

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SERIE PARA
ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

HÉCTOR MANUEL CRUZ SOLANO

Guatemala
2007

**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SERIE PARA
ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



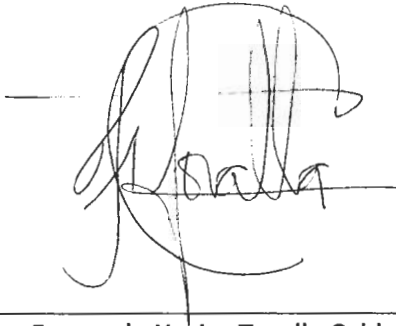
Excelencia que trasciende

**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SERIE PARA
ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

Trabajo profesional presentado por
HÉCTOR MANUEL CRUZ SOLANO
para optar al grado de
INGENIERO CIVIL

Guatemala
2007

Vo. Bo. :

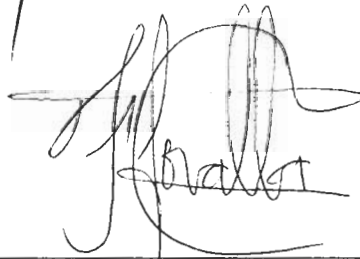


(f)

(Asesor: Fernando Xavier Toralla Calderón)

Tribunal Examinador:

(f) *Alejandro Maldonado*
(Ing. Alejandro Maldonado)



(f)

(Ing. Fernando Toralla)

(f) *Jaime Morales*
(Ing. Jaime Morales)

Fecha de Aprobación: Guatemala, 21 de noviembre del 2007

PREFACIO

Al llegar a este punto, donde ya la meta se ve tan cerca, se siente bien. Es un momento muy significativo en la vida de una persona, porque se cierra un capítulo más y comienza uno nuevo.

Son estas palabras donde hay que hacer énfasis: “comienza uno nuevo”, su significado es lo que nos tiene que dar el valor y a la vez el temor de salir adelante al mundo real, pues los obstáculos que encontramos en el pasado han quedado atrás y los hemos superado, toda esa lucha y entrega años atrás dieron su fruto y ahora este momento da por terminada esa primera escala abriendo las puertas a otro mundo, donde hay que ser responsables, perseverantes, pacientes, humildes; hay que estar preparados para todo y nunca dar marcha atrás. Lo vivido ha quedado guardado en la memoria y alimenta, aún hoy en día, las actitudes o decisiones que tomamos lo que nos hace los seres individuales e independientes que somos.

La vida no espera a nadie, el tiempo camina y no se detiene, es por eso que la preparación de los primeros años debe sacarse a relucir y todo ese cúmulo de conocimientos utilizarlo con dedicación y altos valores morales.

La realización de este trabajo no fue fácil, en la vida nada lo es, sin embargo existen métodos, diferentes maneras, gente que apoya y que quiere ayudar; hay muchas opciones que si uno quiere las toma y si uno no quiere, pues tendrá que ver cómo se las arregla.

Trabajar fuera de la capital es algo para tomar en cuenta, pues es una vida nueva, son nuevas posibilidades y retos, sin embargo no hay que olvidar las prioridades y todo en la vida lleva su orden lógico y secuencial, por eso de la realización de este trabajo, a pesar de los contratiempo y dificultades que se pudieron presentar, primero es lo primero.

Primero que nada quisiera agradecerle a Dios, no por haber terminado el trabajo, sino por rodearme de personas tan lindas en mi vida, que a través del camino que recorremos a diario me han mostrado apoyo y amor incondicional, personas tan importantes que sin ellas no sería lo que soy en este punto de mi vida.

A mis padres, Hector Eugenio Cruz y Sara Gladys Solano de Cruz, les debo más que la vida y son los protagonistas de la historia, con sus consejos y enseñanzas he llegado hasta aquí y sé que llegaré más lejos aún, todo lo que he hecho, estoy haciendo y haré se los dedico a ellos como agradecimiento mínimo a todo lo que ellos han sacrificado por mí. A mis hermanos les agradezco el tiempo que hemos aprendido juntos, su apoyo y consejos que en su momento me han ayudado a salir adelante de muchas situaciones. A estas cinco personas tan importantes las querré y amaré siempre, GRACIAS.

Gracias a mi asesor también, Fernando Toralla por las enseñanzas y la firma necesaria para aprobar mi tesis. A mi novia Klansy, por aguantar la distancia y apoyarme desde tan lejos. A mis familiares y a todas aquellas personas que les puedo llamar “amigos”, les agradezco también por los ánimos de sacar adelante los retos y alcanzar mis metas.

ÍNDICE GENERAL

	Página
PREFACIO	iv
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES	ix
GLOSARIO	xi
RESUMEN	xv
 Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	2
III. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	3
IV. PROCESOS CONSTRUCTIVOS	10
V. MATERIALES Y MANO DE OBRA	17
VI. RENDIMIENTOS REALES	40
VII. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROCESO	43
VIII. PEDIDOS DE MATERIALES	49
IX. SUPERVISION DE OBRA	52
X. CONCLUSIONES	56
XI. RECOMENDACIONES	58

XII.	BIBLIOGRAFÍA	59
------	--------------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Dimensiones y armado de zapatas	5
2. Dimensiones y armado de vigas conectoras	6
3. Tabla de acero	21
4. Tabla de longitudes de empalme	23
5. Longitudes para ganchos estándar	24
6. Cuadro de cuantificación para el acero de las vigas	30
7. Tabla de rendimientos reales obtenidos en campo	40
8. Tabla de tiempos obtenidos en base a los rendimientos reales	41
9. Detalle de materiales por actividad	50
10. Formato para pedido de materiales	51

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Planta de cimentación y columnas, edificio 1	4
2. Planta de la zapata #3	4
3. Sección de la zapata #3	5
4. Sección de una viga conectora de 0.50 x 0.70	6
5. Sección de las columnas C2 a C7	7
6. Distribución de estribos en vigas ejes letras	8
7. Plano de distribución de las viguetas sobre la losa	9
8. Armado de formaleta para vigas	15
9. Esquema del criterio para el “marimbeado” en cama de refuerzo de la zapata	20
10. Forma de colocación del refuerzo de la zapata Z-5	20
11. Modulación del hierro corrido en la columna C-5	25
12. Diagrama de zonas de empalmes de refuerzo en columnas y muros de la ACI	27
13. Modulación del hierro corrido en una viga secundaria	28
14. Diagrama de zonas de empalmes de refuerzo en vigas y losas de la ACI	29

15. Distribución de estribos en vigas secundarias	31
16. Diagrama de un estribo para viga secundaria	31
17. Detalle de remates en losas	33
18. Planta de ubicación y colocación de la formaleta para las vigas principales	35
19. Diagrama de las diferentes piezas que conforman la formaleta de las vigas	36
20. Planta de ubicación y colocación de la formaleta para las losas	37
21. División del trabajo en la industria	39
22. Plano de metas de las fundiciones de las losas	47
23. Programa estructura edificio 1	48
24. Organigrama elemental administración de obra	54

GLOSARIO

@. Símbolo que significa “a cada” utilizado en la nomenclatura del hierro de refuerzo.

Acelerante. Aditivo para el concreto utilizado en las fundiciones para acelerar el proceso de fraguado y acelerar el desarrollo inicial de resistencia.

Acero de refuerzo. Son las varillas de hierro corrugado, que se utiliza como refuerzo en los elementos de concreto.

Arrastre. Elemento físico para fijar niveles. Puede ser un pedazo de varilla de hierro de construcción, piezas de madera. Sirve como guía para pasar la herramienta para emparejar una losa, por ejemplo.

Balul. Pieza de madera colocada en el sentido transversal de un elemento para soportarlo.

Bastón. Barra de acero de refuerzo, por lo general de una longitud igual a $\frac{1}{4}$ de la luz entre apoyos, para proporcionar refuerzo adicional en el momento negativo o positivo.

Bovedilla. Bloque de concreto liviano que se usa de relleno en las losas nervuradas.

Casetón. Cajón de madera o duopor utilizado como relleno en las losas, hace las veces de la bovedilla.

Cemento. Material cementante que tiene propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada.

Columna. Elementos verticales de estructuras que sostienen principalmente cargas a compresión.

Concreto. Mezcla de cemento, arena, grava u otro agregado y agua.

Desencofrado. Se le llama a la tarea de remover la formaleta después del tiempo de fraguado.

Desencofrante. Químico utilizado en las fundiciones, que se aplica en la formaleta, para evitar que se pegue el concreto a la hora del desencofrado.

Dintel. Parte de la formaleta de vigas que moldea la cara inferior de las mismas.

Electromalla. Malla de hierro de alta resistencia. Las uniones están hechos con soldadura eléctrica.

Encofrado. Se le llama a la tarea de colocar la formaleta para dar forma a un elemento previo a su fundición.

Eslabón. Refuerzo transversal utilizado para confinamiento. Se usa en elementos de concreto cuyo refuerzo principal son 2 varillas corridas

Estribo. Refuerzo transversal utilizado en vigas conectoras, columnas y vigas para confinamiento.

Faldón. Parte de la formaleta de vigas que moldea las caras laterales de las mismas.

Fraguado. Tiempo inicial en que el concreto debe permanecer en condiciones de humedad para la reacción química de hidratación.

Helicóptero. Maquinaria que consta de dos hélices, con las cuales le da un acabado liso a una plataforma de concreto.

Lodocreto. Mezcla de material selecto y cemento utilizada como relleno cuando al área tiene exceso de humedad o tiene incluso agua en la superficie que impida compactar con selecto o suelo cemento.

Longitud de Desarrollo. Es la longitud de empotramiento necesaria para desarrollar toda la resistencia a la tensión de la varilla.

Losa. Es una placa plana horizontal de concreto reforzado.

Marimbeado. Término local utilizado para describir como se alterna el refuerzo de las zapatas cuando las barras no se cortan de la misma longitud.

Octavo. Renglón de pago para trabajos de armadura. Se refiere al producto de cada octavo de diámetro por la longitud de la varilla.

Plywood Fenólico. Plywood especial para intemperie.

Polín. Regla de madera. Se coloca debajo de los puntales que soportan formaleta para distribuir la carga-

Puente. Marco hecho de reglas de madera donde los albañiles colocan sus puntos de referencia.

Puntal o Tricket. Paral de metal extensible que sirve de apoyo para la formaleta.

Rendimiento. Información obtenida en campo de cualquier actividad. Es la cantidad de trabajo realizada en la unidad de tiempo.

Rigidizante. Elemento que sirve para unir las viguetas en el sentido transversal para evitar posibles deformaciones en ese sentido.

Sabieta. Mortero de arena y cemento.

Formaleta. Piezas de metal o de madera que dan forma a las fundiciones.

Suelo-cemento. Mezcla de material selecto y cemento utilizada para compactar.

Tacos de concreto. Son pequeños bloques de concreto de diferentes medidas que sirven de separación para dejar recubrimiento.

Traslape o empalme. Unión entre varillas necesaria para darle continuidad al hierro corrido de un elemento de concreto.

Trazo. Localización y marcado del área a trabajar.

Vibrador. Máquina con la que se vibra el concreto al ser colocado para mantener homogénea la mezcla.

Vientos. Elementos de metal que trabajan a tensión para contrarrestar el efecto del viento en elementos muy esbeltos.

Viga. Elemento constructivo horizontal, sensiblemente longitudinal, que soporta las cargas constructivas y las transmite hacia los elementos verticales de sustentación.

Viga Conectoras. Son vigas que formando nudos rígidos, unen a las columnas de los marcos rígidos de un edificio, por debajo de la superficie del terreno.

Vigueta. Es una viga T de concreto reforzado prefabricadas, forman los nervios de una losa nervurada en un sentido.

Zapata. Cimentación superficial para columna que transmite las cargas al suelo o roca subyacentes.

RESUMEN

El propósito de presentar el siguiente trabajo es mostrar las ventajas de usar el sistema de construcción en serie en otras aplicaciones, de la rama de la construcción, diferentes a la que se utiliza en viviendas unifamiliares.

Para construir de manera tradicional vigas y losas de concreto se utiliza un grupo de operarios que realizan todas las actividades, desde la colocación de puntales, dinteles de vigas, faldones, refuerzo de vigas, etcétera hasta llegar a la fundición de la losa. La siguiente propuesta consiste en asignar un grupo para que realice el trabajo por etapas más cortas pero bien definida, por ejemplo la actividad de colocar parales y soportes de dinteles es una actividad bien definida, luego vendrá otro grupo a colocar los tendales y dinteles de las vigas, un grupo con operarios de otra categoría, como son los armadores, procederán a colocar el refuerzo de vigas. Con la organización de grupos para realizar tareas cortas se mejoran los rendimientos y se eliminan los tiempos perdidos. De la manera tradicional, por el simple hecho de cambio de albañiles a armadores, hay un lapso de tiempo en el que el albañil deberá esperar sin quehacer mientras el armador avanza y prepara terreno para la siguiente etapa de albañilería.

En el trabajo se hace énfasis en la manera de cuantificar los materiales para eliminar excesos de desperdicio, tal es el caso del acero, para el cual explicamos algunas soluciones que se han usado siempre de acuerdo con el Ingeniero Estructural. Se ilustra ese capítulo mostrando un formato para consignar los resultados de la cuantificación en una forma ordenada y lógica, que con la ventaja de la computadora contiene fórmulas que de forma automática nos calcula cantidades por diámetro y longitud de varillas, así como la equivalencia en quintales.

Resaltamos la importancia del concepto de rendimiento de la mano de obra, para llegar a obtener programas de ejecución lo más cercano a la realidad, para que no se convierta en un simple requisito que se cuelga en la pared, en lugar de ser la herramienta por excelencia para el control del proyecto.

Se explica la utilidad de la programación para producir documentos que servirán como requisición o pedido de materiales, para que estos estén al pie de la obra con la debida anticipación a las fechas de utilización.

Por supuesto que la aplicación del sistema es factible cuando el tamaño del proyecto lo permite. En un área pequeña, en donde las actividades se van a repetir pocas veces, no vale la pena pensar en usar el sistema. Si el área se puede dividir en tramos, que garanticen que una actividad se repetirá más de 30 veces, es probable que sí vale la pena aplicar el sistema.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala se conoce el sistema de construcción en serie desde hace más o menos cuatro décadas. Se ha aplicado básicamente y con bastante éxito a viviendas unifamiliares. Su éxito consiste en que permite programar las actividades con mucha exactitud tanto en el renglón de materiales como en el de mano de obra.

Un factor determinante para que el sistema funcione, es que se logra especializar al operario en una actividad específica, obteniendo con ello mejores rendimientos. La especialización se inicia con la organización de los grupos de trabajo. No es necesario un adiestramiento previo.

Al organizar los grupos de trabajo no importa la calidad del operario, lo que se requiere es que sea un albañil con experiencia y que cuente con la herramienta necesaria. Quizá, al principio, el grupo no sea eficiente en tiempo ni en calidad, pero la experiencia de varios casos, nos muestra que la repetición de la tarea específica convierte al operario en un experto.

El éxito de este sistema constructivo es hacer que el obrero llegue al objeto y que se especialice en una determinada tarea. Al albañil que se le asigna trabajar con hierro no tiene que preocuparse por las cucharas u otras herramientas, más que por sus grifas, tenazas y cizallas. Al igual que el que pega blocks no tiene que ver con parales extensibles que se utilizan en otras etapas.

La intención de este trabajo es, a través de un caso real, mostrar las bondades del sistema en un proceso con actividades repetitivas, y que por el tamaño del proyecto se presta para su aplicación.

II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este trabajo analizará el proceso constructivo de la estructura de concreto de uno de los edificios del “Centro Comercial Pradera Huehuetenango”; éste se ubica en el Km. 259 Barrio el Cambote, Zona 11 sobre la Calzada Kaibil Balam en Jurisdicción del Municipio de Huehuetenango, del Departamento de Huehuetenango. Para llegar al proyecto se debe de tomar la carretera CA-1, a la altura del Km. 257 se cruza a la derecha con rumbo a la cabecera Municipal de Huehuetenango, y en el Km. 259 se encuentra la entrada principal al proyecto.

El proyecto consiste en la construcción de locales comerciales, restaurantes, kioscos, 4 salas de cine, parqueos para vehículos, calles para circulación vehicular y áreas de servicios. Se desarrollará en un terreno de aproximadamente 26,681 m², de los cuales el 45% lo ocupará el edificio en sí y el resto será distribuido en calles para circulación vehicular, parqueos y áreas verdes.

El centro comercial se divide en 4 edificios principales, de 4 niveles cada uno, 3 de ellos se construirán con el sistema de marcos rígidos de concreto reforzado y losas prefabricadas, mientras que el cuarto edificio se construirá con un sistema combinado, que consiste en 2 niveles de marcos rígidos de concreto reforzado y 2 niveles con estructura metálica.

La distribución de los edificios se resume de la siguiente manera:

- Área para parqueos: sótanos edificios 1, 2, 3 y 4.
- Locales comerciales, kioscos, área de restaurantes y plazas: Niveles 1, 2 y 3 edificios 1,2 y 3, nivel 1 edificio 4
- 4 salas para cines: Nivel 2 y 3 edificio 4

III. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

El alcance de este trabajo será estrictamente el levantamiento, la ubicación y la construcción de la estructura de concreto del edificio 1 del centro comercial.

La estructura del edificio es de marcos rígidos de concreto reforzado cuyos elementos básicos son los siguientes:

- A. Zapatas**
- B. Vigas conectoras**
- C. Columnas**
- D. Vigas**
- E. Losas**

A. ZAPATAS

Las zapatas son el último elemento estructural que se encarga de transmitir las cargas del edificio al estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente. En este caso son zapatas para columnas individuales, sin embargo dentro de la planilla de cimentación existen zapatas rectangulares, que en este caso funcionan como zapatas combinadas, ya que están recibiendo la carga de dos columnas; estas zapatas combinadas se utilizan debido a la cercanía entre los ejes G y H de la planta de cimentación, como se puede ver en la figura 1.

Todas las zapatas cuentan con un pedestal o dado que ayuda a proporcionar la longitud de desarrollo necesaria para el acero de refuerzo, a este tipo de zapata se le conoce también como zapata escalonada.

Para ilustrar la geometría y el refuerzo de las zapatas hemos incluido las figuras 2 y 3, se agregó la tabla 1 para mostrar la planilla completa de zapatas.

Figura 1. Planta de cimentación y columnas, edificio 1.

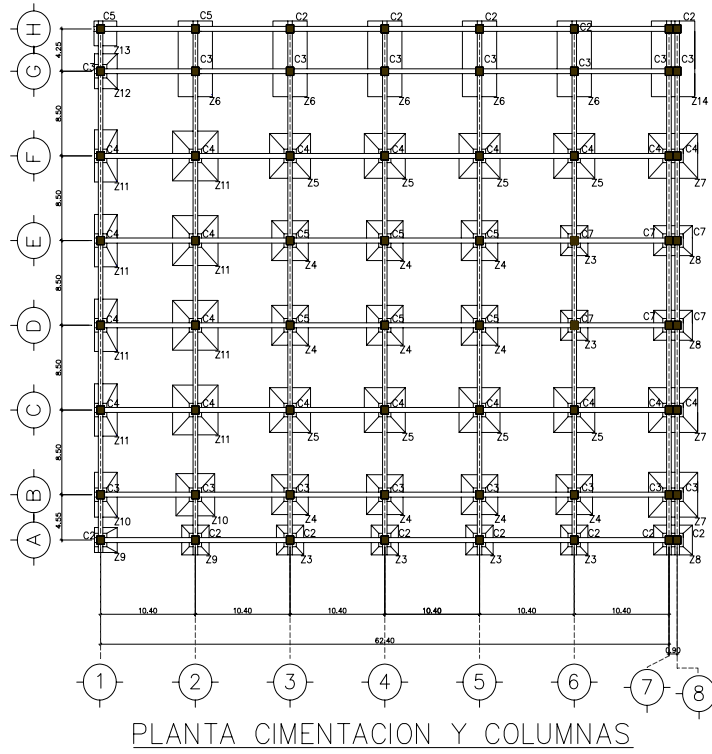


Figura 2. Planta de la zapata # 3.

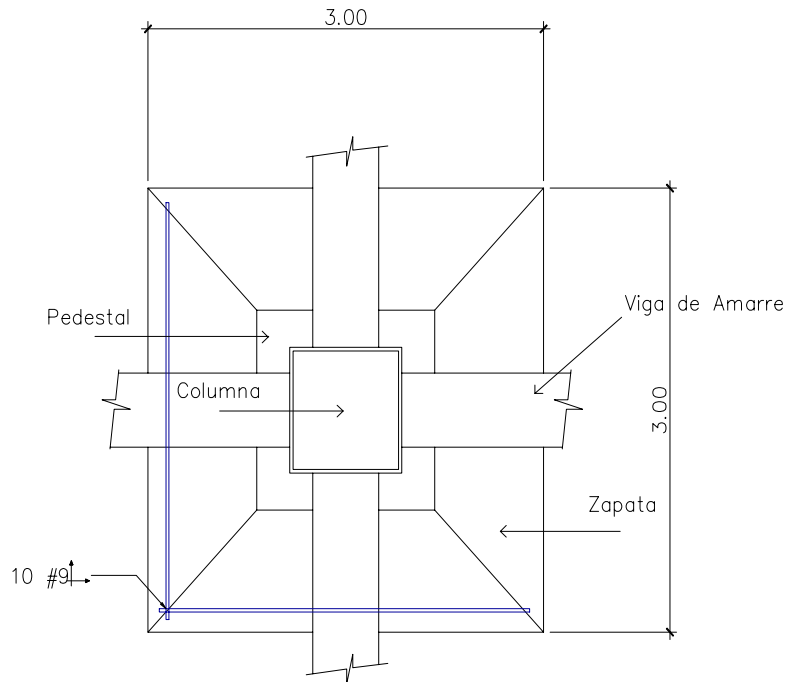
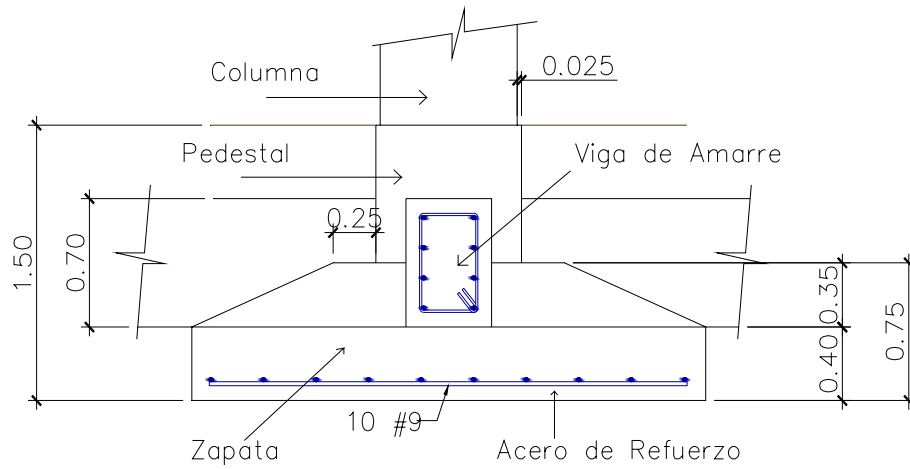


Figura 3. Sección de la zapata # 3.**Tabla 1.** Dimensiones y armado de zapatas.**PLANILLA DE ZAPATAS DE LA Z-3 HASTA LA Z-14**

MEDIDAS				
TIPO	ANCHO	LARGO	ALTO	REFUERZO
Z-3	3.00	3.00	0.80	10 # 9 A/S
Z-4	4.00	4.00	0.80	16 # 9 A/S
Z-5	4.50	4.50	0.80	18 # 9 A/S
Z-6	3.75	7.60	0.80	10 # 9 + 18 # 9
				10 # 9 + 38 # 9
				Bastón 8 # 9
Z-7	4.50	5.40	0.80	20 # 9 + 25 # 9
Z-8	3.00	4.25	0.80	16 # 9 + 18 # 9
Z-9a	2.50	2.50	0.80	10 # 9 A/S
Z-9b	3.00	3.00	0.80	13 # 9 A/S
Z-10a	2.50	4.50	0.80	12 # 9 + 16 # 9
Z-10b	4.25	4.25	0.80	16 # 9 + 20 # 9
Z-11a	2.50	5.25	0.80	10 # 9 + 12 # 9
Z-11b	5.00	5.00	0.80	18 # 9 + 24 # 9
Z-12	2.50	3.50	0.80	12 # 9 + 15 # 9
Z-13	2.50	2.50	0.80	12 # 9 A/S
Z-14	4.75	7.60	0.80	16 # 9 + 18 # 9
				12 # 9 + 42 # 9
				Bastón 14 # 9

B. VIGAS CONECTORAS

La cimentación del edificio cuenta con vigas conectoras, que son elementos que forman nudos rígidos uniendo las columnas de los marcos rígidos del edificio, a un nivel inferior al de la superficie del terreno. Generalmente en los edificios estructurados con marcos rígidos se emplean las vigas conectoras, formando parte de la estructura. La figura 4 muestra el detalle de una viga conectoras e incluimos la planilla total del edificio.

Figura 4. Sección de una viga conectora de 0.50 x 0.70.

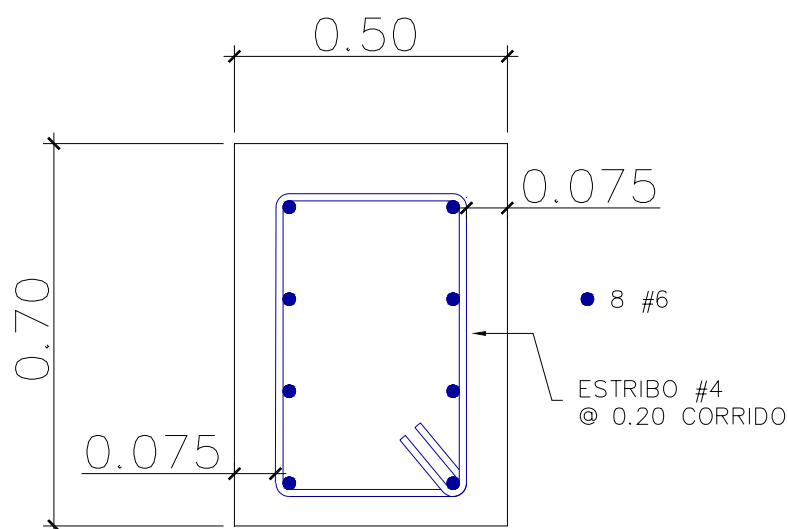


Tabla 2. Dimensiones y armado de vigas conectoras.

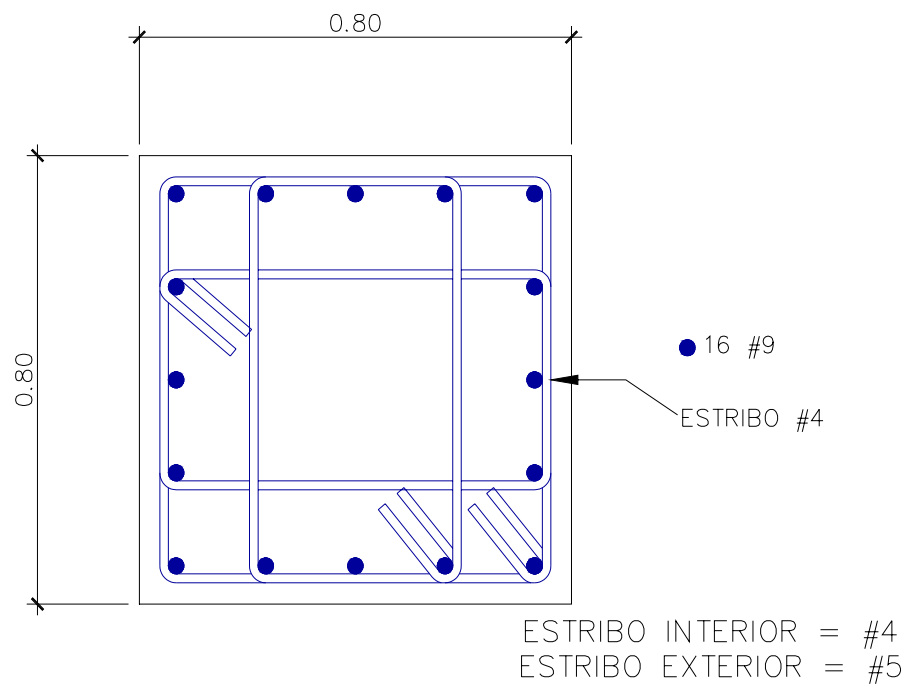
PLANILLA DE VIGAS CONECTORAS

MEDIDAS				
TIPO	ANCHO	PERALTE	LARGO	REFUERZO
1	0.50	0.70	Varía entre zapatas	8 # 6 + Est. # 4 @ 0.20 Corrido
2	0.50	1.40	Varía entre zapatas	10 # 9 Arriba + 4 # 9 Abajo
				+ 4 # 6 Intermedio
				+ Est. # 4 @ 0.30 Corrido
3	0.50	1.40	Varía entre zapatas	5 # 9 Arriba + 4 # 9 Abajo
				+ 4 # 6 Intermedio
				+ Est. # 4 @ 0.30 Corrido
4 y 5	0.50	1.40	Varía entre zapatas	4 # 9 Arriba + 4 # 9 Abajo
				+ 4 # 6 Intermedio
				+ Est. # 4 @ 0.30 Corrido

C. COLUMNAS

Todas las columnas del edificio tienen la misma sección, 0.80 x 0.80, la cual se ilustra en la figura 5.

Figura 5. Sección de las columnas C2 a la C7.



D. VIGAS

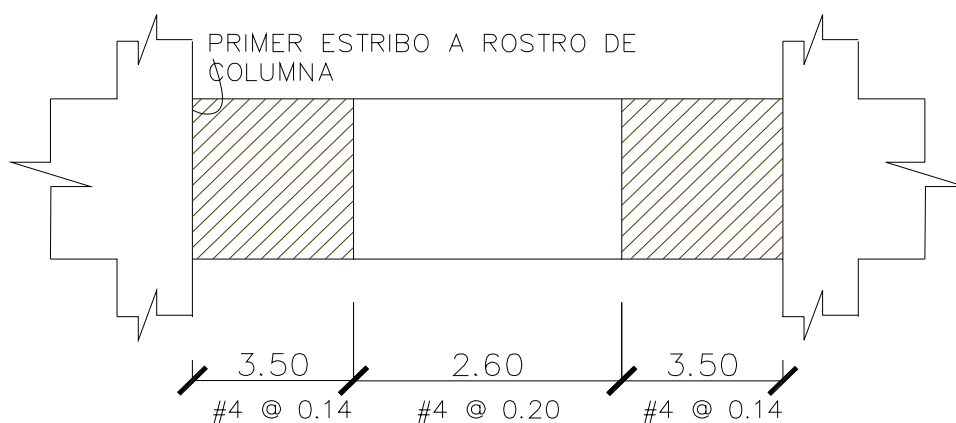
1. VIGAS PRINCIPALES. Son las que forman los marcos rígidos al unirse con las columnas, en este caso tenemos dos tipos:

- Vigas principales de 0.50 x 0.90 sobre los ejes números,
- Vigas principales de 0.45 x 0.85 sobre los ejes letras,

2. VIGAS SECUNDARIAS. En función de la luz entre marcos, se harán necesarias o no las vigas secundarias, que son las que soportan las losas de entrepiso o de techo, en este caso tenemos un tipo:

- Vigas secundarias de 0.40 x 0.85 entre los ejes letras

Figura 6. Distribución de estribos en vigas ejes letras.



NOTA: EN TRASLAPE DE BARRAS
CORRER ESTRIBO #4 @ 0.10 POR
TODA LA LONGITUD DEL TRASLAPE

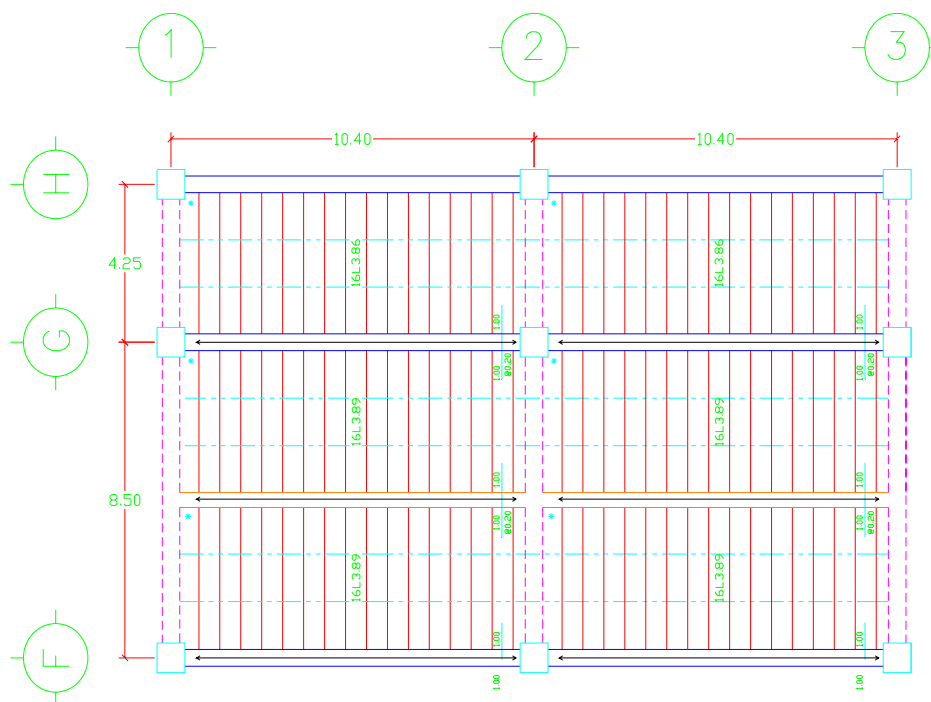
NOTA: EN VOLADIZOS CORRER
ESTRIBO #4 @ 0.14 TODA LA
LONGITUD

E. LOSAS

Las losas en el edificio son nervuradas en un sentido. En nuestro caso los nervios en un sentido, se han sustituido por viguetas prefabricadas de concreto.

Como refuerzo para la losa se utiliza malla electro-soldada con acero de alta resistencia y bastones de varillas de acero corrugado. En la figura 7 se puede ver la distribución de la vigueta en un segmento de la losa.

Figura 7. Plano de distribución de las viguetas en un tramo de la losa.



F. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

Todas las áreas diseñadas contarán con todos los servicios esenciales, enmarcándose dentro de las especificaciones y criterios establecidos por el reglamento interno y de construcción urbana de la Municipalidad respectiva y las leyes inherentes a este tipo de construcciones.

IV. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

La finalidad del presente capítulo es la descripción, explicación y comprensión del método de construcción de la estructura de un edificio de concreto.

Cada actividad en obra tiene diferentes etapas las cuales exigen un orden lógico y secuencial. Es muy importante la coordinación y planificación de estos trabajos, tanto en la oficina como en el campo, ya que sin ello no habrá un buen desenvolvimiento ni el mejor aprovechamiento de la mano de obra y materiales.

A. LIMPIEZA DEL TERRENO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

Como primera actividad en un proyecto está la limpia del terreno y el movimiento de tierras.

1. LIMPIA. La limpia del terreno consiste en cortar la capa vegetal que se encuentra en la superficie del terreno con maquinaria pesada. Se elimina ésta capa y generalmente 0.30 cm más, ya que la tierra negra que produce vegetación, no cumple con las especificaciones de soporte de cargas necesarias para la construcción.

2. TRAZO TOPOGRÁFICO. La cuadrilla de topografía hace un levantamiento del terreno y coloca las referencias (estacas) de corte y de relleno. Son estas las que sirven de guía para controlar y llevar a cabo el corte de material o el relleno.

3. MOVIMIENTO DE TIERRAS. El movimiento de tierras se lleva a cabo con maquinaria pesada. Ésta se encarga de acomodar el terreno, cortar el exceso y rellenar donde haga falta, con el fin de conformar las plataformas de acuerdo a los niveles de diseño del edificio. Es importante la presencia del laboratorio de suelos en la obra, para controlar y garantizar la calidad de los rellenos.

B. TRAZO Y LOCALIZACIÓN DE EJES

Después de haber concluido la etapa de movimiento de tierras, interviene de nuevo la cuadrilla de topografía para ubicar los principales ejes del edificio, ya que sobre éstos se encuentran las zapatas y vigas conectoras (ver figura 1).

Previo al diseño del proyecto se contó con un plano del terreno con la geometría del polígono así como las curvas de nivel. En este plano, el topógrafo indicará algunas referencias de trazo y nivel, escogiendo para ello puntos físicos que él considere no tendrán variación en el tiempo, ya sea por destrucción natural o modificación por la mano del hombre. Estos puntos son muy importantes, ya que serán los puntos de partida al momento de la construcción, para establecer ejes y niveles.

C. EXCAVACIÓN DE ZAPATAS Y VIGAS CONECTORAS

Los ejes establecen los límites de la construcción y ayudan a ubicar todas las áreas del diseño a construir; una vez localizados los ejes se procede a marcar la excavación de las zapatas y vigas conectoras. Para ello es necesario “puentear”; esta actividad consiste en colocar referencias temporales próximas a las zapatas, que nos servirán para revisar y chequear los ejes y los niveles de diseño. Estas referencias, comúnmente llamadas “puentes”, consisten en estacas de madera que sostienen otras piezas del mismo material, que deben estar perfectamente niveladas a una cota establecida en el campo, por lo general se colocan 1 metro arriba de la cota final del elemento que se está trabajando en ese momento. Sobre las reglas horizontales se suele marcar la posición de los ejes y en este caso también los límites de la excavación. Es sobre este “puente”, que los trabajadores colocan sus hilos y es así como manejan los diferentes niveles y medidas que tienen que tomar en cuenta para la realización de los trabajos en obra. Es con ayuda de estos puentes que se procede a marcar el área de la zapata sobre el suelo y poder iniciar la excavación de la misma. El método de excavación puede ser con maquinaria o manual, dependiendo de los volúmenes a excavar. En este caso se utilizó maquinaria.

El proceso de excavación de cimentación se vuelve más tardado porque a la vez que se excava, se trata de dejar tallada la zapata con el cucharón de la máquina para dejar mejor definida el área y de esta manera reducir el trabajo del albañil que entra después a terminar de tallarla y a ensabietarla. Este trabajo fino a veces no se logra, porque depende de la habilidad del operador de la máquina. Siempre habrá necesidad de alguna mano de obra para dejar bien tallada la excavación. El objeto de tallar la excavación es para garantizar que el volumen de concreto será lo más cercano al especificado en plano; al haber huecos o protuberancias en la excavación el volumen de concreto será mayor de lo necesario.

Es recomendable proteger la excavación para que no hayan deslizamientos de tierra o erosión producidos por pérdida de humedad, viento o lluvia, ya que cualquier situación significará riesgo para nuestros trabajadores aparte del sobre costo que eso implique. Para ello se acostumbra aplicar una capa de mortero de arena y cemento conocido como sabieta (ensabietar). Con la sabieta se garantiza también que el concreto no pierda agua al momento de colocarlo.

Con el mismo objetivo se coloca una capa de 0.05 m de concreto pobre o concreto de limpieza en el fondo de la excavación, dicha capa también evita el contacto directo con el suelo para que no se contamine.

En el caso de las vigas conectoras, por su sección tan pequeña sólo basta con que se excave la zanja, se talla para tener una superficie uniforme y se limpia el área para su posterior armado.

D. COLOCACIÓN DE LA ARMADURA, ACERO DE REFUERZO DE LOS CIMIENTOS

Una vez terminada la excavación de zapatas y vigas conectoras, se procede a colocar el refuerzo de ambos elementos. La zapata lleva una cama de acero y dependiendo de la carga a la que será expuesta puede llevar en vez de una cama, dos camas de acero e incluso bastones; las vigas conectoras llevan refuerzo corrido,

es decir acero a todo lo largo de su longitud y en el sentido transversal llevan estribos que ayudan al confinamiento de las varillas corridas (ver tablas 1 y 2).

La colocación del acero de refuerzo se realiza con armadores, que son operarios especializados en el manejo de este tipo de material. Se comienza colocando las camas de refuerzo en zapatas, utilizando tacos de concreto para dejar el recubrimiento necesario en el fondo de la zapata, se usa alambre de amarre para unir las varillas en ambos sentidos y evitar que la armadura se mueva, ya que es importante que la armadura quede centrada para la fundición. Se colocan pines o pedazos de hierro en las paredes de las zapatas como referencias para controlar los niveles, tanto para recubrimiento, nivel de las camas de refuerzo como el nivel terminado del concreto, a estos pines se les conoce como “arrastres”.

Como las columnas están empotradas en las zapatas, deberá colocarse el refuerzo de éstas antes de fundir las zapatas. Para poder levantar el refuerzo, es necesario colocar un andamio que servirá para centrar las barras. Este andamio no deberá interferir con la colocación del concreto de la zapata. Para lograr esto es necesario colocar vigas que abarquen el ancho de la excavación y soporten el andamio. Dependiendo de la altura de la columna, se continúa con el hierro corrido hasta donde se pueda mantener el hierro vertical, sin peligro de que éste, por la altura y la esbeltez de la varilla se doble y caiga al suelo pudiendo ocasionar algún accidente.

El refuerzo de las vigas conectoras se coloca cuando ya están en su sitio la zapata y la columna.

E. FUNDICIÓN DE ZAPATAS, PEDESTAL Y COLUMNAS

Debido a los volúmenes grandes que se manejan en el proyecto, es importante planear el abastecimiento del concreto. En nuestro medio, y por facilidad, se acostumbra utilizar los servicios de Mixto Listo. En el caso de este proyecto, y debido a la distancia, se hizo necesario montar una planta de producción de concreto para servicio exclusivo de la obra.

Es importante en esta etapa, estudiar la situación de los lugares en dónde se colocará concreto, para facilitar el acceso de los camiones revolvedores cuando la fundición se hace directa, de no ser así, habrá que contemplar el lugar destinado para el equipo de bombeo, ya que se necesita espacio adicional para la tubería que se utiliza para la fundición.

Una vez en su lugar las barras de refuerzo vertical de las columnas y colocados algunos estribos para mantenerlos en su sitio, estamos listos para colocar el concreto de zapatas. Para la colocación del concreto de columnas se necesita preparar la formaleta que se va a utilizar. Las opciones en este caso son: comprar equipo de patente para formaleta de columnas, alquilar la formaleta o bien diseñar, calcular y fabricarla con materiales locales. El constructor deberá evaluar el sistema que sea más económico.

Para la colocación del concreto en columnas se utilizará bomba tal y como en el caso de las zapatas. Se hace necesario un andamio que rodee cada columna y que tenga un ancho de por lo menos 0.60 m. (el ancho de 2 tablonces); el objeto del andamio es proporcionar espacio para colocar la tubería de la bomba, así como dar seguridad al personal que hace el vibrado y el que controla el nivel al que debe llegar el concreto. El vibrado del concreto debe ser supervisado de manera especial, ya que de esta operación depende la buena o mala colocación de la mezcla.

F. VIGAS Y LOSAS

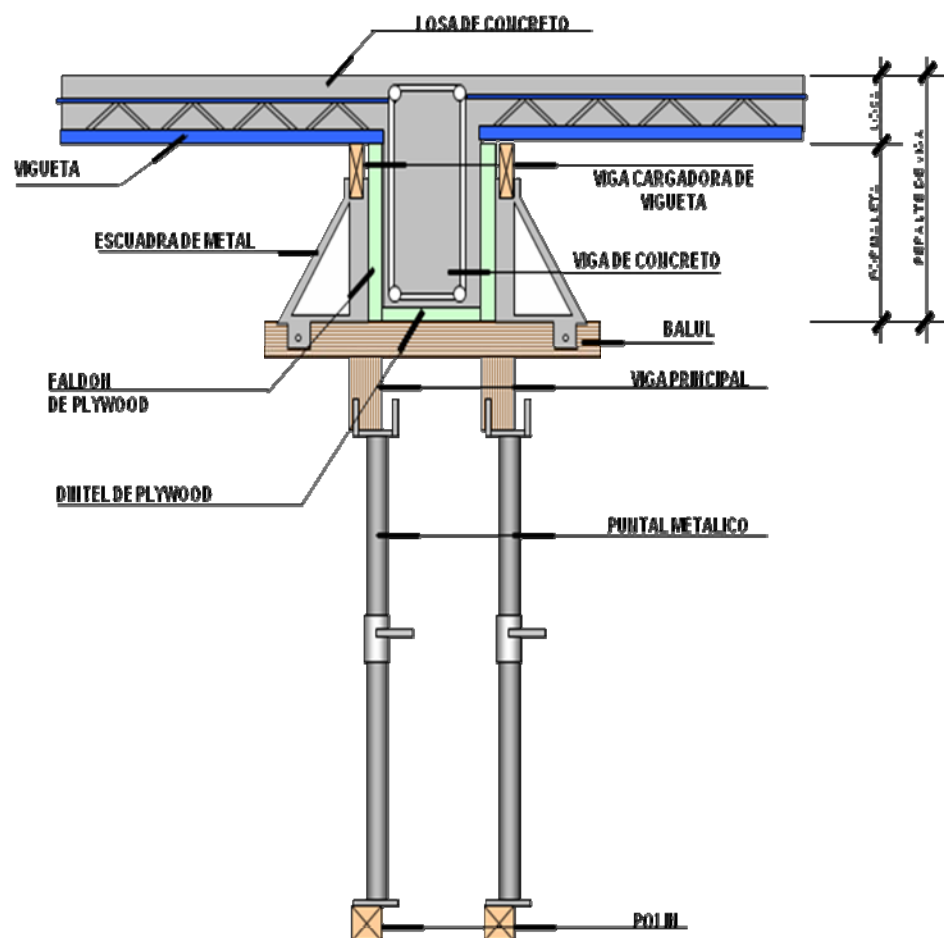
Al igual que las columnas, las vigas requieren de formaleta para su fundición. Estos elementos estructurales van conectados a la estructura principal directamente sobre las columnas, es por eso que hay que armar todo un sistema de apoyo para poder ensamblar la formaleta.

El sostén que se le brinda a estas piezas es por medio de puntales o trickets de metal, los cuales descansan en bases de madera para mantener un nivel plano, van conectados entre sí por reglas del mismo material, las cuales les ofrecen estabilidad y seguridad. Sobre los puntales descansa el dintel, que sirve para dar forma a la parte inferior de la viga y luego sobre éste último se colocan faldones para confinar y

formar el espacio que ocupa el ancho de la viga. Previo a la colocación de los faldones entra el grupo de armadores a colocar el acero de refuerzo de la viga. Para asegurar la formaleta se usan escuadras de metal, las cuales mantienen la alineación de la viga; para garantizar la verticalidad de los faldones, al momento de la colocación del concreto, es necesario colocar ductos en el sentido transversal de las vigas, estos ductos quedarán dentro del concreto y sirven únicamente para poder pasar los tensores de apoyo adicional a los faldones y evitar que se muevan o deformen al momento de la fundición.

En la figura 8 se muestra un detalle para la colocación de la formaleta para vigas. La losa requiere de formaleta también para su fundición. Piezas como tapones de columnas, aleros o voladizos son necesarios para poder confinar el concreto en el espacio de la losa. El rigidizante es otro elemento que requiere algún encofrado.

Figura 8. Armado de formaleta para vigas.



Como la losa es nervurada con vigueta y bovedilla, el refuerzo de la losa consiste en acero por temperatura. En este caso se usan mallas electro soldadas con acero de alta resistencia. Se requiere de bastones en sentido de las viguetas y en los ejes donde hay continuidad de las mismas.

G. ACABADOS DE LA FUNDICIÓN

Las zapatas, vigas conectoras y pedestales no requieren de un acabado elaborado ya que los tres elementos quedan enterrados, es suficiente con emparejar y nivelar aunque quede un acabado rústico.

Con las columnas es diferente. Por ejemplo, en el caso de las columnas del sótano es necesario dejarlas alisadas, ya que el concreto queda visto. Sobre este concreto visto se colocarán capas de pintura de señalización, las cuales requieren una superficie lisa, esto para no desperdiciar la pintura en porosidades que pudieran absorber más material del contemplado. En los niveles superiores puede que no sea tan determinante dejar lisas las columnas, ya que por el tipo de acabado en los locales y dentro del centro comercial, las columnas pueden requerir algún revestimiento.

Para las vigas y losas hay que considerar dos situaciones:

- El acabado que se da a la losa al momento de la fundición. Con la ayuda de arrastres, niveles láser, arrastres mecánicos y el “helicóptero”, se le puede dar a la losa cualquier tipo de acabado desde un emparejado rústico hasta un alisado fino.
- El acabado que se le da a la losa luego del desencofrado, ya que pueden aparecer pequeñas imperfecciones que hay que corregir, siempre y cuando la parte inferior de la losa vaya a quedar expuesta. Esto se da en sótanos de estacionamiento en donde no se colocan cielos falsos.

V. MATERIALES Y MANO DE OBRA

Hay tres factores a considerar en la ejecución de una obra:

- Tiempo
- Costo
- Calidad

Hay una íntima relación entre los tres, ya que cualquier decisión que afecte a una de ellas, afectará de manera directa o indirecta a las otras dos.

Por ejemplo, la decisión de acortar el tiempo de la construcción afectará el costo de la misma así como la calidad. Implicará trabajar horas extras, dobles turnos, pagar incentivos especiales por tarea concluida, etc. La calidad podrá verse afectada por la premura o urgencia con que se ejecute cada etapa.

Es tarea del buen constructor establecer un balance a manera de que redunde en beneficio de la obra en general. De allí la importancia de buscar la optimización en el uso de los materiales y la organización del trabajo en la búsqueda del mejor rendimiento de la mano de obra.

A. MATERIALES Y/O EQUIPO

En este concepto lo más importante será establecer un criterio para una buena cuantificación de los materiales y del equipo a utilizar. Deberá ser un sistema con criterio realista para que no falte ni sobre al momento de ejecutar las tareas, por supuesto que llegar a ese punto es imposible, pero lo importante es obtener el menor desperdicio.

Si analizamos los materiales y equipo necesarios para la construcción de la estructura de concreto en estudio, podemos enumerar los siguientes:

- Acero de refuerzo
- Alambre de amarre
- Concreto
- Madera para formaleta y/o andamios
- Clavo para madera
- Puntales de metal
- Vigüeta y casetones

1. METODOLOGÍA Y CRITERIO PARA CUANTIFICACIÓN:

a. Acero de refuerzo y alambre de amarre. La regla a seguir es buscar el tamaño de pieza que sea fracción exacta de varilla. Por lo general, se consigue en plaza, acero de refuerzo en longitudes de 6, 9 y 12 metros. Al analizar los tamaños de cada pieza se seleccionará la longitud de varilla que de el mínimo desperdicio.

Para estimar la cantidad de alambre de amarre, adoptamos un índice de libras de alambre por quintal de acero utilizado. En algunos libros de construcción recomiendan usar el criterio de 3 libras de alambre por quintal de acero de refuerzo. Consultando a constructores de experiencia opinan que usar 2 libras por quintal es aún conservador. Para este caso recomendamos usar el segundo criterio.

1) Zapatas. Como ilustración se cuantifica la zapata tipo Z-5:

El plano indica para refuerzo de la zapata 18, No. 9 en ambos sentidos, como indica la figura 9.

El tamaño de las piezas, sale de restar el recubrimiento a la dimensión de la zapata. En este caso, como la zapata es cuadrada, la dimensión de ancho y largo es 4.50 en ambos casos. Las piezas tendrán entonces 4.35m de largo.

- Si tomamos una varilla de 6 metros, obtenemos una pieza de 4.35, que necesitamos, pero sobra un pedazo de 1.65 m.

- Si tomamos una varilla de 9 metros, obtenemos dos piezas de 4.35, que necesitamos, pero sobra un pedazo de 0.30 m.
- Si tomamos una varilla de 12 metros, obtenemos 2 piezas de 4.35, que necesitamos, pero sobra un pedazo de 3.30 m.

La selección debiera ser sacar 2 piezas de la varilla de 9 metros y desperdiciar 0.30 m. Sin embargo hay otra opción para tener CERO desperdicio: Con la autorización del Ing. Estructural podemos usar piezas de 4.00 m, lo que equivale a sacar 3 piezas de una varilla de 12 metros.

El diagrama de momentos nos ilustra que en el extremo de la zapata no se necesita el 100% del refuerzo; en este caso la longitud faltante de 0.35 m equivale al 16.5% de la longitud de diseño, o sea $4.34/2=2.175\text{m}$. En este caso, el Ing. Estructural concedió que esa longitud faltante podría ser hasta el 30% de la longitud indicada en planos. La colocación de las barras con faltante se hace alternándolas a manera de que los extremos tengan el 50% del refuerzo de diseño. A este arreglo lo nombramos “marimbeado”. El caso se ilustra con las figura 9 y 10.

Una herramienta útil para cuantificar acero de refuerzo se observa en la tabla 3 en donde se resume la longitud en metros de cada fracción de varilla para las tres medidas comunes en el mercado.

Figura 9. Esquema del criterio para el “marimbeado” en cama de refuerzo de la zapata.

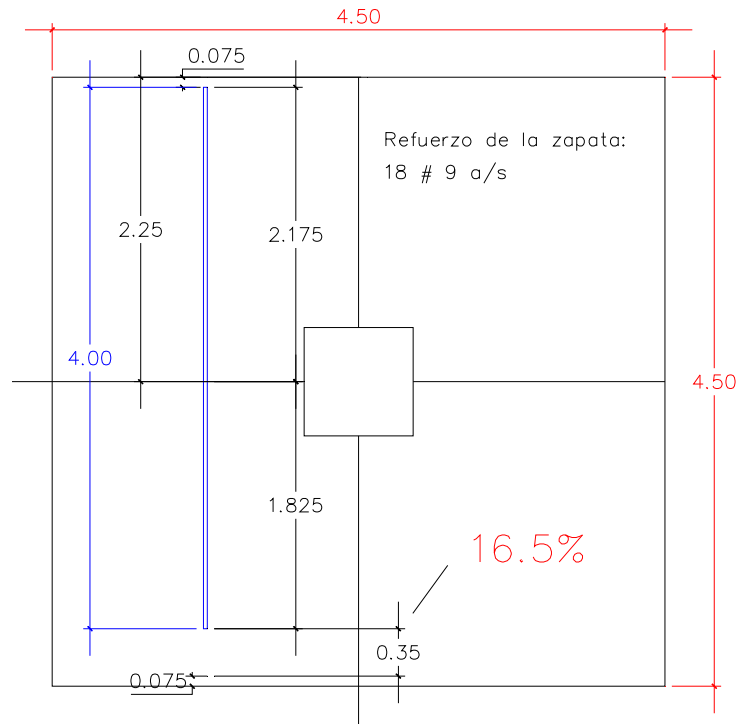


Figura 10. Forma de colocación del refuerzo de la zapata Z-5.

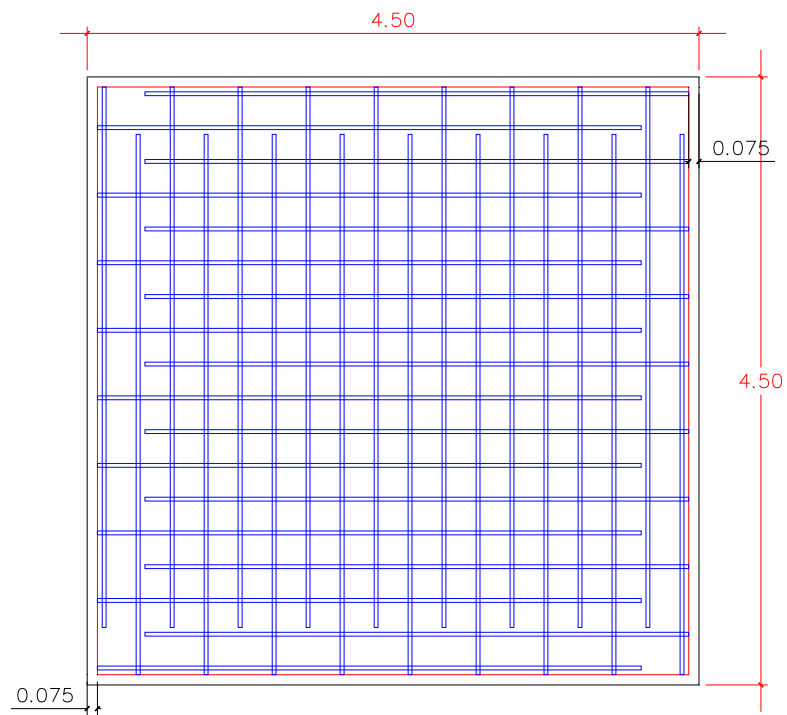


Tabla 3. Tabla de acero.

No.	Diámetro		Área		Libras / Metro	Varillas por Quintal		Quintales / Varilla			Traslapes (cm)		Anclajes	Fracciones (Cm)			Fracciones (Cm)				
	in	mm	in ²	mm ²		20'	30'	40'	20'	30'	40'	Col		V y L	L/n	20'	30'	40'	L/n	20'	30'
2	1/4	6.35	0.05	0.32	0.543	29.94	19.96	-----	0.0334	0.0501	-----	-----	-----	2	300	450	600	12	50	75	100
3	3/8	9.53	0.11	0.71	1.234	13.30	8.87	6.65	0.0752	0.1128	0.1504	30	40	30	200	300	400	13	46	63	92
4	1/2	12.70	0.20	1.27	2.192	7.49	4.99	3.74	0.1336	0.2004	0.2672	40	60	40	150	225	300	14	43	64	86
5	5/8	15.88	0.31	1.98	3.413	4.79	3.20	2.40	0.2086	0.3129	0.4172	50	70	50	120	180	240	15	40	60	80
6	3/4	19.05	0.44	2.85	4.929	3.33	2.22	1.67	0.3000	0.4500	0.6000	60	80	60	100	150	200	16	38	56	75
7	7/8	22.23	0.60	3.88	6.695	2.45	1.63	1.22	0.4089	0.6134	0.8178	80	90	70	86	129	171	17	35	53	71
8	1	25.40	0.79	5.07	8.76	1.87	1.25	0.94	0.5340	0.8010	1.0680	90	110	80	75	113	150	18	33	50	67
9	1 1/8	28.58	0.99	6.41	11.09	1.47	0.98	0.74	0.6800	1.0200	1.3600	110	130	100	67	100	133	19	32	47	63
10	1 1/4	31.75	1.23	7.92	14.11	1.16	0.77	0.58	0.8606	1.2909	1.7212	130	150	130	60	90	120	20	30	45	60
11	1 3/8	34.93	1.48	9.58	17.42	0.94	0.63	0.47	1.0630	1.5939	2.1252	150	170	160	55	82	109	21	29	43	57

2) Vigas conectoras. Es recomendable dibujar una elevación a escala de la viga, indicando como va colocado el refuerzo a lo largo de la misma. De esa manera se podrán dibujar las barras en su longitud real y se podrán analizar los puntos críticos para los empalmes; una vez hecho el ejercicio de dibujar el refuerzo principal en toda la longitud de la viga, será fácil contar la cantidad de varillas por diámetro y por longitud. De igual manera se dibujara la distribución de estribos para poder contar todas las unidades a colocar.

En todos los casos es muy importante respetar la ubicación de las zonas permitidas para empalmes del refuerzo, ya que hay zonas en las que no es permitido hacerlos. Es recomendable no dejar todos los empalmes en un mismo punto, si la situación de la obra no lo permite, la ACI también establece normas para cuando el 100% de las barras se tienen que traslapar en el mismo punto (ver tabla 4).

La cuantificación de la viga conectora se ilustrará cuantificando una viga secundaria de entrepiso, ya que ofrece un grado mayor de dificultad.

3) Columnas. Como ejemplo ilustrativo se cuantifica la columna C-5 que cubre 3 niveles como se indica en la figura 11.

El refuerzo de la columna consta de 16 var # 9 corridas + 5 estribos exteriores # 5 + 4 estribos interiores # 4 (ver en la figura 5). Primero hay que determinar la longitud de desarrollo de la barra que va a quedar embebida dentro del dado y la zapata tomando en cuenta también, la longitud de la escuadra o pata que queda sobre la cama de refuerzo. En este caso la varilla es # 9, por lo que requiere un anclaje mínimo de 0.97 m y una escuadra de 0.49 m (ver tabla 4 y 5). Por razones prácticas usamos 1.00 m y 0.50 m.

Tabla 4. Tabla de longitudes de empalme.

Calibre de varilla	Ldb (cm) 280/4200	ZONA 1 280/4200		ZONA 2 280/4200		ZONA 3 280/4200		Traslapes en centímetros	
		*	**	*	**	*	**		
3	24	30	30	35	45				
4	32	35	40	45	60				
5	40	40	50	55	75	75	95		
6	48	50	65	70	90	90	115		
7	58	60	75	80	105	105	140		
8	77	80	100	110	140	140	185		
9	97	100	125	135	175	175	230		
10	123	125	160	170	225	225			
11	152	155	200	215	275	275			
	longitudes básicas de desarrollo (sólo como referencia)	1,0 Ldb	1,3 Ldb	1,0x1,4 Ldb	1,3x1,4 Ldb	1,3x1,4 Ldb	1,7x1,4 Ldb	Explicaciones	
		varillas en zonas de bajo esfuerzo		varillas de lecho superior en zonas de bajos esfuerzos		varillas de lecho superior en zonas de altos esfuerzos			
				1,3 Ldb	1,7 Ldb				
		varillas de lecho superior en compresión		otras varillas en zonas de altos esfuerzos					

* empalman 50% de varillas o menos en un punto dado.

** empalman mas de 50% de las varillas en un punto dado.

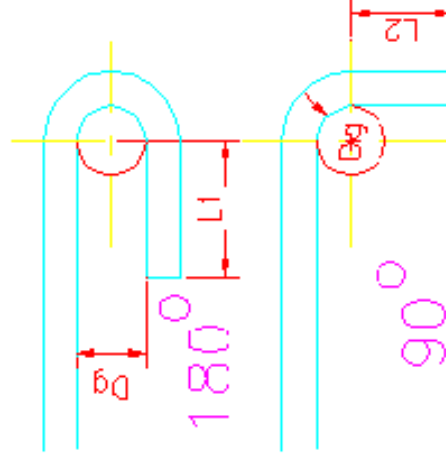
Esta tabla es solo una guía.

Los requisitos que controlan son los de cap 12 –ACI 318

LONGITUDES DE EMPALME (en cm)
CONCRETO 4000 (280 Kg/cm²) ACERO GRADO 60 (4200 Kg/cm²)

Tabla 5. Longitudes para ganchos estándar.

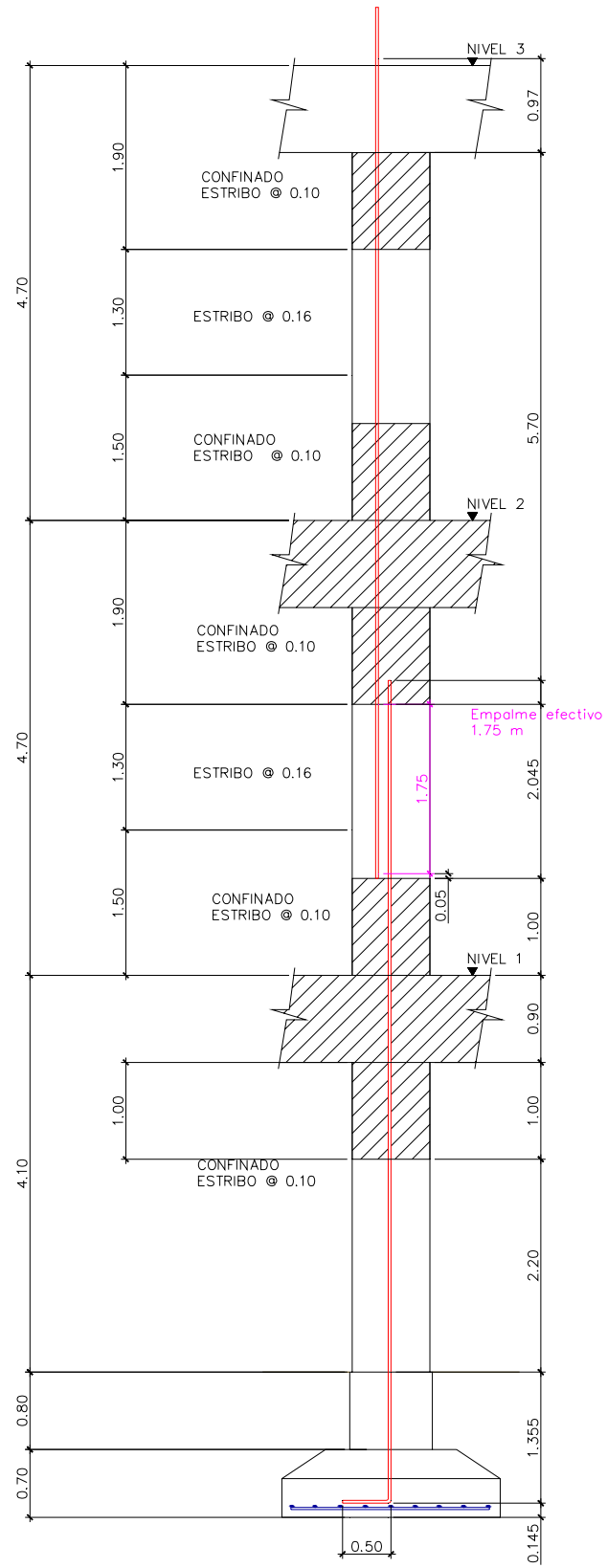
Barra	DIAM cms	AREA cm ²	Dg ① cms	L1 cms	L2 cms
3	0.95	0.71	6	8	12
4	1.30	1.26	8	8	15
5	1.60	2.00	10	8	20
6	2.00	2.84	12	8	23
7	2.22	3.88	12	9	27
8	2.54	5.06	14	10	30
9	2.86	6.44	14	12	35



GANCHOS STANDAR

Para uso general excepto estribos

Figura 11. Modulación del hierro corrido en la columna C5.



La distancia de la parte superior del dado a la cama de refuerzo de la zapata se calcula tomando en cuenta el recubrimiento de 7.5 cm + 2 gruesos de varilla No. 9 (en este caso 0.06 m) o sea que la altura entre dado y cama de refuerzo es 1.355 m. La longitud total de la barra embebida es entonces 1.855 m. Si seleccionamos una varilla de 9m para el primer tramo de columna ésta se pasa 2.045 m dentro de la zona donde se permite empalmar (ver figura 12). Adoptamos entonces ese primer tramo con una varilla de No. 9 de 9 m.

El siguiente tramo de refuerzo para la columna deberá cubrir la longitud de empalme (1.75 m cuando todas las barras se traslapan en el mismo punto) más lo que falta para llegar de la zona de empalme a la parte inferior de la viga de la última losa (5.70 m) más la longitud de anclaje al final (0.97 m). Al sumar esas distancias nos da 8.42 m por lo que adoptamos una segunda varilla No. 9 de 9 m.

4) Vigas. Al igual que la columna, debe dibujarse a escala la viga con la distribución de varillas que nos convenga, siempre y cuando se respete la especificación de puntos críticos para empalme. La misma situación se da para poder cuantificar los estribos.

Los diagramas para las vigas y sus zonas de no empalme son los que siguen a continuación, figura 13 y 14. En la figura 13 se puede apreciar la distribución o modulación del hierro a lo largo de la viga. Sobre un diagrama parecido se pueden dibujar estribos y bastones para llevar a cabo el mismo procedimiento de cuantificación.

Figura 12. Diagrama de zonas de empalmes de refuerzo en columnas y muros de la ACI.

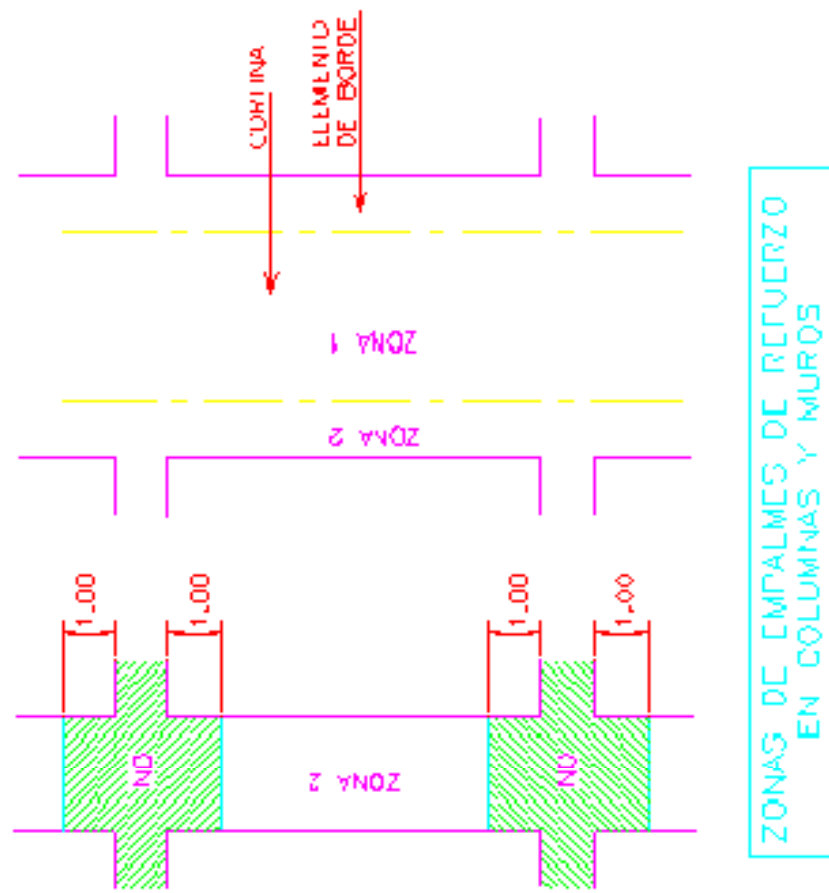
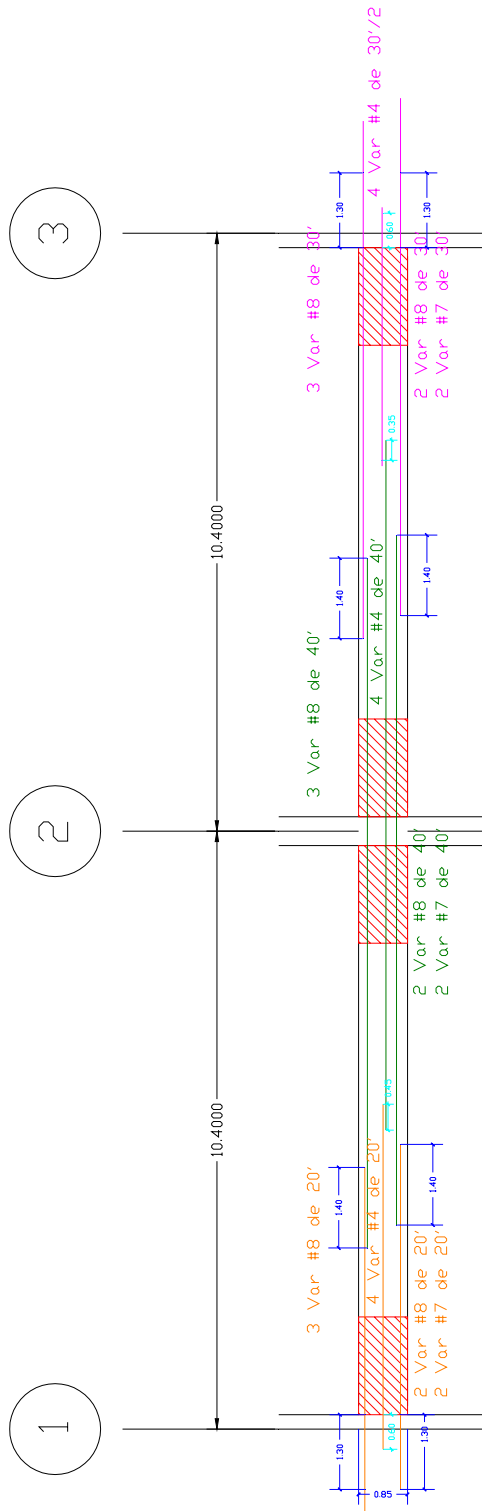
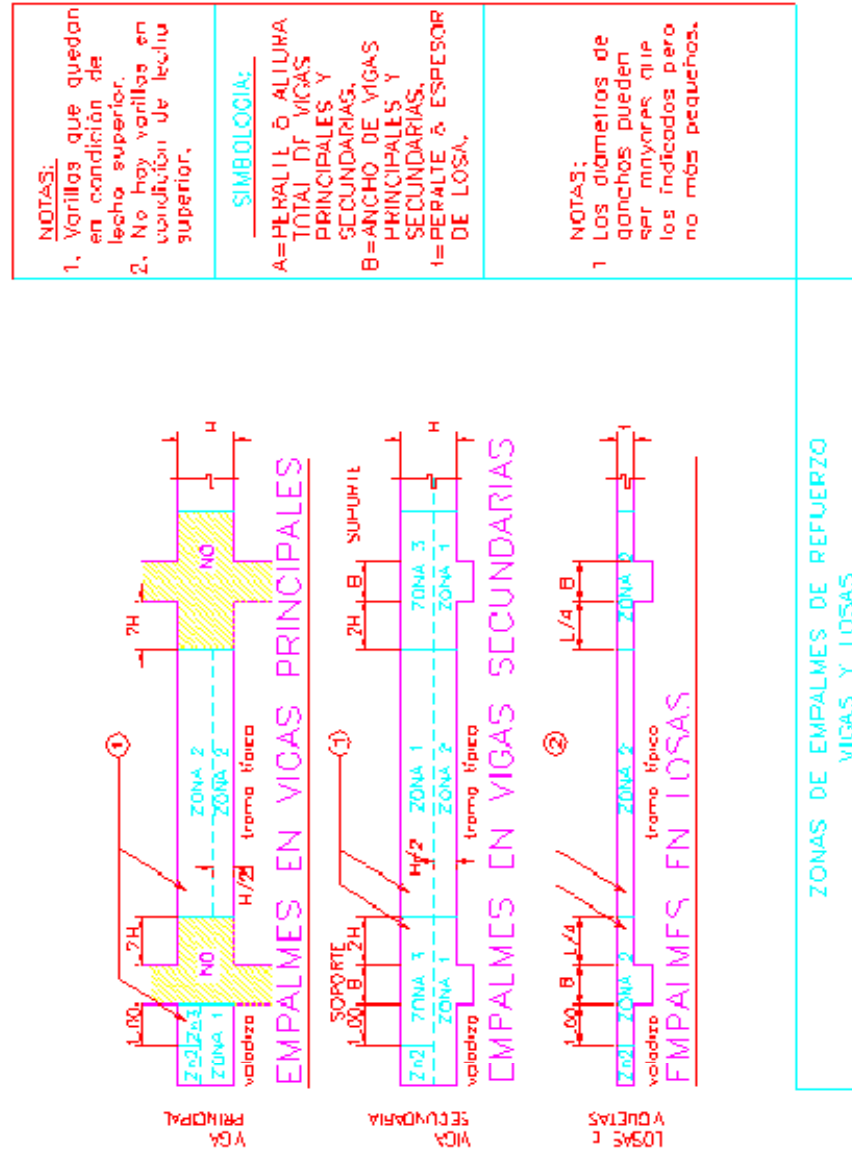


Figura 13. Modulaci3n del hierro corrido en una viga secundaria.



VIGA SECUNDARIA 0.40 x 0.85 ENTRE EJES D Y E NIVEL 1

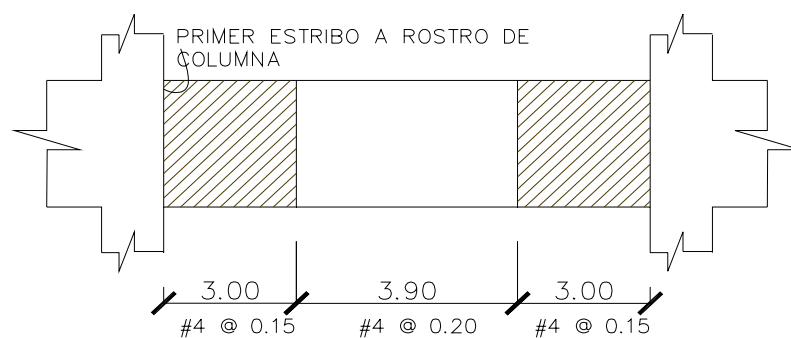
Figura 14. Diagrama de zonas de empalmes de refuerzo en vigas y losas de la ACI.



Var #	20'	30'	40'	Incidencia del Acero / m3	kg/m3
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.37
4	0.00	0.00	521.60	521.60	3.57
4	0.00	0.00	206.50	206.50	3.29
4	0.00	0.00	413.00	413.00	3.84
4	0.00	0.00	103.25	103.25	3.86
4	0.00	0.00	169.00	169.00	3.52
4	0.00	0.00	169.60	169.60	3.52
4	0.00	0.00	70.40	70.40	3.66
4	0.00	0.00	13.60	13.60	3.73
4	0.00	0.00	11.00	11.00	4.33
4	0.00	0.00	11.00	11.00	4.33
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.37
4	0.00	0.00	349.20	349.20	3.58
4	0.00	0.00	58.00	58.00	3.72
4	0.00	0.00	61.00	61.00	3.71
4	0.00	0.00	103.25	103.25	3.32
4	0.00	0.00	309.75	309.75	3.91
4	0.00	0.00	100.25	100.25	3.87
4	0.00	0.00	64.00	64.00	4.10
4	0.00	0.00	64.00	64.00	3.96
4	0.00	0.00	169.60	169.60	3.42
4	0.00	0.00	169.60	169.60	3.65
4	0.00	0.00	42.60	42.60	3.96
4	0.00	0.00	11.80	11.80	4.79
4	0.00	0.00	5.40	5.40	3.89
4	0.00	0.00	13.60	13.60	4.10
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.37
4	0.00	0.00	349.60	349.60	3.58
4	0.00	0.00	58.60	58.60	3.59
4	0.00	0.00	103.25	103.25	3.26
4	0.00	0.00	413.00	413.00	3.91
4	0.00	0.00	64.00	64.00	4.17
4	0.00	0.00	64.00	64.00	3.92
4	0.00	0.00	170.00	170.00	3.50
4	0.00	0.00	170.00	170.00	3.65
4	0.00	0.00	57.00	57.00	3.72
4	0.00	0.00	10.80	10.80	3.89
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.23
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.45
4	0.00	0.00	174.80	174.80	3.31
4	0.00	0.00	28.40	28.40	4.02
4	0.00	0.00	103.25	103.25	3.26
4	0.00	0.00	103.25	103.25	3.54
4	0.00	0.00	255.00	255.00	4.02
4	0.00	0.00	28.00	28.00	3.48
4	0.00	0.00	169.60	169.60	3.65
4	0.00	0.00	14.00	14.00	3.40

5) Estribos. Para el cálculo de estribos se toma la distancia que hay entre los lados de afuera del estribo (rostros del estribo exteriores, ver figura 18 cotas azules), de esta manera ya se tiene la medida de sus lados, a esto se le suman 0.10 m para cada gancho. La suma en este caso es $0.32 + 0.32 + 0.77 + 0.77 + 0.10 \times 2 = 2.38$ m, por lo tanto se usa una pieza de 2.40 m que equivale a 1/5 de varilla de 12 m.

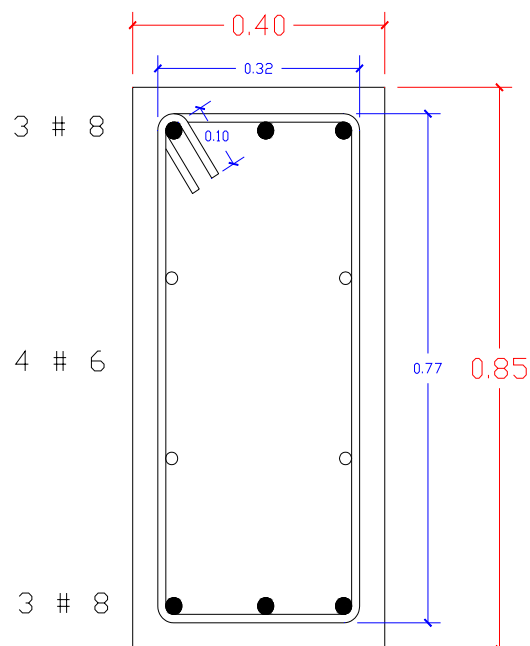
Figura 15. Distribución de estribos en vigas secundarias (ver también figura 6).



NOTA: EN TRASLAPE DE BARRAS
CORRER ESTRIBO #4 @ 0.10 POR
TODA LA LONGITUD DEL TRASLAPE

NOTA: EN VOLADIZOS CORRER
ESTRIBO #4 @ 0.15 TODA LA
LONGITUD

Figura 16. Diagrama de un estribo para viga secundaria.



6) Losas. Para el refuerzo de la losa usamos: malla electro-soldada con acero de alta resistencia, bastones de losa, refuerzo de los rigidizantes y remates de losa.

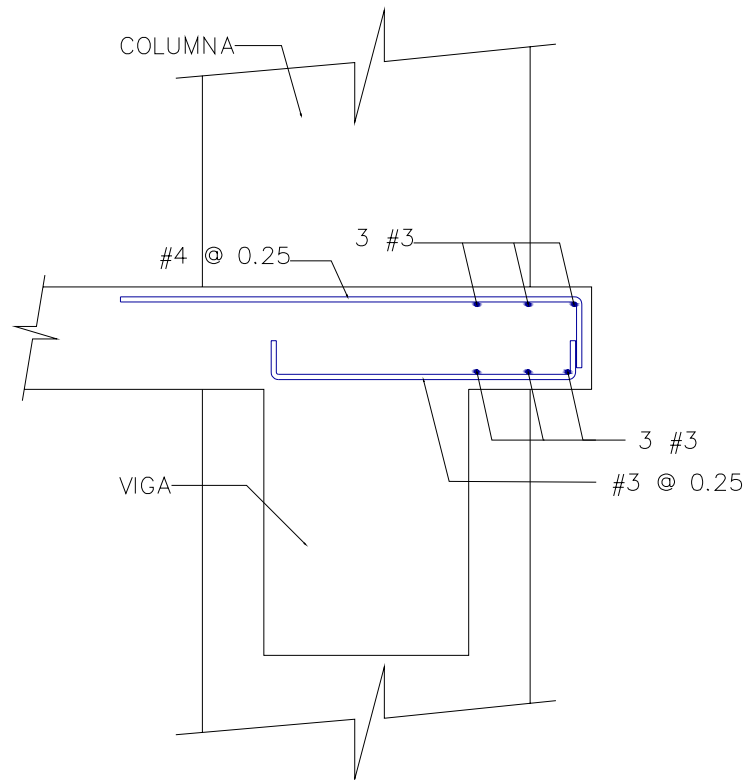
Para el cálculo de la malla basta con conocer el área de la losa y calcular cuantas caben, tomando en cuenta los traslapes entre ellas siguiendo especificaciones del fabricante; una forma fácil y bastante exacta para calcularla, es aumentar un porcentaje de entre el 15% y el 18% al área de la losa, luego dividir este valor entre 14 m² (6.00m x 2.35m) que es el área de una plancha de electromalla y eso nos da la cantidad de planchas.

Los bastones son varillas de cierta longitud (especificada en plano) espaciados a cada 0.20 m, con base en esos datos se determinan las fracciones de varilla completa para seleccionar los largos comerciales de 6 m, 9 m y 12 m a utilizar; si tenemos bastones de 2 m de largo, estos son fracción exacta de 6 y 12m, sugerimos usar varillas de 6 m ya que es más probable que hayan en plaza, además nos evitamos un corte.

El rigidizante de la losa es una “costilla”, ésta consta de hierro milimétrico corrido de 7.5 mm con eslabones de hierro milimétrico de 4.2 mm. Para cuantificar usamos el mismo criterio que se usó para cuantificar la viga secundaria, tanto para el refuerzo corrido como para los eslabones.

Los remates de la losa son varillas de refuerzo colocadas en el voladizo de la losa (ver figura 17) el procedimiento de cuantificación es parecido al de los bastones, sin embargo con los remates es necesario tomar en cuenta la escuadra que piden las especificaciones, según el número de hierro que sean.

Figura 17. Detalle de remates en losas.



b. Concreto. La cuantificación del concreto es muy simple, ya que se reduce a calcular volúmenes con base en la geometría de cada elemento. No viene al caso hacer ejemplos de esto. Si queremos sugerir los criterios de porcentajes de desperdicio a utilizar en cada etapa y tratar de explicar la razón, en cada caso.

1) Cimentaciones. Como el concreto se coloca directamente sobre el terreno, es el propio suelo el que va a servir como formaleta para colocar el concreto; lo ideal es que en la etapa de excavación se dejen las zanjas lo más cercano posible a las dimensiones especificadas en planos. A veces, dependiendo del material que se encuentre en la excavación podrían darse situaciones que alteren esas dimensiones lo cual implicará que el volumen a colocar sea mayor de lo esperado. El porcentaje de desperdicio que sugerimos usar para esta etapa es 5%.

2) Columnas y vigas. En estos casos el concreto se coloca dentro de encofrados que tienen la forma y medida que solicitan los planos. Estos encofrados deberán responder a un cálculo estructural, por parte del constructor, que garantice que están capacitadas para resistir las cargas provocadas por el concreto al ser colocado. Si la formaleta está bien diseñada para que no sufra deformaciones al momento de fundir, el porcentaje que debiera aplicarse para estas etapas no debiera ser mayor del 1%.

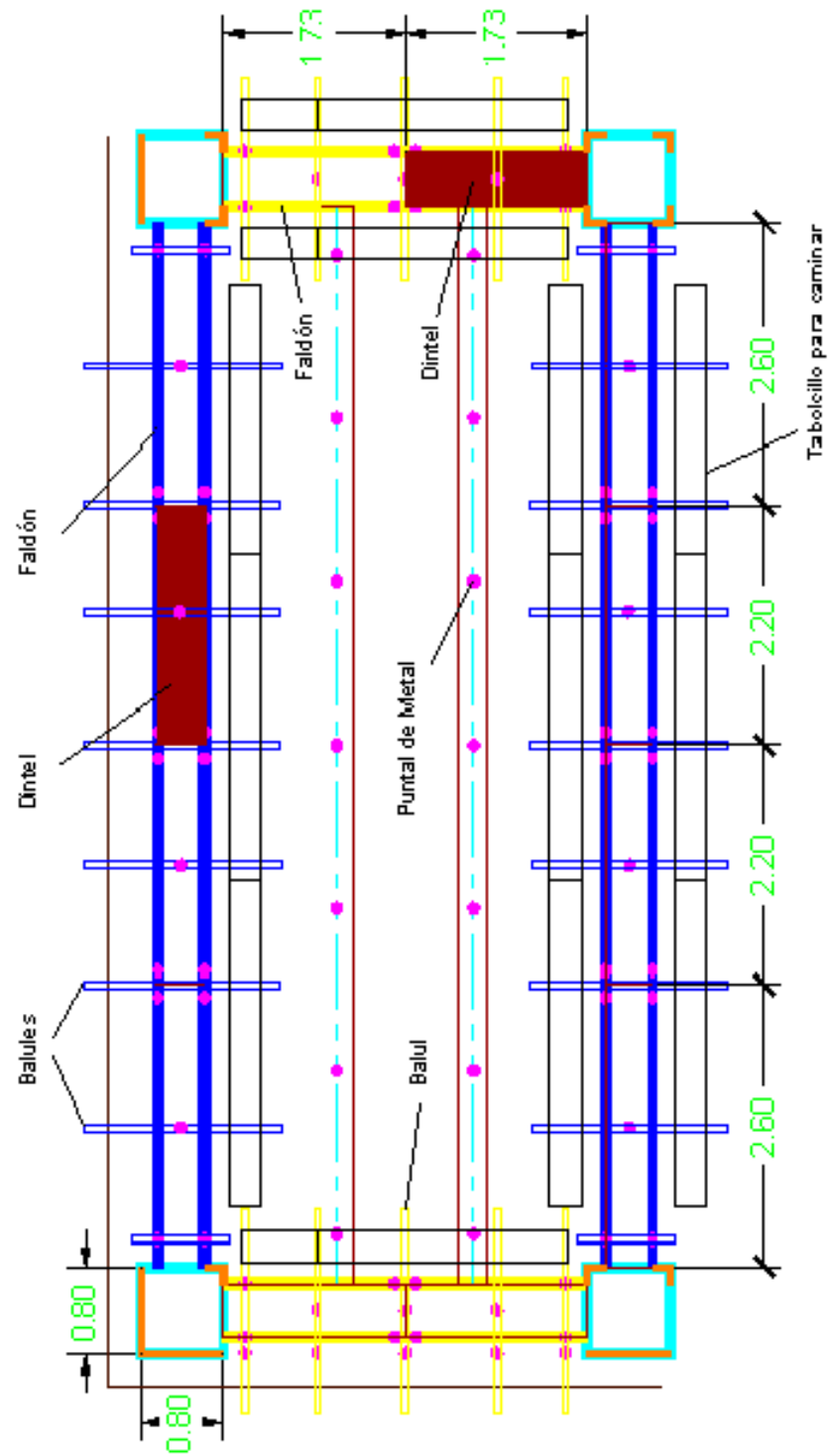
c. Madera

1) Formaleta. Mencionamos con anterioridad la importancia de contar con el diseño y cálculo estructural de todos los encofrados. A partir del cálculo habrá que producir planos de taller en los cuales se mostrarán todos los elementos y detalles necesarios para la ejecución de los trabajos. Serán estos planos de taller, los que nos servirán para cuantificar la madera y materiales necesarios para elaborar los diferentes encofrados.

En la figura 18 se muestra un plano de la formaleta para las vigas principales. Las formaletas están identificadas por colores, la formaleta azul va sobre los ejes letras y la amarilla va sobre los ejes número.

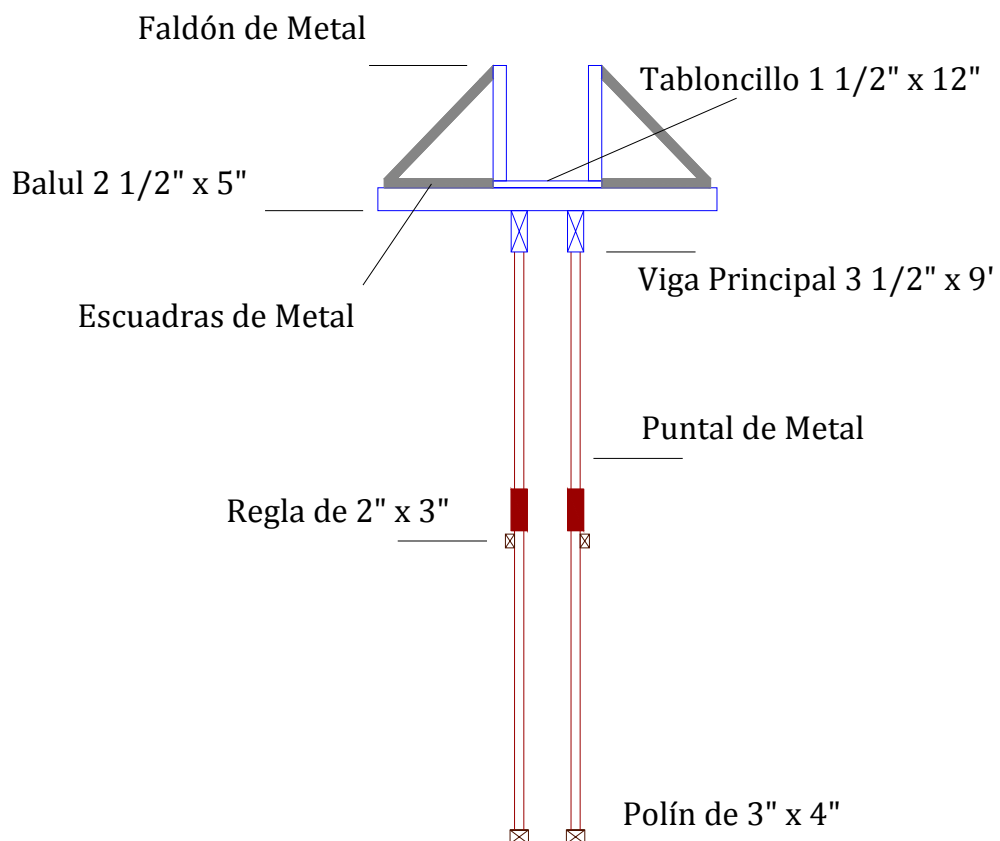
El sistema de encofrado es igual para todas las vigas, lo único que varía son sus partes, es decir las longitudes de las piezas y distribución del equipo, debido a la variación de longitud y secciones de las vigas. En este caso, no toda la formaleta es de madera, con el fin de ahorrar

Figura 18. Planta de ubicación y colocación de la formaleta para las vigas principales.



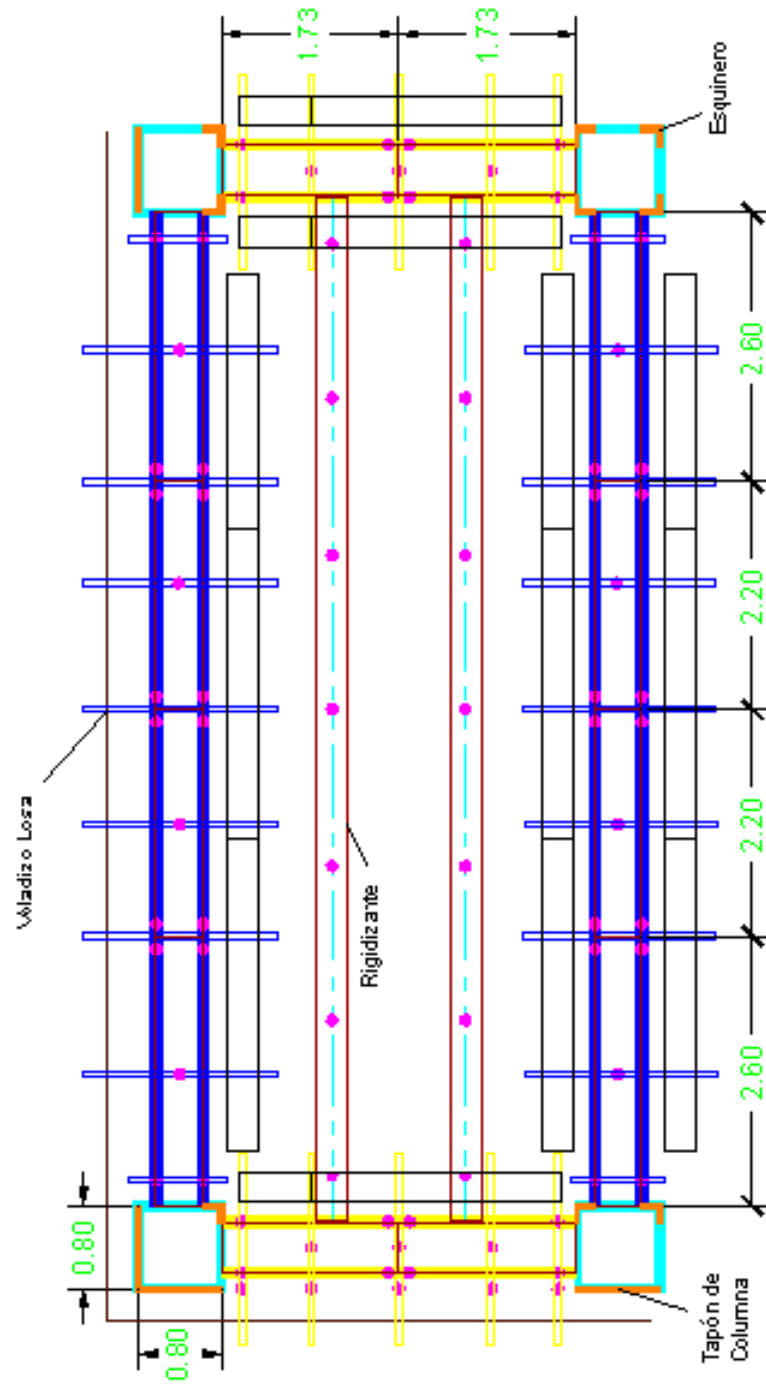
tanto en madera como en el costo de la formaleta, los faldones están divididos en dos tipos, paneles de metal con una superficie de plywood y ajustes de faldón; estos últimos están hechos con plywood fenólico y reglas de madera. Su función es completar las distancias con el faldón, ya que las piezas alquiladas vienen de un tamaño predeterminado y no están hechas a la medida la luz de las vigas.

Figura 19. Diagrama de las diferentes piezas que conforman la formaleta de las vigas.



2) Formaleta de Losas. La losa también necesita formaleta para su fundición. En la planta de la figura 20 se ilustran las piezas. El voladizo de la losa, los esquineros, los taponos de columna y los rigidizantes, en todos los casos se utiliza tablancillo de 1 1/2" x 10".

Figura 20. Planta de ubicación y colocación de la formaleta para las losas.



B. MANO DE OBRA

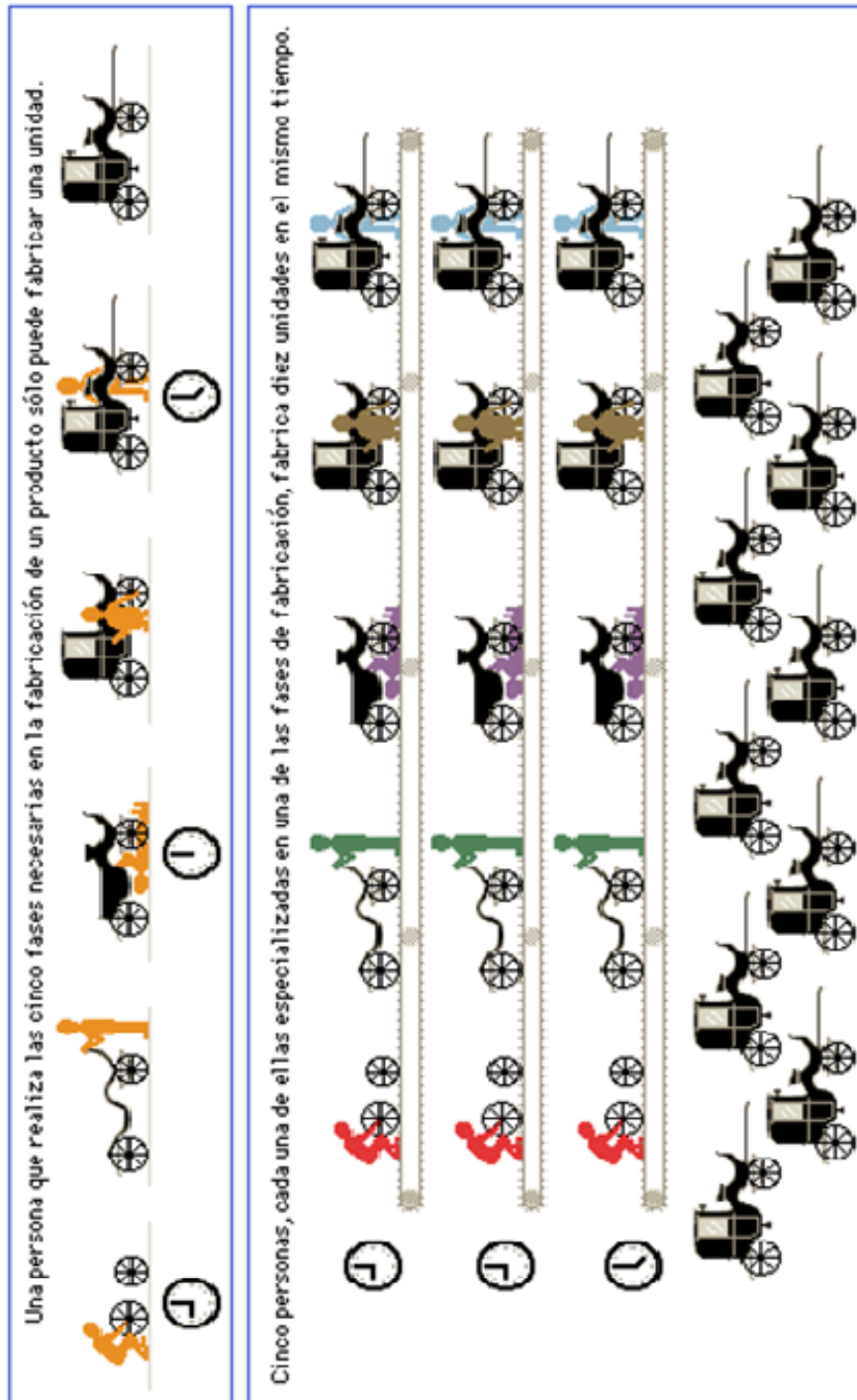
Debemos proponer el concepto de especialización de la mano de obra si queremos lograr la optimización. En este sentido debemos hacer énfasis en que la simplificación de los sistemas constructivos redundará en un mejor rendimiento de la mano de obra. Podrían mencionarse aspectos como la modulación exacta con relación a los bloques, uso de formaleta prediseñada, y algún equipo especial, como materiales idóneos para asegurarse más rapidez en el proceso como también una mejor calidad del producto terminado.

La división del trabajo es un principio básico de la industrialización. En la división de trabajo, cada trabajador es asignado a un cometido diferente, o fase, en el proceso de fabricación, y como resultado, la producción aumenta. Como muestra la figura 21, si una persona realiza las cinco fases en la fabricación de un producto puede hacer una unidad al día. Cinco trabajadores, cada uno especializado en una de las cinco fases, pueden hacer 10 unidades en el mismo tiempo.

Así como se recomienda una buena cuantificación de los materiales, igual aplica para la mano de obra. Se debe cuantificar el trabajo a realizar para que con base en rendimientos reales, aplicar el criterio de salarios y así definir duración de la actividad y precio de la misma, bajo el sistema de metas terminadas. La construcción en serie es un proceso repetitivo, de lo que hay que sacar provecho optimizando los recursos en general. Es muy importante definir las actividades de trabajo y asignarle un período de tiempo igual de ejecución. Esto con el fin de crear una rutina y hacer más fácil el cumplimiento de un programa.

La organización de los grupos de trabajo se realizó a partir de los rendimientos reales, de cada actividad, obtenidos en el campo; el procedimiento utilizado fue asignar a un operario para hacer las diferentes tareas en un tramo determinado, tomando nota del tiempo empleado.

Figura 21. División del trabajo en la industria



VI. RENDIMIENTOS REALES

El concepto de rendimiento de mano de obra, se refiere al volumen de trabajo que un operario es capaz de realizar en la unidad de tiempo. La unidad de tiempo puede ser por hora o por día. Es necesario conocer los rendimientos de la mano de obra para poder elaborar el programa de ejecución de un proyecto.

Conocer la cantidad de operarios y el tiempo en que realizarán una actividad determinada, nos capacita para calcular el costo y el tiempo de duración de la misma. Una forma de determinar el rendimiento, es dividir la actividad en sub-actividades, determinar esos pequeños tiempos que tarda cada una y luego sumarlos.

Tabla 7. Tabla de rendimientos reales obtenidos en campo. Las actividades conforman el proceso constructivo de la estructura de concreto.

RENDIMIENTOS REALES EN OBRA

ETAPA	ACTIVIDAD	PERS./ MAQ.	CANT.	U
Trazo y excavación de cimientos	Puenteado	2 Alb	5.96	m2/h
	Exc. de zapata (0.45m)	Retro	9	m3/h
	Exc. de zapata (0.60m)	Retro	20	m3/h
	Exc. de viga conectora	1 Ayu	0.38	m3/h
	Tallado de zapata	1 Alb	10.15	m2/h
	Compactación de zapata	1 Vibro + 3 Ayu	12	m3/h
Acero de refuerzo cimientos	Ensabietado zapata	1 Alb	15.82	m2/h
	Armado torre de andamios	2 Ayu	2.25	cama/h
Fundición cimientos Columnas	Tacos para cimientos	1 Alb + 1 Ayu	500	U/Día
	Encofrado pedestales	2 Alb	2.56	m2/h
	Encofrado columnas	2 Alb	6.56	m2/h
	Desencofrado columnas	2 Alb	8.74	m2/h
Vigas y losas	Colocación de dintel	2 Alb	1.38	ml/h
	Colocación de faldón	2 Alb	1.75	ml/h
	Colocación refuerzo vigas	1 Arm	130	oct/h
	Colocación de vigueta	1 Ayu	6	u/h
	Colocación de casetón	1 Ayu	20	u/h
	Colocación electromalla	1 Arm	14	m2/h

Tabla 8. Tabla de tiempos obtenidos en base a los rendimientos reales.

CÁLCULO DE TIEMPOS CON RENDIMIETNOS REALES

ETAPA	ACTIVIDAD	CANT. REALIZADAS	U	RENDIMIENTOS		TIEMPO REAL	U
Trazo y excavación de cimientos	Punteado	20.25	m2	5.96	m2/h	3.40	h
	Excavación de zapata (0.45m)	30.38	m3	9.00	m3/h	3.38	h
	Excavación de zapata (0.60m)	30.38	m3	20.00	m3/h	1.52	h
	Excavación de viga conectora	2.59	m3	0.38	m3/h	6.82	h
	Tallado de zapata	27.00	m2	10.15	m2/h	2.66	h
	Compactación de zapata	30.38	m3	12.00	m3/h	2.53	h
Acero de refuerzo Cimientos	Ensbietado zapata	27.00	m2	15.82	m2/h	1.71	h
	Armado de torre de andamios	5.00	camas	2.25	camas/h	2.22	h
Fundición cimientos Columnas	Encofrado pedestales	10.24	m2	2.56	m2/h	4.00	h
	Encofrado columnas	52.48	m2	6.56	m2/h	8.00	h
	Desencofrado columnas	52.48	m2	8.74	m2/h	6.00	h
Vigas y losas	Colocación de dintel	205.70	ml	1.38	ml/h	149.06	h
	Colocación de faldón	411.40	ml	1.75	ml/h	235.09	h
	Colocación refuerzo vigas	205,750.00	oct	130.00	oct/h	1582.69	h
	Colocación de vigueta	192.00	u	6.00	u/h	32.00	h
	Colocación de casetón	738.00	u	20.00	u/h	36.90	h
	Colocación electromalla	419.20	m2	14.00	m2/h	29.94	h

La tabla anterior muestra el tiempo que toma llevar a cabo cada actividad, basándose en los rendimientos reales obtenidos en campo. Por supuesto que hay que tomar en cuenta que no toda la gente trabaja igual, incluso con la maquinaria, depende mucho de la habilidad del operario para operar la máquina el tiempo que le tome realizar una tarea en específica. La función de los rendimientos es que nos ayudan a definir el ritmo del trabajo y el avance que se puede lograr, organizando los grupos de trabajo de acuerdo al tiempo que se tenga disponible, para poder definir y completar el programa de la obra.

VII. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROCESO

El elemento importante para la eficiencia en la organización de la mano de obra, es la simplificación de las tareas. La prefabricación de elementos que forman parte del proceso ayuda increíblemente a acortar los tiempos de ejecución. La idea es tener todo listo en el lugar de trabajo para que el operario se dedique exclusivamente a lo que es la tarea específica y que no pierda tiempo en acarreo de piezas faltantes.

Para nuestro caso hemos aplicado el concepto a las actividades siguientes:

Acero de refuerzo: Con base en las cuantificaciones y los planos de taller de zapatas, columnas y vigas, se cortan todas las barras a colocar al tamaño previsto; en el caso de estribos y eslabones se hacen los dobleces de una vez, dejándolos ya listos solo para amarrarlos en los elementos principales.

Formaleta de columnas: Sólo es cuestión de ensamblar las cajas porque ya todo está prefabricado, los 4 tableros que forman las caras de la columna, los anillos de metal para asegurar el cajón, etc. La cantidad de puntales para mantener la verticalidad son un mínimo de 6 por lado.

Vigas y losas: Los planos de taller como los de las figuras 18 y 20 son herramientas importantes que muestran cada uno de los elementos a colocar. La idea de pintar con diferentes colores cada uno de ellos es para facilitar la interpretación del dibujo. Cada color permitirá la rápida identificación de la pieza a colocar, con la única finalidad de eliminar el tiempo para buscar cada pieza. El grupo de acarreo puede incluso, dejar las piezas de una vez sobre el piso, pero en el tramo donde se van a colocar. Contando con una buena supervisión se pueden hacer efectivos todos estos movimientos.

La planificación del trabajo consiste en prever todos los pasos posibles, para que el operario tenga todo a la mano y que no pierda tiempo. Al definir los grupos de

trabajo se puede indicar en el plano de taller hasta los nombres de los operarios y asignarlos por tramo o por eje. Si los mismos operarios toman siempre los mismos ejes, llega el momento en que lo conocerán de memoria, lo que se traducirá en mejora del tiempo para completar las tareas.

Lo primero es establecer la secuencia del proceso constructivo:

1. Trazo de cimentación,
2. Excavación de zapatas y vigas conectoras,
3. Colocación de puentes,
4. Tallado de zapatas y vigas conectoras,
5. Colocación de refuerzo de zapatas,
6. Colocación y centrado de refuerzo de columnas,
7. Colocación de refuerzo de vigas conectoras,
8. Colocación de concreto de zapatas y vigas conectoras,
9. Formaleta de columnas,
10. Colocación de concreto de columnas,
11. Desencofrado de columnas,
12. Relleno estructural de zapatas y vigas conectoras,
13. Colocación de puntales y dinteles en vigas,
14. Colocación refuerzo de vigas,
15. Colocación de faldones en vigas,
16. Formaleta Losa – rigidizantes, aleros y especiales,
17. Colocar viguetas y casetones,
18. Colocación refuerzo de losas
19. Colocación de concreto de vigas y losas.
20. Fraguado del concreto de vigas y losas – Para la aplicación del sistema que proponemos, es necesario remover la formaleta después de 4 días de haber colocado el concreto. El Ingeniero Estructural deberá estar enterado y autorizar esa operación. Para el efecto será necesario hacer cilindros de concreto para romperlos al cuarto día y tener la certeza, de que alcancen como mínimo el 60% de la

resistencia especificada. Es importante aclarar, que el sistema de formaleta para vigas está diseñado de manera que se pueden desencofrar por tramos. Nótese en los planos de taller, que en los puntos donde se unen dos tramos de formaleta se colocan dos puntales de cada lado; esto tiene la ventaja de que se puede remover un tramo de formaleta, y antes de quitar los tramos vecinos, se deberán volver a poner en su sitio los puntales, de modo que la viga no se someta a carga hasta no llegar el concreto a los siete días de fraguado; en ese momento ya podemos remover todos los puntales, si fuera necesario usarlos en otro lado.

Luego se procede a organizar los grupos de trabajo a partir de los volúmenes de trabajo de cada etapa y la tabla de rendimientos reales. Para determinar el personal que va a realizar cada etapa es necesario fijar el tiempo para ejecutar las mismas; esto estará en función del plazo que establezca el dueño del proyecto para entrega de la obra; en nuestro caso establecimos metas diarias de trabajo y dividimos el área de cada nivel del edificio 1 en 10 tramos, como se muestra en la figura 22.

El programa resultante se muestra en la tabla 8; en la tercera columna hemos anotado la cantidad de personal en cada etapa producto del cálculo mencionado en el párrafo anterior.

Hay que tener presente que no todo está resuelto con haber hecho el programa. Es importantísimo que éste sea celosamente vigilado. El hecho de que las etapas deben cumplirse a diario, hace que el trabajo de la supervisión sea más exigente. Cualquier contratiempo deberá resolverse en cuestión de horas, ya que un atraso de cualquiera de los grupos afectará directamente a los grupos que siguen. El programa es el mejor aliado para detectar anomalías en el proceso, éste debe ser dinámico, en el sentido de que hay que controlarlo de forma periódica y estar listos para corregirlo en el momento en que se detecte cualquier cambio, ya sea por atraso o adelanto en las metas.

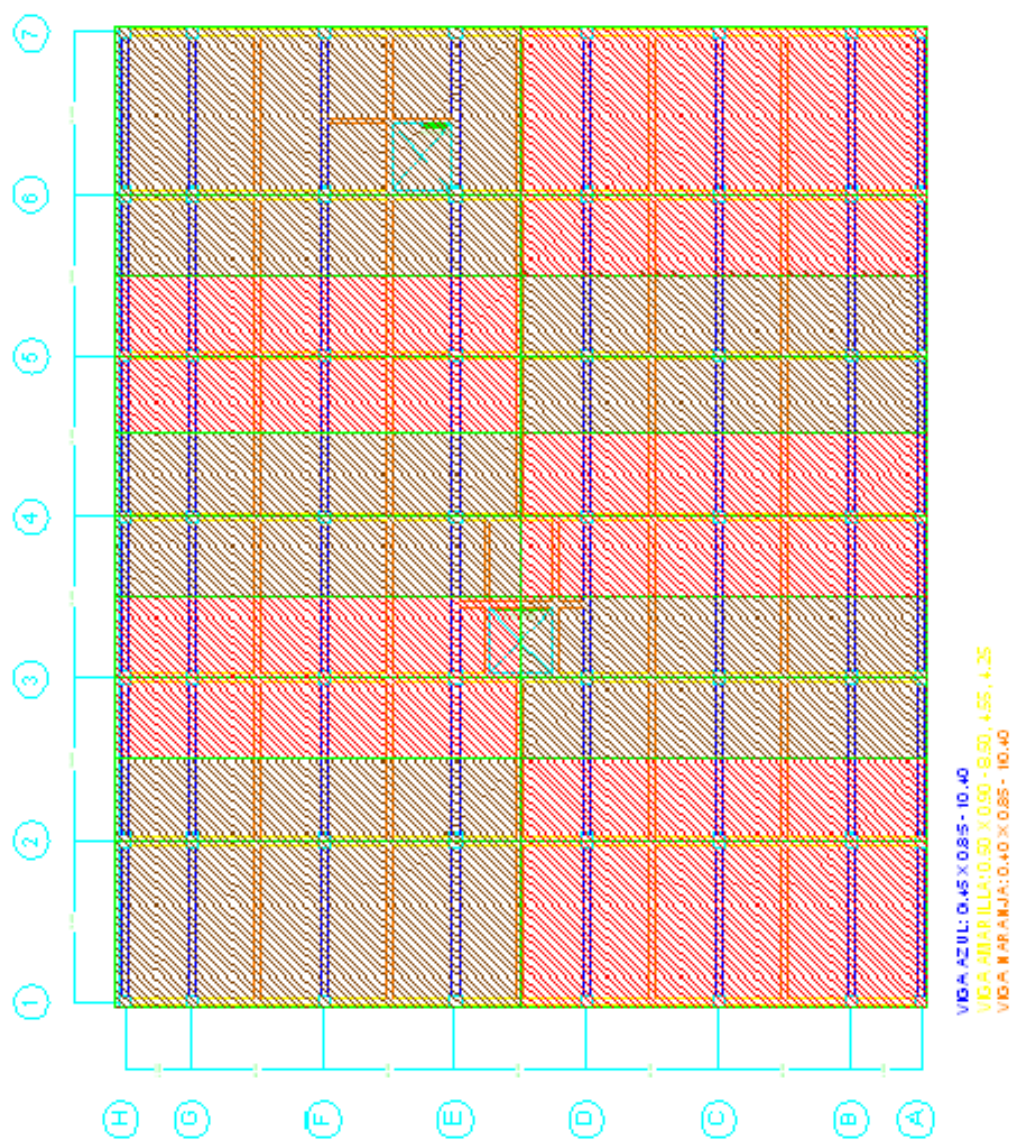
El programa es un instrumento valioso, ya que no solo nos sirve para controlar los tiempos de ejecución, sino que también es la guía para producir otros programas como: abastecimiento de materiales, herramienta, servicios, etc.

El programa nos indicará la cantidad de formaleta de vigas y losas que se requiere para poder ejecutar la obra según lo planificado. En la figura 22 se muestran los 10 sectores o tramos en que dividimos cada nivel para establecer las metas diarias de trabajo a realizar. En el programa de trabajo se identifican los sectores como tramo 1 del nivel 1, tramo 2 del nivel 1, tramo 3 del nivel 1 hasta llegar al último o sea el tramo 10 del nivel 1; el programa indica que continuamos al nivel 2 con el tramo 1 del nivel 2, tramo 2 del nivel 2, y así sucesivamente hasta llegar al tramo 10 del nivel 4.

Tomando en cuenta que la formaleta del tramo 1 del nivel la estamos removiendo completa, el día 14 después de haber iniciado el proceso de colocación de formaleta, es fácil deducir que la podemos volver a colocar en el tramo 5 del nivel 2. Teóricamente podríamos decidir comprar materiales para prefabricar una losa completa y la mitad de la otra, por razones prácticas, y previendo cualquier eventualidad, se recomienda prefabricar 2 veces el tamaño de una losa.

Si el proyecto consistiera en hacer solo el edificio 1, no será muy económico invertir en 2 juegos de formaleta ya que eso significa que le daremos únicamente 2 usos. Como el proyecto consta de otros 3 edificios, tal como se describió en un capítulo anterior, la inversión en 2 juegos de formaleta si se justifica pues la estaremos utilizando 7 veces. Hemos comprobado, en otros proyectos, que la formaleta para vigas y losas, bien cuidada, bien identificada y dándole un mantenimiento constante y adecuado, puede llegar a usarse hasta 12 veces.

Figura 22. Plano de metas de las fundiciones de las losas.



VIII. PEDIDOS DE MATERIALES

Con base en el programa de ejecución se procede a elaborar el programa de abastecimiento de materiales. Para ello proponemos la utilización de formatos diseñados para anotar los materiales a utilizar por semana, a manera que los mismos puedan servir como una requisición o pedido de materiales para los diferentes proveedores.

Contamos con la cuantificación de los materiales que se necesitan en cada etapa y sabemos las cantidades que vamos a utilizar en cada tramo programado. La tabla 8 muestra, en detalle, las cantidades de material que se consumen en cada una de las actividades del proceso cada día.

En la tabla 9 ya no hay tanto detalle, pero ya puede ser el pedido programado para el proveedor. Ya se muestran las fechas para períodos semanales de abastecimiento.

Previo a la compra de los materiales, se acostumbra solicitar tres cotizaciones, como mínimo, a los diferentes proveedores, para poder comparar precios y escoger lo más conveniente, siempre y cuando la calidad cumpla con las especificaciones. La experiencia nos indica que no siempre lo más barato es lo mejor; ha sucedido que los proveedores o contratistas con mejores precios no son lo que mejor cumplen con sus compromisos. A medida que se van conociendo a los proveedores se tomará en cuenta ese detalle para tomarlos en cuenta.

Vale la pena mencionar que los materiales deben estar en la obra, por lo menos dos semanas antes de la fecha de utilización; en prevención de cualquier contingencia es preferible tenerlos en la obra con anticipación, eso nos da tiempo para reclamar y activar la entrega al no recibirlos en la fecha programada.

Tabla 9. Detalle de materiales por actividad.

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CANTIDADES A USAR POR TRAMO X DÍA				TOTALES
	ZAPATAS	VIGAS CONECTORAS	COLUMNAS	VIGAS Y LOSAS	
ALAMBRE DE AMARRE					
ARENA DE RÍO (M3)					
CEMENTO (SACO)					
CLAVO PARA MADERA (LIBRA)					
HIERRO No.3 (VAR 12M)					
HIERRO No.3 (VAR 6M)					
HIERRO No.3 (VAR 9M)					
HIERRO No.4 (VAR 12M)					
HIERRO No.4 (VAR 6M)					
HIERRO No.4 (VAR 9M)					
HIERRO No.5 (VAR 12M)					
HIERRO No.5 (VAR 6M)					
HIERRO No.5 (VAR 9M)					
HIERRO No.6 (VAR 12M)					
HIERRO No.6 (VAR 6M)					
HIERRO No.6 (VAR 9M)					
HIERRO No.7 (VAR 12M)					
HIERRO No.7 (VAR 6M)					
HIERRO No.7 (VAR 9M)					
HIERRO No.8 (VAR 12M)					
HIERRO No.8 (VAR 6M)					
HIERRO No.8 (VAR 9M)					
HIERRO No.9 (VAR 12M)					
HIERRO No.9 (VAR 6M)					
HIERRO No.9 (VAR 9M)					
MADERA DE PINO CEPILLADA (PT)					
PIEDRÍN (M3)					

IX. SUPERVISIÓN DE OBRA

No existe empresa o actividad que pueda tener éxito sin una adecuada supervisión a todos los niveles, aunque se disponga de un excelente diseño arquitectónico y se planifique su construcción, éste se convertirá en simples documentos de archivo o fracasos si no se logra trasladarlo efectivamente a la práctica y el vehículo para ello es una supervisión técnica y profesional responsable.

Supervisión de obra puede definirse como la inspección, verificación y vigilancia constante de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la construcción de una obra. Da instrucciones y constatar que todos los trabajos sean ejecutados conforme a las normas y regulaciones técnicas, administrativas, financieras, legales, etc. De acuerdo con el contrato, planos, especificaciones y la ley.

Toda previsión y toda decisión puestas en práctica implican un control de las acciones desarrolladas. Los responsables directos de la dirección de las obras, a quienes están confiados los recursos a emplear deben rendir cuentas de su gestión.

Este control, a través de la supervisión, será más efectivo mientras más simples se diseñen los mecanismos y documentos del mismo. Para el efecto es importante que las etapas de trabajo estén bien definidas para que los encargados de la supervisión puedan realizar su trabajo de forma fácil.

La responsabilidad del supervisor abarcará los siguientes conceptos:

- La mano de obra
- Los materiales
- Los métodos y procesos de ejecución
- El desarrollo de los trabajos
- Le ejecución de las órdenes dadas
- La seguridad de las instalaciones
- La seguridad del personal

- Respeto al código de trabajo
- Respeto a los reglamentos de construcción y urbanismo
- Respeto a las normas del medio ambiente

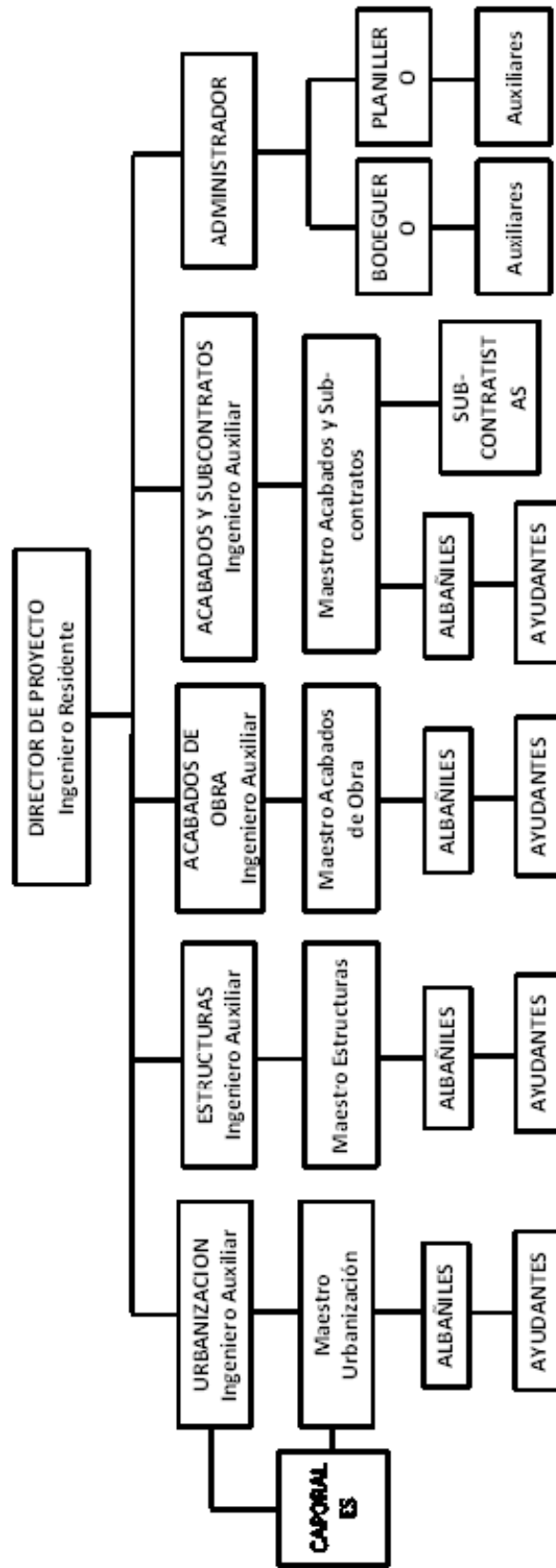
La lista anterior se explica por si misma e ilustra el alcance de la responsabilidad del constructor. Se hará necesario implementar un equipo de gente calificada a todo nivel para que la supervisión sea efectiva y poder garantizar tanto la buena ejecución de la obra, como la calidad del trabajo realizado sin descuidar el control del costo de producción.

En la tabla 11 se propone un organigrama sencillo de cómo organizar el personal que se encarga de la administración del proyecto.

El Ingeniero Residente, como Director del Proyecto, será el responsable del buen desempeño de todos sus colaboradores. Serán los Maestros de Obra, bajo las órdenes de los Ingenieros Auxiliares, los encargados de supervisar de forma directa a los trabajadores que ejecutan las tareas. Como hemos mencionado con anterioridad, mientras más simples sean las instrucciones y los sistemas constructivos, más sencilla será la supervisión de la mano de obra. El Ingeniero Residente con los Ingenieros Auxiliares deberán elaborar una lista de chequeo para hacer rutinario el trabajo de supervisión. Es muy importante la comunicación constante para constatar que las órdenes se ejecutan al pie de la letra. Es recomendable hacer reuniones diarias con los Ingenieros y maestros para corroborar el avance de acuerdo al programa, así como la evaluación de la calidad de la mano de obra con que se cuenta en ese momento; el propósito es que se tomen las decisiones en el momento justo y no esperar a que se compliquen las cosas.

Será el Administrador del Proyecto, a través del Bodeguero de materiales, el responsable que el suministro de materiales ingrese al proyecto en las fechas indicadas en los pedidos. La calidad de los mismos será constatada en el momento

Figura 24. Organigrama elemental administración de obra.



de la recepción; cualquier discrepancia con la calidad especificada será notificada de inmediato al Ing. Residente para que tome las medidas del caso.

Con materiales como el acero de refuerzo y el concreto, deben hacerse ensayos de laboratorio con cada entrega. Se recomienda hacer cilindros para prueba de concreto por cada 60 metros cúbicos suministrados, para chequear la resistencia a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto.

CONCLUSIONES

- Toda previsión y toda decisión puestas en práctica implican un control de las acciones desarrolladas
- Una buena cuantificación de material reduce al mínimo el porcentaje de desperdicio de cualquier material utilizado en obra.
- De vital importancia será que la cuantificación se haga con el más alto grado de exactitud para crear los programas de trabajo y de recursos lo más cercano a la realidad posible.
- Por la optimización de los recursos, tanto de mano de obra como de materiales, así como de herramienta y equipo, se logra ofrecer el producto terminado a un menor costo.
- Al dividir el trabajo, el encargado de cada tarea puede especializarse en ella y de esta manera, al juntar todas esas tareas en un gran proceso, se adquiere un mejor producto en menor tiempo.
- Para la determinación de los rendimientos de la mano de obra, es mucho más fácil si se fraccionan las actividades del trabajo.
- La supervisión a todo nivel garantiza la buena ejecución de todas las actividades. La comunicación es muy importante, ya que la información debe ser recibida y comprendida por cada uno de los elementos que tienen a su cargo la dirección y ejecución de la obra.
- La prefabricación de elementos de apoyo al proceso constructivo contribuye a simplificar el trabajo del operario. Esto obviamente, acortará los tiempos de ejecución en beneficio al costo del proyecto.
- Es sistema de producción en serie ayuda a optimizar el uso de los materiales; la repetición constante de las actividades permite distribuirlos por paquetes a cada una de las diferentes actividades del proceso.
- La planificación deberá ser flexible por la aparición de circunstancias inesperadas que puedan afectar el costo y desarrollo de la obra.
- De especial cuidado y observancia será la contratación del personal idóneo para desarrollar el sistema.

- El desarrollo del método de especialización del trabajo ha demostrado una eficiencia relevante como lo demuestra los incrementos de rendimiento de la mano de obra, principal factor de costo del proceso.
- De vital importancia será la consciente cotización de los materiales y servicios, con la finalidad de identificar tendencias alcistas en los precios.
- La especialización de la mano de obra se traduce en un mejor uso del equipo y los elementos prefabricados de apoyo al proceso. Por ejemplo podemos asegurar que a las formaletas de madera se les darán más usos que cuando se aplica el sistema de construcción tradicional.
- Así como se especializa el operario que participa en forma directa de la tarea, esa especialización se traslada a los maestros encargados de supervisar etapas específicas en áreas más localizadas y concentradas.

RECOMENDACIONES

- Para mejor control de la maquinaria, es necesario contar con el horómetro de la máquina funcionando y aparte se puede poner un “cheque”. Este “cheque” es un ayudante que se encarga de llevar el control de tiempo que se utiliza la máquina y que actividad realiza la misma.
- Es aconsejable conformar un grupo de colocación y vibrado de concreto. Mixto Listo ofrece este servicio, sin embargo en cuanto a costos se refiere, un grupo creado en obra reduce gastos en el renglón de fundiciones. Aparte que la calidad del acabado ya dependerá exclusivamente del personal de obra. La calidad que se espera de la empresa concretera no siempre es la mejor.
- Es necesario que exista un laboratorista de suelos en el proyecto, el control de los rellenos es vital para la calidad de la obra.
- Para las instalaciones provisionales, será mejor si se puede establecer un área segura por lo menos hasta que esté fundida la losa del sótano, ya que éstas son el centro de operaciones y el traspaso de lugar a lugar puede elevar mucho el costo de mano de obra como de materiales, a parte que se pierde tiempo en el proceso de la obra.
- Antes de comenzar cualquier proyecto es bueno contar con el estudio de suelos certificado. Para evitar problemas con la cimentación o el movimiento de tierras más adelante en el proceso.
- Se recomienda tener un estudio continuó del concreto que se utilice en obra por medio de los cilindros de concreto.
- El proceso de cimentación debería de realizarse en verano, para no cimentar en invierno por las complicaciones que éste trae.
- Hay que acostumbrarse a elaborar planos de taller para todas las etapas. Será el resultado para aplicar las mejores ideas de ejecución de las obras.
- Programar reuniones periódicas con los que participan en la ejecución de la obra. La comunicación es vital para que el trabajo avance de acuerdo a lo planificado.

BIBLIOGRAFÍA

- A. Castellanos González, O. F. 1987. <<Método de planificación, programación y control de proyectos habitacionales construidos en serie>>. Tesis Universidad Mariano Gálvez de Guatemala. 122 págs.
- B. Enciclopedia Microsoft ® Encarta ® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- C. Everard, N. J.; Tanner, J.L. 1966. *Theory and Problems of Reinforced Concrete Design*. Nueva York, Estados Unidos. 325 págs.
- D. González Cueva, O.M, Robles F., G. de L., J.C., Díaz de Cossio, R. 1974. *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. 1ª ed. D.F., México. 415 págs.
- E. H. Nilson, A. 1999. *Diseño de Estructuras de Concreto*. 12a ed. Santafé de Bogotá, Colombia. 722 págs.
- F. Hurd, M.K. 2005. *Formwork for Concrete*. 7ma ed. Michigan, Estados Unidos.
- G. Olivier, E. 1973. *Organización práctica de la construcción y obras públicas*. 1ª ed. Barcelona, España. 410 págs.
- H. Saca Giacoman, L. A. 1984. <<Efectos de las vigas conectoras en la fundación de edificios de marcos rígidos>>. Tesis Universidad Mariano Gálvez de Guatemala. 116 págs.
- I. Toralla Calderón, F. X. 1999. <<Optimización de los recursos en la construcción de viviendas en serie con un modelo real>>. Tesis Universidad San Carlos de Guatemala. 81 págs.