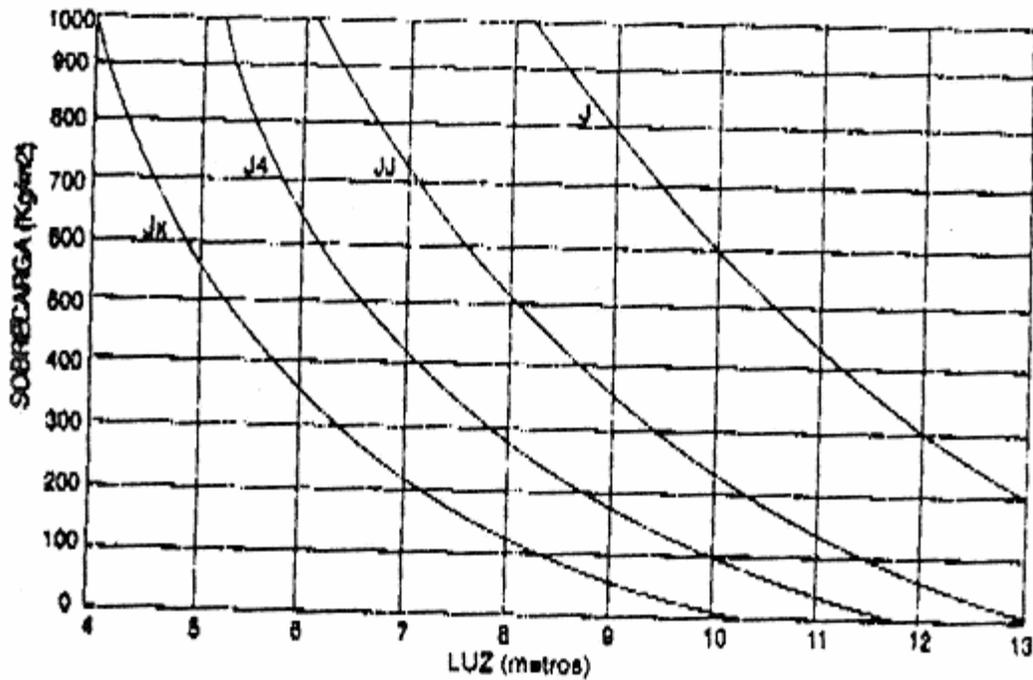
Consiste en un sistema de viguetas pretensados y blocks de concreto denso. El elemento integrador es concreto fundido IN SITU con un espesor mínimo de 4 cm. Es una losa nervada en un sentido en donde la combinación con la vigueta y el recubrimiento sirven de estructura y el block sirve de relleno.

A continuación en la tabla II se muestran las dimensiones de vigueta con block para diferentes luces. En la tabla III el rango de uso de vigueta con block, así como la gráfica de una plancha prefabricada losa vigueta block, en la figura 38.

Vigueta	bw (cm)	d (cm)	B (cm)	n (cm)	L (cm)	Peso prolongado kg/ m ²
JX-10	10	4	65	10	5	225
JX-15	10	4	65	15	5	280
JX-20	16	4	71	10	5	240
JX-10	16	4	71	15	5	275
JX-15	16	6	71	10	5	240
JX-20	16	6	71	15	5	275
JX-25	16	6	71	20	5	320
JX-15	16	10	71	20	5	320

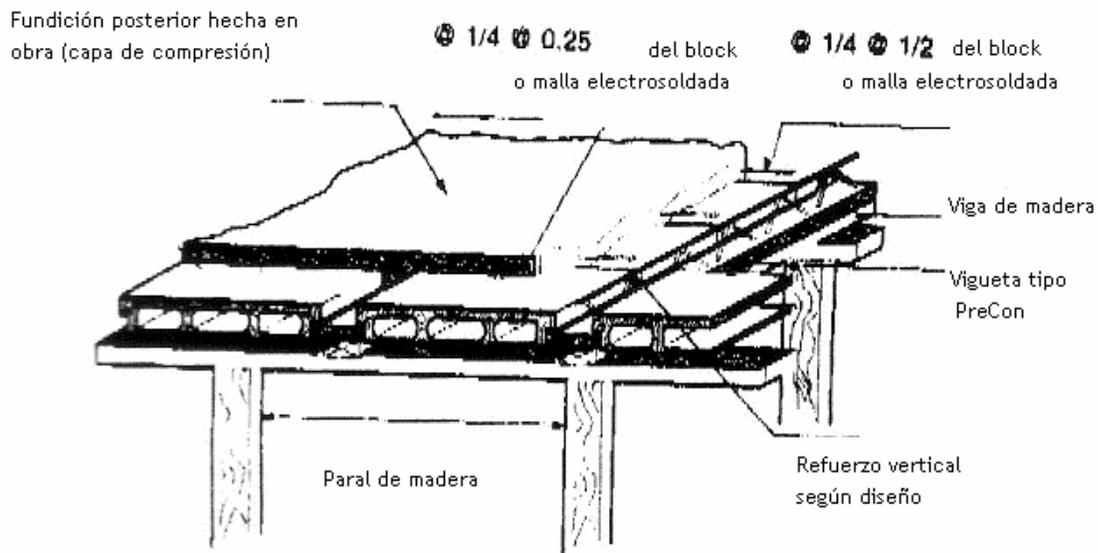
Fuente: PreCon

Tabla III. Rangos de uso vigueta con block



Fuente: PreCon

41
 figura 38. Plancha prefabricada lc :k



Fuente: PreCon

2.1.2 Simple

Éste es un sistema de vigueta (no preesforzada) y bovedilla, con diferentes peraltes de acuerdo al requerimiento de diseño. En nuestro medio éste es el más usado por calidad y costo.

Características

Las viguetas están reforzadas con armadura electrosoldada a máquina, lo que garantiza su resistencia.

Bovedilla de pómez que aligera el peso muerto de la losa.

Electromalla y varillas de hierro grado 70, para rigidizantes y bastones.

Componentes del sistema

1. Viguetas

Las viguetas son piezas largas formadas por una sección rectangular colocada horizontalmente, de 5 cm de alto por 10-12 cm de ancho, a todo lo largo. Centrada en ella va colocada una viga de acero, las inferiores dentro de la sección de concreto (pastilla) y la superior, afuera y arriba, unidad por dos barras en diagonal a todo lo largo.

El refuerzo inferior de la viga de acero de alma abierta (*joist*) consiste en el refuerzo de la pastilla de concreto, que al igual que las restantes serán deducidas del diseño estructural para las condiciones de carga y luz del caso, igual ocurre para el peralte de la vigueta, aunque el productor podrá mantenerlo constante para rangos de luz y variar el refuerzo de acero.

2. Bovedillas

Son piezas de concreto liviano con agujeros aligerantes horizontales, que se colocan y apoyan entre viguetas, que permiten ahorro de concreto y logran una superficie plana por debajo de la losa.

Las bovedillas tienen un ancho de 25 cm, su altura que depende del espesor total de la losa que se desea lograr; las hay de 10,15 y 20 cm para losas de 5 cm más gruesas. Toda bovedilla deberá soportar individualmente una carga no menor de 105 kg. o el peso de una persona por un factor mínimo de 1.5 (la mayor).

3. Materiales usados

El acero de refuerzo, debe ser de apariencia normal, libre de óxido excesivo, que cumpla con la norma COGUANOR NGO 36011 o la equivalente ASTM para acero estirado en frío según el caso, excepto si se usan barras No. 2 que podrá ser de 2320 kg /cm ² de esfuerzo de tensión.

La resistencia mínima de fluencia del acero de refuerzo será de 5000 kg / cm ² para el estirado en frío y de 4200 kg / cm ² para el laminado en caliente, debe cumplir con lo indicado en el inciso anterior.

El concreto liviano con el cual se elaboran las bovedillas deberá seguir los procedimientos indicados por la norma ACI correspondiente.

El concreto normal con el cual se elaboran las viguetas y la fundición final tendrá una resistencia mínima a compresión de 210 kg / cm ², y deberá prepararse de acuerdo a procedimientos indicados por ACI, usando agregado grueso no mayor a 3 / 8”.

4. Límites de Utilización

Al considerar los resultados de ensayo y los cálculos, este sistema de losas podrá utilizarse para cualquier luz y cara distribuida, siempre que el interesado proceda a su diseño y lo presente a su requerimiento.

Para cargas concentradas deberá demostrarse su capacidad, analítica o experimentalmente para poder utilizarse.

5. Procedimiento constructivo

Sobre los apoyos donde se colocará la losa, que pueden ser bordes de soleras, vigas o muros se apoyan las viguetas con la pastilla en la parte inferior y separadas ente sí por las bovedillas, el apoyo recomendado es de 3 cm mínimo.

Se colocan las primeras dos viguetas separadas en sus apoyos por una bovedilla, después se coloca otra vigueta y otra bovedilla, entre ésta última y la anterior; se repite esto hasta cubrir el ambiente, después de lo cual se llenan los espacios entre viguetas con bovedillas, colocadas unas junto a las otras.

Si el diseño requiere nervios rigidizantes, tendrán un ancho mínimo de 7 cm y llevará dos barras No. 3, se armarán transversalmente a las viguetas ya colocadas, utilizando uno centrado para luces de 3.0 metros hasta 4.0 metros, dos o más compartidos en luces mayores según diseño del interesado.

Sobre todo el conjunto puede colocarse refuerzo en forma de malla de alambre electrosoldada de alta resistencia o barras No.2 formando una parrilla si la losa de compresión es de 5cm; o barras No.3 formando una parrilla si la losa de compresión es de 7cm o más, a una separación indicada para refuerzo de temperatura.

Se colocará los bastones sobre apoyos, siguiendo la línea de viguetas, cuando el diseño lo requiera, después de lo cual se procederá a colocar la formaleta de bordes de las losas para luego proceder a su fundición con concreto.

Ventajas de la losa

- Más liviana, reduce cargas : ⁴⁵
- Es la más usada en el mund

Ventajas de la vigueta

- Fabricada con varilla corrugada, mejorando la adherencia del concreto.
- Armadura con doble diagonal, aprovecha eficientemente el esfuerzo.
- El patín o pastilla es fundida en mesa metálica vibratoria.
- Amplia existencia o variedad para diferentes medidas.

Combinaciones

La vigueta puede usarse con:

- Bovedilla de pómez.
- Bovedilla de monoport (Duroport).

Especificaciones

- Diseños para carga viva 200 kg/m²
- Separación entre viguetas = 0.60 m de centro a centro de vigueta.
- Bovedilla = 7.7 unidades x m²
- 1 Electromalla 6 x 6 - 9/9 por cada 12 m²
- Rigidizante a cada 1.5 m (máximo).

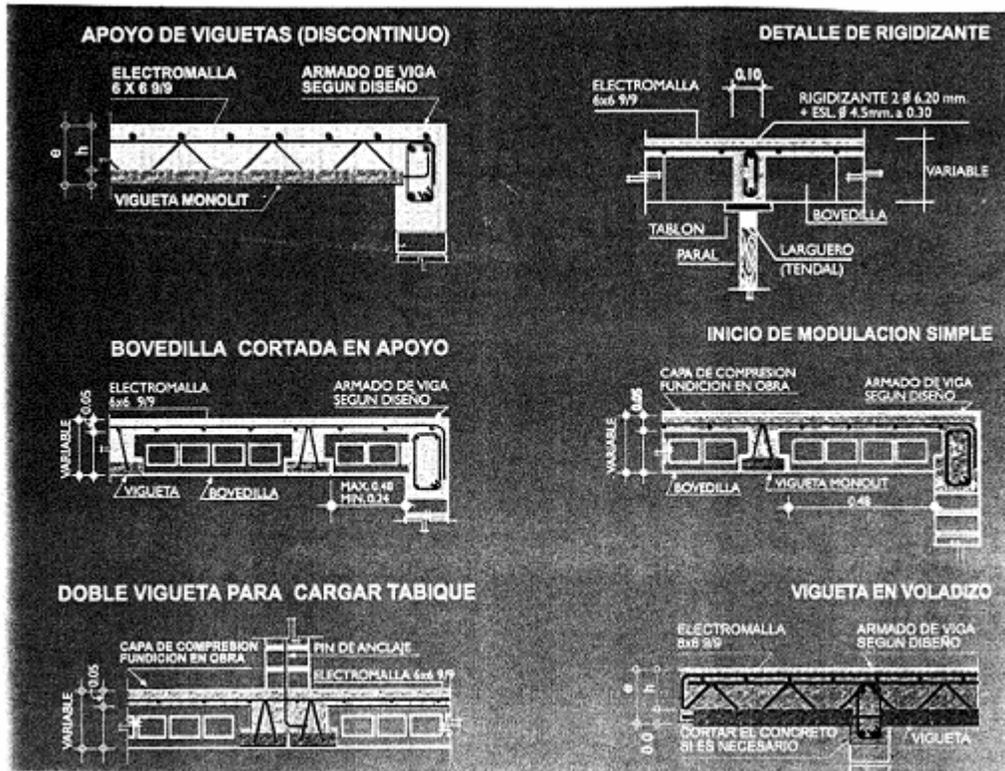
En la tabla IV se muestran los rangos para diseño de losa de vigueta y bovedilla (Monolit), así como los detalles de losa (Monolit) en la figura 39.

Figura 39. Rangos de diseño de losa de vigueta y bovedilla

				Distribución de Bastones ø 6.20 mm. Longitud de bastón= luz/4
	Vigueta de stock código	Longitud de concreto(m)	Con Continuidad (m)	Sin Continuidad (m)
Peralte Terminado 15 cm. Bovedilla de 10 cm.	P15L130	1.30		
	P15L150	1.50		
	P15L170	1.70		
	P15L190	1.90		
	P15L210	2.10		
	P15L230	2.30		
	P15L250	2.50	0.45	
	P15L270	2.70	0.45	
	P15L290	2.90	0.45	
	P15L310	3.10	0.35	
	P15L330	3.30	0.25	
	P15L350	3.50	0.20	
	P15L370	3.70	0.15	
	P15L390	3.90	0.13	
	P15L410	4.10	0.10	
P15L430	4.30	0.08	0.45	
Peralte Terminado 20 cm. Bovedilla de 15 cm.	P20L130	1.30		
	P20L150	1.50		
	P20L170	1.70		
	P20L190	1.90		
	P20L210	2.10		
	P20L230	2.30		
	P20L250	2.50		
	P20L270	2.70		
	P20L290	2.90	0.45	
	P20L310	3.10	0.45	
	P20L330	3.30	0.45	
	P20L350	3.50	0.40	
	P20L370	3.70	0.30	
	P20L390	3.90	0.25	
	P20L410	4.10	0.20	
	P20L430	4.30	0.15	
	P20L450	4.50	0.14	
P20L470	4.70	0.12		
P20L490	4.90	0.10	0.45	
P20L510	5.10	0.09	0.45	
P20L530	5.30	0.07	0.45	
Peralte Terminado 25 cm. Bovedilla de 20 cm.	P25L290	2.90		
	P25L310	3.10		
	P25L330	3.30	0.45	
	P25L350	3.50	0.45	
	P25L370	3.70	0.45	
	P25L390	3.90	0.45	
	P25L410	4.10	0.45	
	P25L430	4.30	0.35	
	P25L450	4.50	0.30	
	P25L470	4.70	0.25	
	P25L490	4.90	0.20	0.45
	P25L510	5.10	0.15	0.45
	P25L530	5.30	0.14	0.45
P25L550	5.50	0.12	0.45	
P25L570	5.70	0.09	0.45	

Fuente: Monolit. Manual informativo. Pág. 10

Figura 39. Detalles de losa (Monolit)



Fuente: Monolit. Manual informativo. Pág. 3

2.2 Vigueta y molde

Éste es un sistema combinado de viguetas pretensados y molde LK que sirve para fundir entrepisos o techos de edificaciones.

El molde consiste en una formaleta metálica autosoportante que reemplaza el espacio de las bovedillas en el sistema de vigueta-bovedilla. El elemento integrador en una fundición IN SITU de un “*topping*” de 5 a 7 cm.

2.2.1 Características

Las viguetas son pretensazas con concreto de 6000 libras, con lo que se garantiza su calidad. Es la losa más liviana del mercado y posee gran capacidad de carga. Su peso propio es aproximadamente un 30 % menor al sistema de vigueta y bovedilla y hasta un 50 % a las losas tradicionales; esto reduce adicionalmente las cargas sísmicas a la estructura.

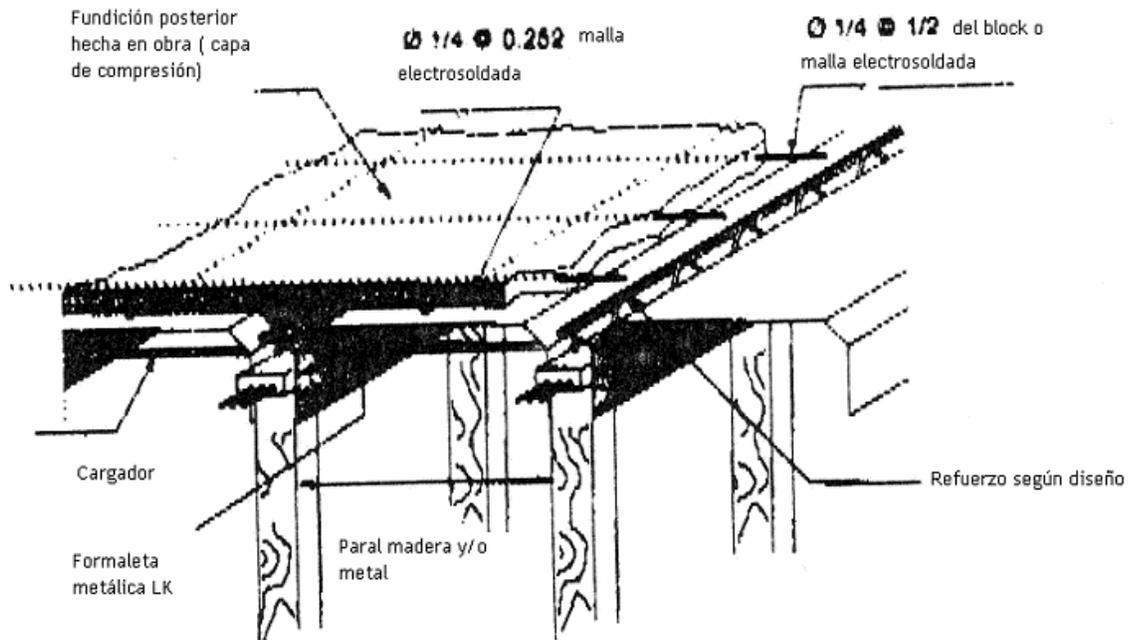
2.2.2 Instalación y montaje

Por ser molde autoportante solamente se necesita apuntalar las viguetas. En edificios de altura el molde se acarrea de nivel a nivel y no desde el nivel de tierra como las bovedillas.

Por ser elementos prefabricados el molde metálico es recuperable, por lo que se minimiza el desperdicio de madera.

El sistema de vigueta y molde se aplica a cualquier entrepiso o techo donde el acabado de la losa por debajo pueda quedar nervurado o donde se utilice cielo falso. Para las viviendas en serie resulta la losa más económica del mercado. Su rango de aplicación es muy amplio pues puede ser usada en luces de hasta 13 metros y con cargas tan elevadas como las de puentes. (Ver fig. 40)

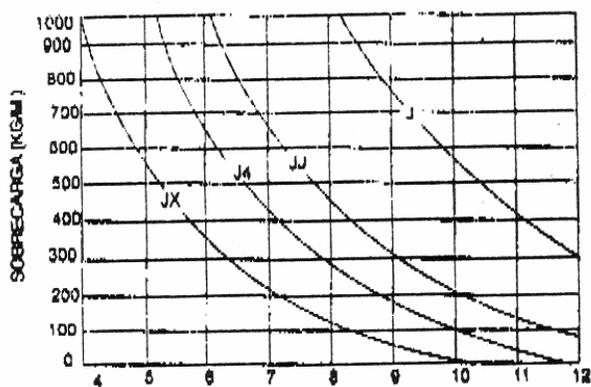
Figura 40. Losa con molde LK y vigueta



Fuente: Precon

En la tabla V se muestran los rangos de uso de vigueta con molde LK.

Tabla V. Rangos de uso de vigueta con molde LK



Fuente: PreCon

2.3 Planchas Prefabricadas

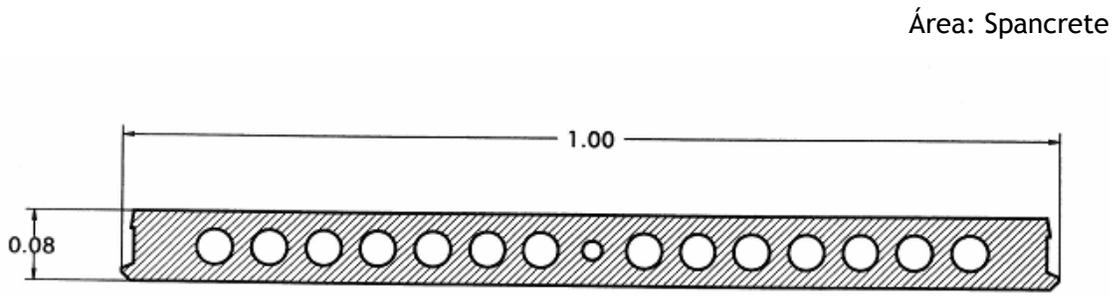
Dentro de las planchas prefabricadas para losas, la más conocida y usada en el medio es la Spancrete de Copreca. Consiste en planchas de concreto prefabricadas y tensadas, se fabrican por proceso de extrusión en largo de 135 metros y 1 metro de ancho, con peraltes de 3", 4", 8" y 10". Posteriormente se cortan al largo deseado puede obtenerse luces hasta de 17 metros.

Las planchas Spancrete tienen cavidades longitudinales, las cuales reducen el peso muerto de la losa de un 30 a 40 % y éstas pueden ser usadas para alojar ductos y tubería de diversos tipos.

El fino acabado del material permite dejarlo expuesto en ambas caras o puede recubrirse si se desea. El fabricante ofrece diferentes medidas de grosor y largo del producto según sea el requerimiento de diseño estructural. El Spancrete está diseñado de tal manera que puede soportar una mayor carga viva, distribuye el peso en forma uniforme.

A continuación se presentan las tablas y gráficas para diferentes luces y cargas requeridas para los diferentes peraltes.

Figura 41. Tabla de cargas Spancrete de 3" sin recubrimiento



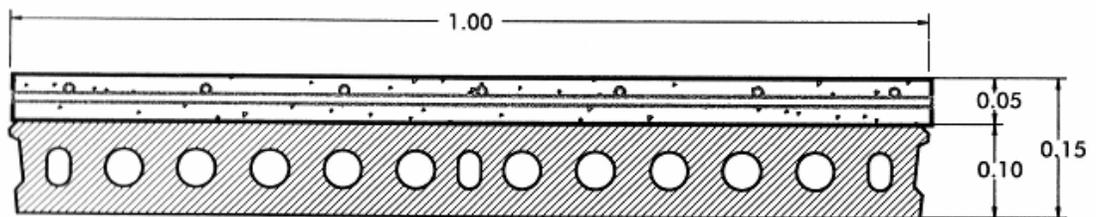
Fuente: Copreca

Tabla IV. Tabla de cargas Spancrete de 3" sin recubrimiento

Luz en metros										
	1.22	1.52	1.82	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.65	3.95
3404	1737	1083	727	512	376	278	210	161		
3406	2298	1444	976	698	512	390	303	234	185	146

Figura 42. Tabla de cargas Spancrete de 4",5 cms con recubrimiento

Área Spancrete



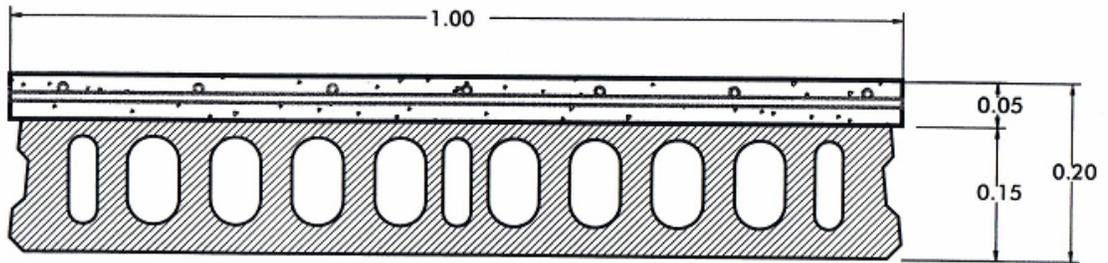
Fuente: Copreca

Tabla VII. Tabla de cargas Spancrete de 4", 5 cm con recubrimiento

		Luz en metros															
	Mu.kg-m	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.55	4.88	5.18	5.49	5.79	6.10
404 T	1731		2074	1464	1064	795	600	459	342	210							
406 T	2307			2006	1484	1122	869	678	508	351	229						
407 T	2834				1893	1449	1127	893	673	493	351	234					
408 T	3373				2294	1762	1386	1103	839	634	473	342	234				
410 T	4408					2372	1879	1498	1171	917	712	551	420	307	215		
412 T	5215						2264	1810	1435	1142	908	722	566	439	337	244	166

Figura 43. Tabla de cargas Spancrete de 6 " 5 con recubrimiento

Área: Spancrete



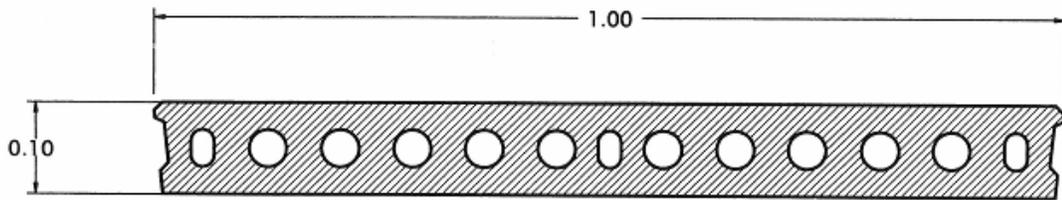
Fuente: Copreca

Tabla VIII. Tabla de cargas Spancrete de 6 ", 5 cm con recubrimiento

		Luz en metros																					
	Mu.kg-m	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.55	4.88	5.18	5.49	5.79	6.10	6.40	6.71	7.01	7.32	7.62	7.92	
404	1728	2118	1505	1113	839	644	503	390	303	239													
406	2294		2035	1513	1157	903	712	571	459	371	298	234	190										
407	2835			1932	1488	1171	937	756	620	508	415	342	283	234	190								
408	3371			2328	1801	1425	1147	932	771	634	527	439	371	312	254	220	181						
410	4399					1928	1562	1283	1064	893	756	639	542	464	390	332	278	234	195				
412	5210						1864	1532	1274	1064	898	766	649	561	478	410	351	303	259	220	185		
414	5997							2152	1776	1479	1244	1054	903	776	664	576	498	429	376	322	278	239	205

Figura 44. Tabla de cargas Spancrete de 4 " sin recubrimiento

Área: Spancrete



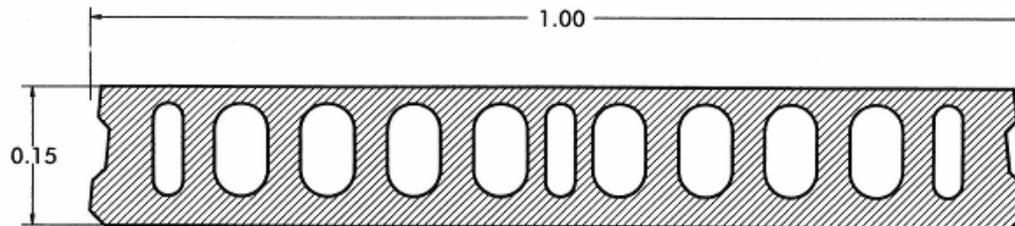
Fuente: Copreca

Tabla IX. Tabla de cargas Spancrete de 4 " sin recubrimiento

		Luz en metros															
	Mu.kg-m	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.55	4.88	5.18	5.49	5.79	6.10
404	1042	1859	1249	883	649	488	366	283	220								
406	1373		1684	1205	893	678	527	415	327	259	205						
407	1677		2108	1513	1127	864	678	537	429	346	283	229	190				
408	1989			1810	1357	1049	825	659	532	434	356	293	239				
410	2570			2357	1771	1366	1078	864	703	576	478	395	327	273	229	190	
412	3006				2069	1601	1269	1025	834	688	576	483	405	342	288	244	205

Figura 45. Tabla de cargas Spancrete de 6 " sin recubrimiento

Área: Spancrete



Fuente: Copreca

Tabla X. Tabla de cargas Spancrete de 6 " sin recubrimiento

	Luz en metros																					
	Mu.kg-m	1.83	2.13	2.44	2.74	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.55	4.88	5.18	5.49	5.79	6.10	6.40	6.71	7.01	7.32	7.62	
404 T	2421		2084	1532	1152	878	678	522	405	307	234											
406 T	3222			2108	1610	1249	986	781	625	498	400	317	239									
407 T	3983				2069	1625	1293	1044	844	688	561	464	366	264								
408 T	4753					1991	1596	1298	1064	878	727	605	488	371	268	185						
410 T	6224						2181	1781	1474	1235	1039	878	712	566	449	351	264	190				
412 T	7413							2176	1806	1523	1288	1093	898	742	600	488	386	303	224			
414 T	8563								2133	1801	1532	1313	1098	917	766	634	420	378	337	259	195	

2.4 Otros

Además de los sistemas estructurales de losas de techo mencionados anteriormente, existen en el mercado algunos otros, los cuales se describen a continuación:

2.4.1 Losas prefabricada simples T (Copreca)

Son piezas estructurales de concreto preesforzado prefabricado, fabricadas en tres peraltes nominales diferentes. La fundición de la losa simple T se realiza en moldes metálicos de 100 metros de longitud, haciéndose la transferencia de preesfuerzo una vez que el concreto ha alcanzado su resistencia mínima específica.

El diseño de la losa simple tee cumple con las normas ACI y fue elaborado con el fin de obtener un elemento estructural con el máximo aprovechamiento de compresión de su losa, que permite una alta capacidad de carga en grandes luces.

2.4.2 Losas prefabricadas doble T (Copreca)

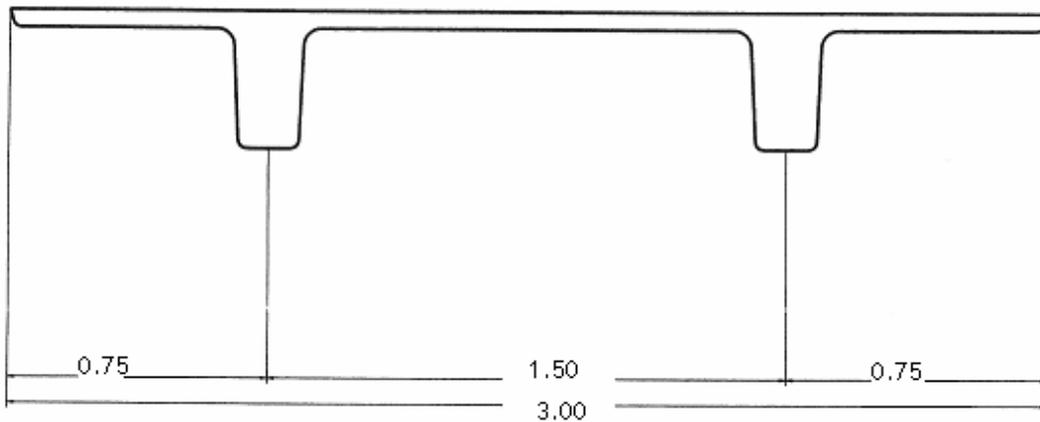
Son elementos estructurales prefabricados, pretensados en moldes metálicos, diseñados bajo un estricto control de calidad.

La pieza consta de nervios separados a 0.75 metros que trabajan conjuntamente con una fundición de 5 cm, obteniéndose un ancho estándar por pieza de 1.50 metros y que presenta en dos peraltes diferentes de 0.30 y 0.50 metros dependiendo de la luz.

Por sus características geométricas, la losa doble tee permite alcanzar luces de hasta 18 metros, voladizos de 4 metros y a la vez, vistosos detalles arquitectónicos.

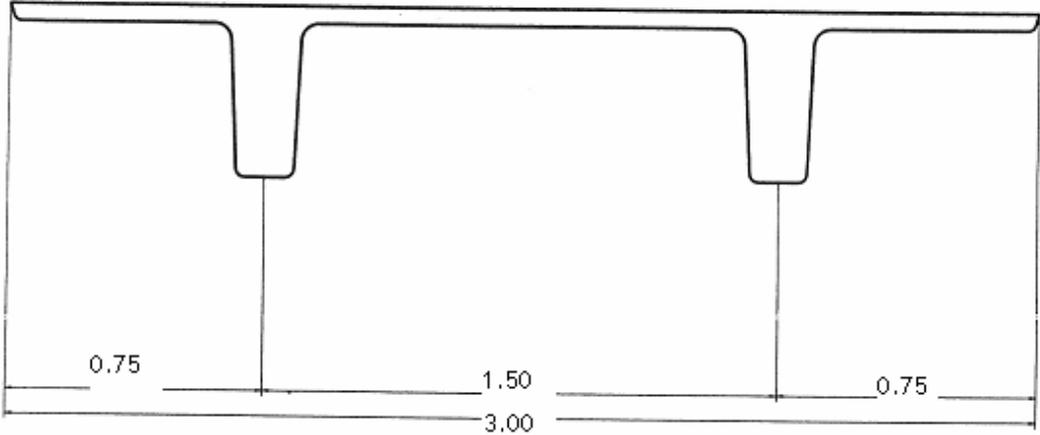
Su aplicación es muy versátil, ya que puede utilizarse en entrepisos normales o en losas especiales con cargas fuertes.

Figura 46. Doble T 40-300



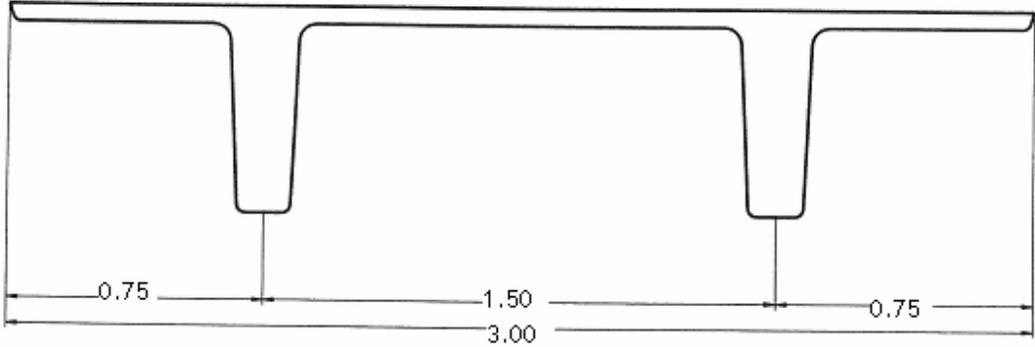
Fuente: Copreca

Figura 47. Doble T 50-300



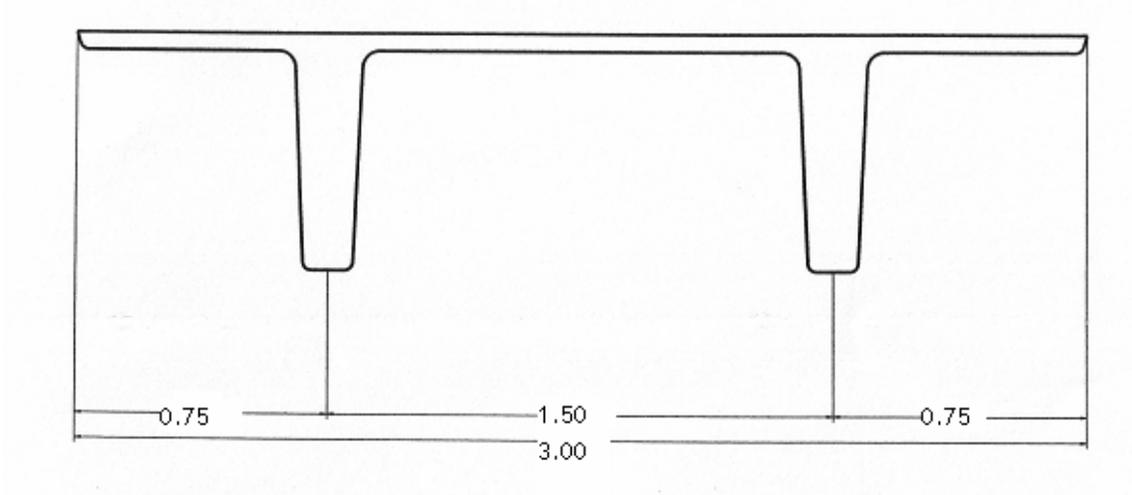
Fuente: Copreca

Figura 48. Doble T 60-300



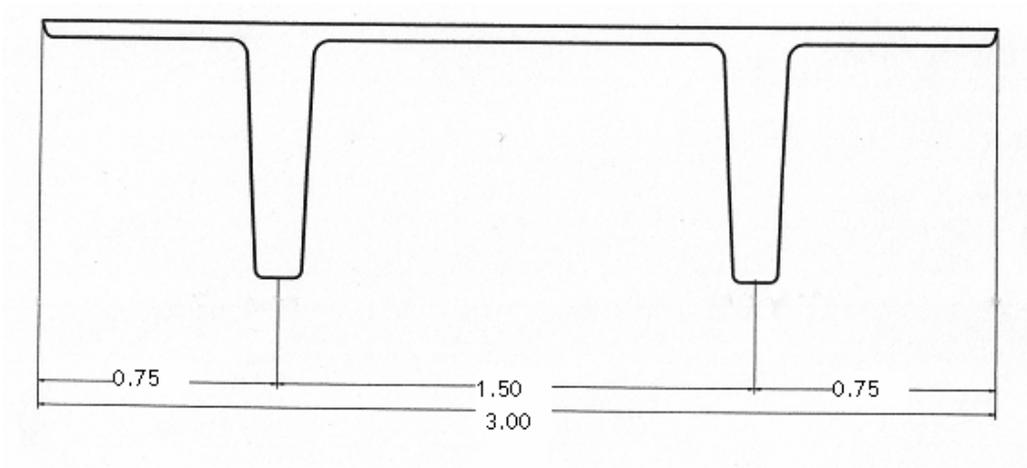
Fuente: Copreca

Figura 49. Doble T 70-300



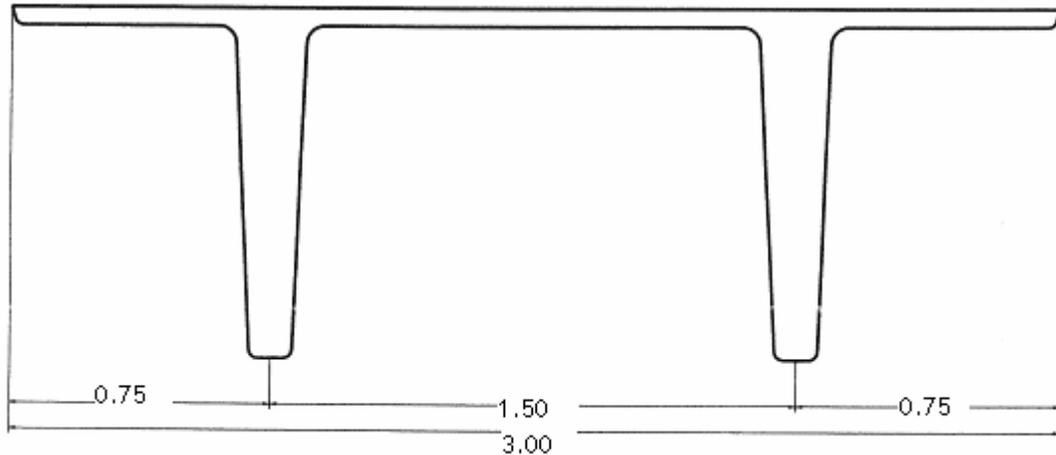
Fuente: Copreca

Figura 50. Doble T 80-300



Fuente: Copreca

Figura 51. Doble T 100-300



Fuente: Copreca

2.4.3 Losas postensadas

Las losas postensadas de concreto se han convertido en el sistema más importante en la construcción de entrepisos para edificios residenciales, comerciales y de otro tipo.

La razón más importante para el uso de losas postensadas fue el desarrollo y difusión de las técnicas de preesfuerzo, las cuales simplifican en gran medida el diseño y el análisis de los lineamientos indeterminados de los componentes del postensado. Estas técnicas de cargas balanceadas visualizan el postensado de tendones como uno sistema de cargas actuando en el concreto, tal como lo hacen las cargas vivas y muertas.

La losa postensada permite tener mayores claros entre columnas, así como un menor número de ellas, traduciéndose esto en mayor libertad en las modulaciones de los espacios, lo que puede significar mayores áreas de estacionamiento, oficinas, etc.

También permite tener una losa plana de sección menor que da como resultado una estructura más limpia y estética.

La losa postensada permite tener una estructura de menor peso y dimensiones dando como resultado menor altura del edificio y menor profundidad de excavación. Esto se traduce en una cimentación más simple debido a que el peso y las solicitaciones sísmicas son menores. Se elimina el uso de vigas o trabes, facilitándose así la instalación de sistemas y equipos, tomándose las solicitaciones transversales con muros de cortante (cubos de elevadores, escaleras, muros y/o faldones perimetrales, etc.).

La losa postensada es plana, con una cantidad pequeña de acero de refuerzo, lo que se traduce en un ahorro directo de materiales y además en un incremento importante en la velocidad de construcción.

Por la simplicidad del armado del acero de refuerzo y la rapidez en la instalación de acero de preesfuerzo, el sistema permite lograr ciclos de colado de siete días.

Por lo sencillo y rápido del procedimiento de tensado que se realiza al alcanzar el concreto el 80 % de su resistencia, permite la desocupación del equipo de cimbrado a las 72 horas de haber colado el concreto una vez realizado el postensado.

El proceso de cimbrado y descimbrado es muy simple y se realiza con más rapidez; así mismo, la cantidad de cimbra a usarse es menor. Al disminuir el uso de mano de obra en todas estas partidas, se produce un ahorro directo en el costo de la obra y en los gastos indirectos que adicionalmente se originan.

2.4.4 Losas fundidas IN SITU con formaleta metálica

Este sistema es uno de los más usados para el desarrollo de proyectos de viviendas en serie, sobre todo cuando los muros son construidos con formaletas metálicas. Es así como para un tipo de vivienda se adquiere uno o más juegos de formaletas para muros e igual número para losas.

El diseño estructural se debe hacer tomando en cuentas las normas ACI, y varía según las dimensiones, cargas y características de cada diseño en particular.

2.4.5 Descripción del montaje de formaletas de losas:

Una vez terminado el ensamble de los paneles de los muros, se coloca el sistema de formaletas de losas. Para ello existe el esquinero de losa que consiste en un perfil conector con dos formas, ángulo recto y perfil de cornisa.

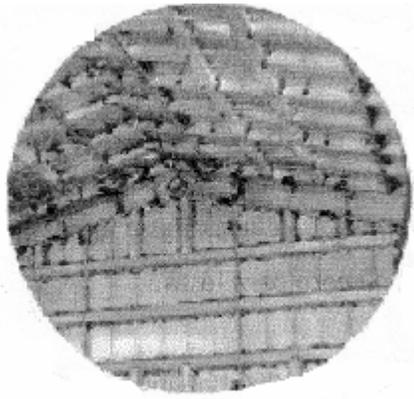
2.4.6 Secuencia de instalación

Se coloca el esquinero de losa y se asegura a la formaleta de muro por medio de un pin-grapa.

Según la modulación del plano, se colocan las formaletas de losa y se asegura el esquinero de losa con un pin-grapa.

Se continúa uniendo las formaletas entre sí, utilizando uno pasador corto y asegurándolo con una cuña. (Ver Fig. 52)

Figura 52. Secuencia de instalación



Fuente: Forsa. Manual informativo. Pág. 18

Se colocan las vigas I en donde lo indica la modulación del plano y se aseguran a la formaleta de losa con un pin-grapa. (Ver Fig. 53)

Figura 53. Secuencia de instalación



Fuente: Proyecto habitacional Fuentes del Valle

Se ubica el puntal nivelador en donde la modulación del plano lo indique.
(Ver fig. 54)

Figura 54. Secuencia de instalación



Fuente: Proyecto habitacional Fuentes del Valle

Se fijan los bordes de losa a la formaleta del muro exterior con un pin-grapa, se garantiza así el espesor de la losa. (Ver fig. 55)

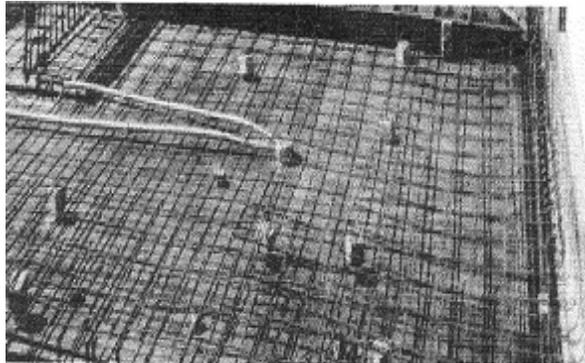
Figura 55. Secuencia de instalación



Fuente: Forsa. Manual informativo. Pág. 19

Terminada la instalación de la formaleta de losa, se procede a la instalación de las mallas inferiores de refuerzo de ésta y toda la tubería y accesorios hidráulicos y sanitarios correspondientes a ella. Posteriormente se instalan las mallas del refuerzo superior para que las tuberías queden en medio de las dos mallas, y así evitar las fisuras. (Ver fig. 56)

Figura 56. Secuencia de instalación



Fuente: C. V. Proyectos S.A Proyecto habitacional Prado Alto

Finalmente, se debe revisar la posición de tacos, separadores de malla y traslapes y amarres de la misma.

Para desencofrar se debe tener en cuenta lo siguiente:

Se debe iniciar a desencofrar las formaletas de losa por un extremo de la vivienda, retirando las cuñas y pines-grapa y desencofrando una por una las formaletas.

Para desencofrar los perfiles I, se debe bajar la chapa del puntal nivelador sin mover el *tricket*.

Este sistema permite dejar apuntalada la losa y la reutilización casi inmediata de la formaleta de losa. (Ver fig. 57)

Figura 57. Secuencia de instalación



Fuente: Forsa S.A. Manual informativo. Pág.24

Recomendaciones para el refuerzo de la losa

El área de refuerzo en cada dirección para sistemas de losas en dos direcciones se determinará a partir de los momentos en las secciones críticas, pero deberá ser mayor el área de refuerzo mínimo del código ACI.

El espaciamiento del refuerzo en las secciones críticas no debe exceder dos veces el peralte de la losa, exceptuando aquellas porciones de la superficie de la losa que sean nervadas.

El refuerzo por momento positivo perpendicular a un borde discontinuo debe prolongarse hasta el borde de la losa y tener una longitud de anclaje recta o en gancho, de por lo menos 15 cm en las vigas perimetrales, los muros o las columnas.

El refuerzo por momento negativo perpendicular a uno borde discontinuo debe doblarse, formar ganchos o anclarse en otra forma en las vigas perimetrales, muros o columnas, ara que desarrolle su tensión en la cara del apoyo.

Cuando la losa no esté apoyada en una viga perimetral o muro en un borde discontinuo, o cuando la losa se proyecte en voladizo más allá del apoyo, el anclaje del refuerzo puede hacerse dentro de la losa.

En las losas con vigas entre los apoyos que tengan un valor de α mayor de 1.0, debe proporcionarse refuerzo especial en las esquinas exteriores, tanto en la parte inferior como en la superior de la losa de acuerdo a:

- El refuerzo especial tanto en la parte superior como en la parte inferior de la losa deberá ser suficiente para resistir un momento igual al momento positivo máximo (por metro de ancho) de la losa.
- La dirección del momento debe suponerse en la parte superior de la losa, paralela a la diagonal que parte de la esquina, y perpendicular a la diagonal en la parte inferior de la losa.
- El refuerzo especial debe colocarse a partir de la esquina a una distancia en cada dirección igual a $1/5$ de la longitud del claro más grande.

- Tanto en la parte superior como en la inferior de la losa, el refuerzo especial puede colocarse paralelamente a la dirección del momento o en dos direcciones paralelas a los lados de la losa.
- Cuando se emplee un ábaco para reducir la cantidad de refuerzo por momento negativo sobre la columna de una losa plana, el tamaño del ábaco debe estar de acuerdo con:

El ábaco debe extenderse en cada dirección a partir del eje de apoyo a una distancia no menor de $1/6$ de la longitud del claro, la medida debe hacerse centro a centro de los apoyos en esa dirección.

La proyección del ábaco por debajo de la losa debe ser por lo menos $1/4$ del peralte de la losa.

Para calcular el refuerzo requerido para la losa, el peralte del ábaco bajo la losa no debe considerarse mayor de $1/4$ de la distancia del extremo del ábaco del borde la columna.

- Para losas sin vigas:

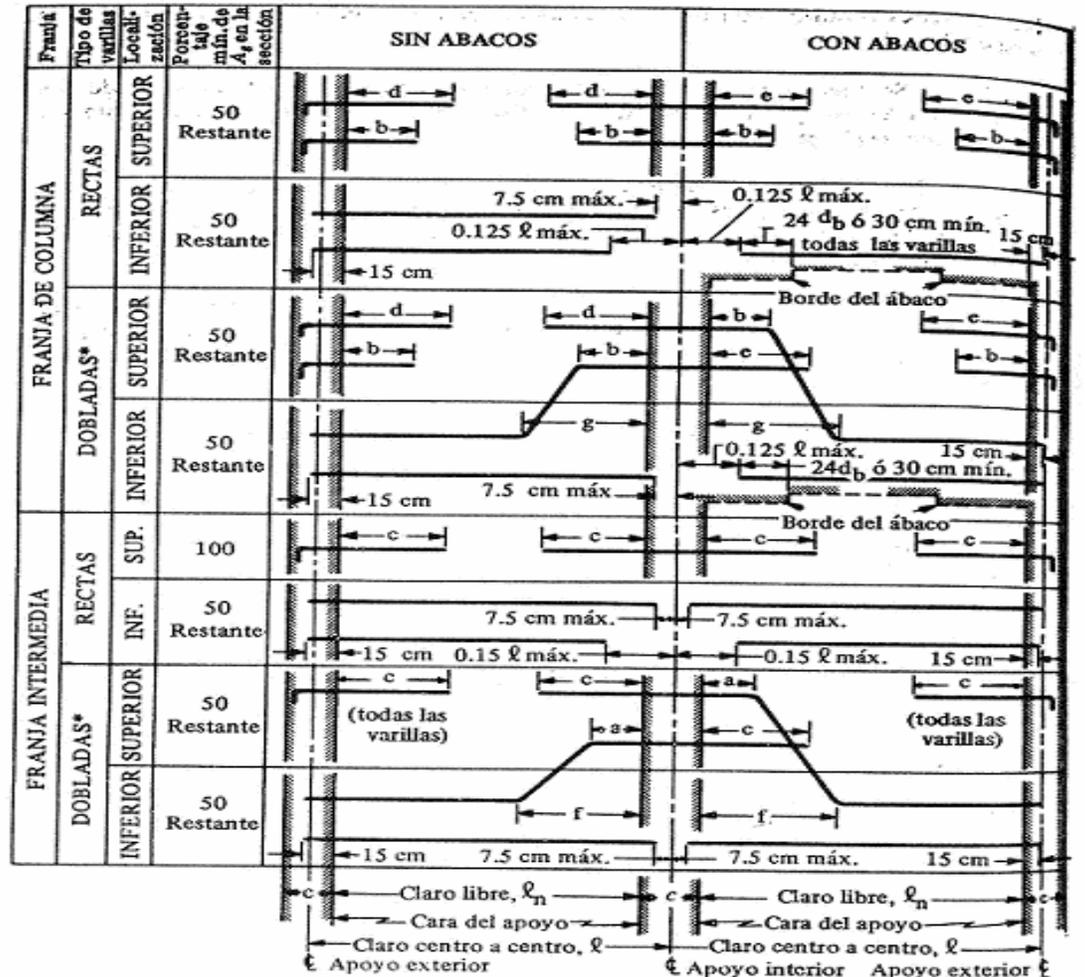
El refuerzo en las losas sin vigas debe cumplir con los requisitos mínimos de dobléz y prolongación del refuerzo que se muestran en la figura 58.

Cuando los claros adyacentes no sean iguales, la prolongación del refuerzo negativo más allá de la cara del apoyo, debe basarse en los requisitos del claro mayor.

Las varillas dobladas pueden utilizarse sólo cuando la relación claro/peralte permita e uso de dobleces de 45° o menos.

Figura 58. Requisitos mínimos de doblez del refuerzo en losas sin vigas

REGLAMENTO ACI 318-83



(No hay continuidad en la losa) (Existe continuidad) (No hay continuidad en la losa)

*Si se efectúa un análisis general se pueden usar varillas dobladas en los apoyos exteriores

REFERENCIA	Long. de la varilla desde la cara del apoyo						
	LONGITUD MÍNIMA			LONG. MÁXIMA			
LONG.	a	b	c	d	e	f	g
	$0.14 \ell_n$	$0.20 \ell_n$	$0.22 \ell_n$	$0.30 \ell_n$	$0.33 \ell_n$	$0.20 \ell_n$	$0.24 \ell_n$

Fuente: Reglamento ACI 318-83

- Aberturas en los sistemas de Losas:

Se puede dejar aberturas de cualquier tamaño en los sistemas de losas si se demuestra por medio del análisis que la resistencia de diseño es por lo menos igual a la requerida.

En los sistemas de losas sin vigas se pueden dejar aberturas que cumplan con los siguientes requisitos:

Aberturas de cualquier tamaño en la zona común de dos franjas intermedias que se intersecten, siempre que se mantenga la cantidad total de refuerzo requerido sin abertura.

La zona común de dos franjas de columna que se intersectan no debe interrumpirse con aberturas de más de $1/8$ del ancho de la franja de columna en cualquier claro.

La zona común de una franja de columna y una franja intermedia no debe interrumpirse por las aberturas más de $1/4$ del refuerzo en cada franja. El equivalente del refuerzo interrumpido por una abertura debe añadirse en los lados de ésta.

3. PROGRAMACIÓN

La programación en la ejecución de un proyecto habitacional es la base para desarrollar con éxito un buen trabajo, bajo las condiciones originalmente planeadas.

Hablar de programación en un proyecto de vivienda involucra a todas y cada una de las actividades que intervienen en el desarrollo del mismo, por lo que el alcance del presente trabajo se orienta específicamente a la programación de las actividades que intervienen directamente en la construcción de las viviendas.

3.1 Programación de actividades

Aquí se incluyen todas las actividades directas que son necesarias para la construcción de las viviendas. Generalmente se escogen módulos de ejecución de 2, 4, 6, 10 viviendas según sea el número total de viviendas del proyecto y la proyección que se tiene para la ejecución del mismo.

Por lo general, la producción de viviendas está limitada por los programas financieros y los de ventas, que darán a pauta del flujo de capital del que se puede disponer para el desarrollo del proyecto.

Vale la pena resaltar que en los diferentes proyectos que están ejecutándose este año, en los mismos se ejecutan simultáneamente el desarrollo de la urbanización y el desarrollo de la construcción de viviendas.

De acuerdo a los sistemas descritos en los capítulos 1 y 2 de muros y losas, se presentan dos alternativas y combinaciones que se pueden considerar para la construcción de un proyecto:

3.1.1 Muros prefabricados Sistema Tilt-up / Losa de vigueta y bovedilla (Proyecto habitacional Prado Alto, C.V. Proyectos S.A.)

Actividad	Duración en días
1. Trazo y nivelación de plataformas	2
2. Cimentación	
2.1 Excavación y nivelación de zanja	2
2.2 Armadura	
2.2.1 Hechura de armadura	4
2.2.2 Centrado y colocación de armadura de CC y de losa de piso	1
2.2.3 Colocación de pines	1
2.3 Colocación de tubería de drenaje pluvial y sanitario	1
2.4 Colocación de tubería o manguera de electricidad	1
2.5 Colocación de tubería de agua potable	1
2.6 Colocación de arrastres	1

2.7	Fundición de cimiento corrido y losa de pisos	1
2.8	Curado de losa de piso	14
3. Muros		
3.1	Montaje de muros	1
3.2	Plomeado y alineado de muros	1
3.3	Fundición de CISA de cimiento corrido	1
3.4	Fundición de columnas o nudos y bajadas de agua pluvial	1
4. Losa		
4.1	Entarimado	3
4.2	Colocación de viguetas y llenado con bovedilla	3
4.3	Hechura de la armadura	5
4.3.1	Colocación de rigidizantes	1
4.3.2	Colocación de solera de corona sobre muros prefabricados	2
4.3.3	Colocación de bastones en viguetas	1
4.4.4	Colocación de malla de refuerzo	1
4.4.5	Colocación de arrastre con varilla de ½ “	1
4.4	Faldoneado	1
4.5	Colocación de tubería, cajas y bajadas de electricidad	2
4.6	Fundición de losa	1
4.7	Curado de losa	14
4.8	Desentarimado	7

5. Acabados

5.1	Alambrado eléctrico y emplacado, colocación de tablero	2
5.2	Cernido grueso en cielo (forjado de cielo)	2
5.3	Colocación de piso cerámico y azulejos en baños y cocina	4
5.4	Colocación de marcos de puerta	1
5.5	Colocación de ventanería	2
5.6	Texturizado en cielo y paredes	3
5.7	Colocación de hojas de puertas	1
5.8	Colocación de artefactos sanitarios y lavatrastos	1

6. Otros

6.1	Colocación de pila y reposaderas	1
6.2	Fundición de poste para contador	2
6.3	Engramillado	2
6.4	Colocación de malla de cerco	1

3.1.2 Muros fundidos IN SITU con formaletas metálicas / losa fundida IN SITU con formaleta metálica

Actividad	Duración en días
-----------	------------------

1. Trazo y nivelación de plataforma	2
2. Cimentación	
2.1 Excavación y nivelación de zanja	

2.2	Armadura	
2.2.1	Hechura de armadura	4
2.2.2	Centrado de armadura	1
2.2.3	Colocación de pines y mallas	1
2.3	Colocación de tubería y drenajes	1
2.4	Colocación de tubería o manguera de electricidad	1
2.5	Colocación de tubería de agua potable	1
2.6	Colocación de arrastres	1
2.7	Colocación de CC y losa de piso	1
2.8	Curado losa de piso	14
3. Muros		
3.1	Colocación de armadura	2
3.1.1	Colocación de varillas de refuerzo vertical	
3.1.2	Colocación de malla electrosoldada de refuerzo	
3.1.3	Colocación de varillas de refuerzo horizontal	
3.2	Colocación de tubería eléctrica	1
3.3	Colocación de tubería de agua potable	1
3.4	Colocación de separadores de formaleta	1
3.5	Colocación de formaletas de muros	1
3.6	Fundición de muros	1
3.7	Quitar formaleta de muros	1
3.8	Resanar muros	2
4. Losa		
4.1	Entarimado o colocación de formaleta de losa	1

4.2	Colocación de armadura	2
4.2.1	Solera de corona sobre muros	
4.2.2	Malla de refuerzo inferior	
4.2.3	Malla de refuerzo superior	
4.2.4	Arrastres	
4.3	Colocación de tubería, cajas y bajadas de electricidad	1
4.4	Fundición de losa	1
4.5	Curado de losa	14
4.6	Quitar formaleta de losa	1
4.7	Quitar puntales	1
4.8	Cernido de losa	1
5. Acabados		
5.1	Alambrado eléctrico y emplacado, colocación de tablero	2
5.2	Cernido grueso en cielo (forjado de cielo)	2
5.3	Colocación de piso cerámico y azulejos en baños y cocina	4
5.4	Colocación de marcos de puerta	1
5.5	Colocación de ventanería	2
5.6	Texturizado en cielo y paredes	3
5.7	Colocación de hojas de puertas	1
5.8	Colocación de artefactos sanitarios y lavatrastos	1
6. Otros		
6.1	Colocación de pila y reposaderas	1
6.2	Fundición de poste para contador	2

6.3	Engramillado	2
6.4	Colocación de malla de cerco	1

A continuación se muestra el diagrama de flechas para la construcción de una y cinco viviendas.

Figura 59. Diagrama de flechas para una vivienda

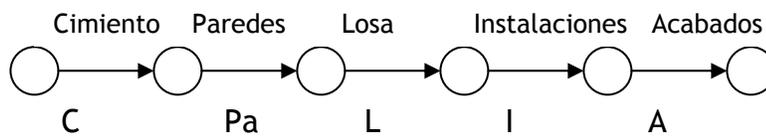
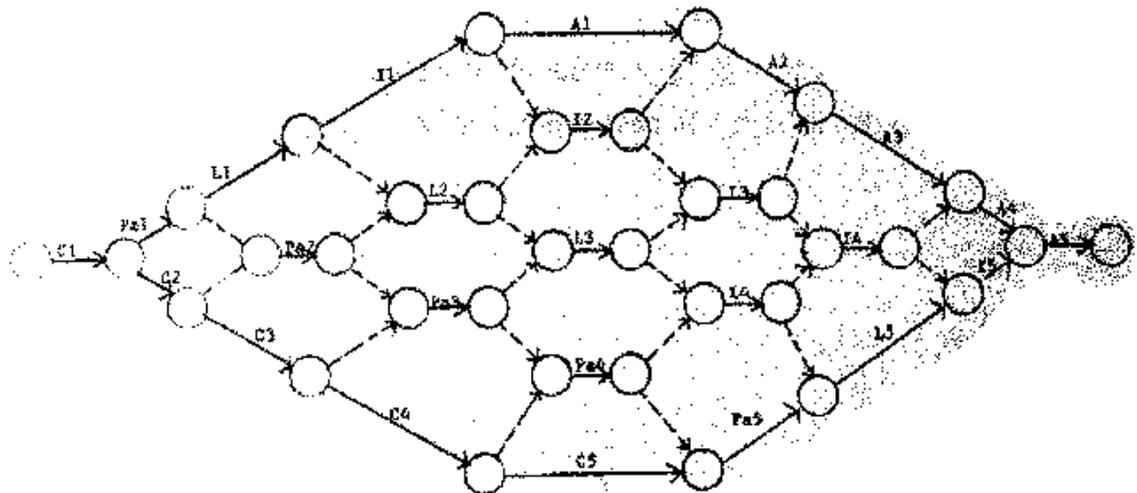


Figura 60. Diagrama de flechas para cinco viviendas



Como se puede observar, la visualización para más de una vivienda se vuelve complicada de leer, por lo que se optó por los diagramas de barras por la facilidad de visualización.

3.2 Ruta Crítica

Como se puede observar en la tabla XI la ruta crítica tiene una duración de 55 días y en la tabla XII tiene una duración de 56 días.

Para disminuir el período de ejecución en ambas alternativas lo que se hace en la práctica es que se adelanta la construcción de cimentación para que el período se reduzca en 21 días en ambos procesos; es decir, todas las actividades que abarcan el inciso 1 y 2.

Esto se puede lograr con uno o dos grupos de trabajo según sea el tamaño del proyecto. Para ejecutar más de un módulo de viviendas, se necesitará de igual número de grupos de trabajo o líneas de producción.

CONCLUSIONES

1. Es importante señalar la similitud que existe en la cimentación entre los sistemas de muros Tilt-up y de formaletas.
2. Las limitaciones de uso para muros Tilt-up pueden ser por el acceso de la grúa de montaje y que su uso, básicamente, está restringido a viviendas de un nivel.
3. En el sistema para muros Tilt-up se debe tener un especial cuidado en el tratamiento de juntas.
4. El sistema para formaletas de muros y techos permite fabricar ambos IN SITU lo que puede representar una marcada diferencia en tiempo y costo.
5. Tanto los elementos prefabricados como los fabricados IN SITU deben cumplir con las normas de diseño dadas por el Código ACI.
6. La gran variedad de sistemas de losas prefabricadas en el medio, permite escoger la más adecuada en función de su uso y a las luces que se tengan que cubrir.
7. La programación de actividades y la ejecución de las mismas dependerán, por sobre todo, del criterio del profesional a cargo del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Para el montaje de muros del sistema Tilt-up se debe tener preparado y expedito el paso de la grúa, para evitar pérdidas de tiempo.
2. Se debe revisar que la nomenclatura de las planchas concuerde con la nomenclatura que se tenga de ellas en el plano respectivo.
3. Para el tratamiento de juntas se puede escoger desde sellarlas directamente con un sellador de juntas hasta aplicarles malla o tela a lo largo de las mismas y cubrirlas posteriormente con el acabado final.
4. Para los sistemas de formaletas se debe poner mucho énfasis en el cuidado al manipularlas, así también la adecuada colocación de separadores, plomos, etc., para garantizar la uniformidad posterior a la fundición de las mismas.
5. Los controles de calidad a que se deben de someter las mezclas de fundición deben ser parte de una rutina diaria y los estándares los más exigentes de acuerdo a especificaciones, para evitar reparaciones o daños irreversibles en las viviendas.
6. Para el tratamiento de las líneas que aparecen entre las viguetas y las bovedillas en los sistemas de techos es necesario aplicar un cernido preliminar a base de cemento y arena de río antes del acabado final y colocar vigas rigidizantes perpendiculares separadas a 1.50 m máximo.
7. El criterio para desencofrar cada sistema de losas de techo dependerá del conocimiento que se tenga de cada uno de ellos, ya sea de elementos

prefabricados y/o preesforzados, o bien, fundidos IN SITU en los cuales no se remueve el apuntalamiento.

8. Para optimizar los períodos de tiempo de cada actividad en la ejecución de un programa de ejecución de un proyecto habitacional se recomienda trabajar mediante metas e incentivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.C.I 318 - 83. Reglamento de las construcciones de concreto reforzado y comentarios. 2da. ed. México : Noriega Editores. 1983.
2. Centro de Investigaciones de Ingeniería . Informe Técnico No. E-44-96 Especificaciones técnicas del sistema constructivo CAPRECO, para construcción de viviendas. Octubre 1996.
3. Copreca. Manual Informativo. 50pp.
4. Figueroa Larraondo, Roberto. Diseño de muros de corte de concreto reforzado. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1974. 90pp.
5. Forsa. Manual Informativo. 32pp.
6. Monolit. Manual Informativo. Guatemala. 11pp.
7. Castellanos González, Oscar. Método de planificación, programación y control de proyectos habitacionales construidos en serie. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987. 122pp.

ANEXOS

Tabla XIII. Tabla de conversión

TABLA DE CONVERSIÓN										SUSTITUYE A LOS REFUERZOS TRADICIONALES			
NOMENCLATURA		DIAMETRO		ÁREA DE VARILLA		PESO		TIPO DE VARILLA	Fuerza de tensión (kg/cm ²)		Fuerza de tensión (kg/cm ²)		
CÓDIGO	CALIBRE	mm	gls	cm ²	kg/m	liba	cm ²		REFUERZO	A _s (cm ²)	REFUERZO	A _s (cm ²)	
6" x 6"	10/10	3.43	0.135	0.092	0.56	13.87	0.616	LISA	No. 2 @ 40	0.731	No. 2 @ 30	1.100	
6" x 6"	9/9	3.50	0.150	0.113	1.20	16.91	0.756	CORR.	No. 2 @ 35	0.980	No. 2 @ 30	1.350	
6" x 6"	8/8	4.11	0.162	0.133	1.40	19.78	0.884	LISA	No. 2 @ 30	1.052	No. 2 @ 20 ó No. 3 @ 45	1.519	
6" x 6"	7/7	4.50	0.177	0.159	1.65	23.75	1.069	CORR.	No. 2 @ 25	1.262	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 35	1.895	
6" x 6"	6/6	4.88	0.192	0.187	1.90	27.93	1.247	LISA	No. 2 @ 21 ó No. 3 @ 48	1.489	No. 2 @ 14 ó No. 3 @ 32	2.227	
6" x 6"	4.5/4.5	5.00	0.217	0.238	2.52	35.53	1.584	CORR.	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 38	1.888	No. 2 @ 15 ó No. 4 @ 45	2.829	
6" x 6"	4/4	5.72	0.235	0.257	2.72	38.38	1.713	LISA	No. 2 @ 16 ó No. 3 @ 35	2.008	No. 2 @ 14 ó No. 4 @ 41	3.099	
6" x 6"	3/3	6.20	0.244	0.302	3.19	45.03	2.013	CORR.	No. 2 @ 12 ó No. 3 @ 30	2.398	No. 2 @ 10 ó No. 4 @ 35	3.986	
6" x 6"	2/2	6.65	0.262	0.347	3.68	51.87	2.315	LISA	No. 2 @ 12 ó No. 3 @ 30	2.758	No. 2 @ 11 ó No. 4 @ 31	4.194	

CORR. = CORRUGADA

Figura 61. Electromalla

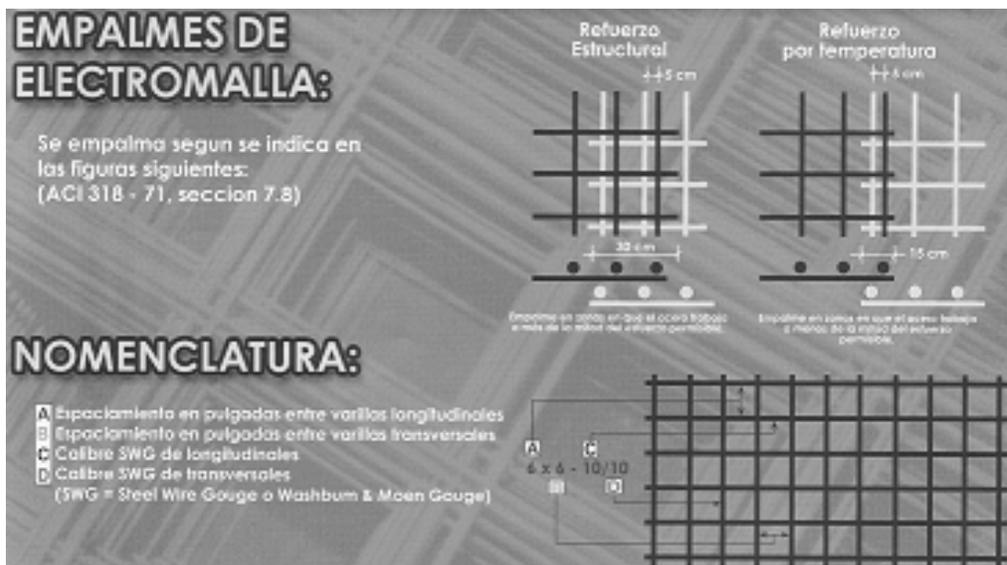


Figura 62. Varilla de hierro

Varilla de Hierro Grado 70

VENTAJAS:

- Material de alta calidad, que permite ahorros sustanciales al sustituir a los hierros de refuerzo de menor resistencia y mayor diámetro.
- Disminuye considerablemente el hierro empleado hasta el 35%, respecto al grado 40.
- Ahorro en fletes al transportar mayor cantidad de varillas por quintal.
- Economía más del 20% en el costo de refuerzo.
- Se fabrica conforme normas ASTM A-496.
- Varilla corrugada equivalente en resistencia a diámetros tradicionales.
- Puede utilizarse como refuerzo (pines), en muros de mampostería reforzada.

Características Técnicas

Límite mínimo de Fluencia: 5,000 Kg./cm² (grado 70)

VARILLA POR ATADO	DIAMETRO mm	AREA/ VARILLA cm ²	PESO			EQUIVALENTE EN RESISTENCIA A:
			kg/m.	lbs./6m.	lbs./atado	
84	3.80	0.113	0.089	1.175	98.952	3/16"
60	4.50	0.159	0.125	1.648	98.880	7/32"
40	5.50	0.238	0.187	2.462	98.480	1/4" legítimo
34	6.00	0.283	0.221	2.929	99.586	3/8" minierico
31	6.20	0.302	0.237	3.128	96.968	3/8" comercial
23	7.20	0.407	0.319	4.217	96.991	3/8" legítimo
13	9.50	0.708	0.556	7.344	95.472	1/2" legítimo

