

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE  
VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL**

TESIS

presentada a la Junta Directiva de la  
Facultad de Ingeniería  
por

**FERNANDO XAVIER TORALLA CALDERÓN**

al conferírsele el título de

**INGENIERO CIVIL**

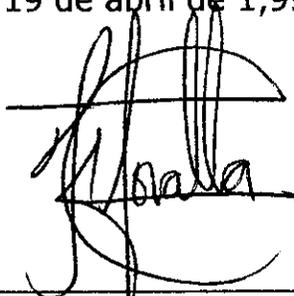
GUATEMALA, AGOSTO DE 1,999

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de abril de 1,999.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Toralla', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

**Fernando Xavier Toralla Calderón**

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios  
VOCAL 1º.: Ing. José Francisco Gómez Rivera  
VOCAL 2º.: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
VOCAL 3º.: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana  
VOCAL 4º.: Bachiller Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán  
VOCAL 5º.: Bachiller Mauricio Grajeda Mariscal  
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios  
EXAMINADOR: Ing. Raúl Alberto Marroquín y Marroquín  
EXAMINADOR: Ing. Miguel Angel Dávila Calderón  
EXAMINADOR: Ing. Rolando Grajeda Tobar  
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala, 5 de Mayo de 1999

Ingeniero  
Guillermo Francisco Melini Salguero  
Jefe de Departamento  
Construcciones Civiles  
Facultad de Ingenieria

Señor Melini:

Por este medio me permito informar a usted que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante Fernando Xavier Toralla Calderón, titulado OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL.

Los cálculos, conceptos y criterios plasmados en este trabajo de tesis son responsabilidad del estudiante y del suscrito.

Después de haberlo leído y analizado, considero que satisface los objetivos que motivaron la selección de dicho tema. Por lo tanto procedo a la aprobación del trabajo realizado.

Sin otro particular me suscribo de usted, atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



HECTOR CRUZ LORENZANA  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO 797

Ing. Héctor Eugenio Cruz Lorenzana  
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 22 de Julio de 1999.

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Después de analizar y revisar el trabajo de tesis titulado, OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL, presentada por el estudiante universitario Fernando Xavier Toralla Calderón, con carnet número 89-16274, quien contó con la asesoría del Ingeniero Héctor Cruz Lorenzana, tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado conforme a los requisitos establecidos, por lo que en mi calidad de Coordinador del Area de Construcciones Civiles de la Escuela de Ingeniería Civil me permito solicitar se continúen los tramites respectivos para su aprobación.

Sin otro particular.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

~~Guillermo Francisco Melini Salguero~~  
~~Coordinador Area de Construcciones Civiles~~  
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Héctor Eugenio Cruz Lorenzana y del Coordinador del Area de Construcciones Civiles Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, del trabajo de tesis del estudiante Fernando Xavier Toralla Calderón, titulado OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, agosto de 1,999

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA EN SERIE CON UN MODELO REAL, del estudiante Fernando Xavier Toralla Calderón, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, agosto de 1,999

*A mi madre,  
Gladys Calderón Viemann  
Gracias...*

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	<i>i</i>
GLOSARIO .....	<i>iv</i>
INTRODUCCIÓN .....	<i>xi</i>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Juego de Planos.....	2
1.2 Definiciones .....	10
1.2.1 Epecificaciones generales .....	10
1.2.2 Vivienda .....	11
1.2.3 Tipo de cimentación .....	13
1.2.4 Instalaciones bajo piso .....	14
1.2.4.1 Instalaciones eléctricas .....	14
1.2.4.2 Instalaciones hidráulicas .....	15
1.2.5 Relleno, compactación y nivelación .....	16
1.2.6 Tipo de muros .....	16
1.2.7 Tipo de losas .....	17
1.2.8 Tipo de acabados.....	18
1.2.8.1 Repello .....	20
1.2.8.2 Cernido Plástico .....	20
1.2.9 Tipo de piso .....	21
1.3 Actividades constructivas por casa .....	21
1.4 Programación de actividades .....	23

<b>2.</b>	<b>OPTIMIZACIÓN DE LA MANO DE OBRA .....</b>	<b>25</b>
2.1	Especialización de la mano de obra .....	25
2.2	Determinación de rendimientos de mano de obra .....	28
2.3	Promoción del operario .....	40
2.4	Supervisión especializada en campo .....	41
2.5	Creación de metas de trabajo .....	43
2.6	Desfases de metas .....	45
<b>3.</b>	<b>APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES</b>	
	<b>DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>49</b>
3.1	Cuantificación de materiales .....	59
3.2	Paquetes de materiales por actividad constructiva .....	65
3.3	Prefabricados .....	70
<b>4.</b>	<b>USO ÓPTIMO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO .....</b>	<b>76</b>
4.1	Cálculo de cantidad de herramienta por actividad .....	76
4.2	Equipo necesario .....	79
	CONCLUSIONES .....	xv
	RECOMENDACIONES .....	xvii
	BIBLIOGRAFÍA .....	xix

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

	Página
1. Planta amueblada del primer nivel .....	3
2. Planta amueblada del segundo nivel .....	4
3. Cimiento y modulación columnas de planta baja .....	5
4. Modulación columnas de planta alta .....	6
5. Detalles de muro, columnas y vigas .....	7
6. Losa de entrepiso .....	8
7. Losa de techo .....	9
8. Detalle de cimiento corrido hasta solera de humedad .....	13
9. Losas de vigueta y bovedilla .....	19
10. La producción industrial .....	27
11. Planilla de hierro para cimientos .....	54
12. Planilla de hierro para columnas .....	55
13. Planilla de hierro para solera de humedad .....	56
14. Empalme de columnas con fracción de varilla exacta.....	57
15. Prefabricado modulado .....	73
16. Elementos Prefabricados .....	74
17. Elementos prefabricados para instalaciones hidráulicas .....	75

## **TABLAS**

	<b>Pàgina</b>
I. Tipos de tubería utilizada en este proyecto .....	15
II. Actividades de trabajo para la elaboración de una casa .....	22
III. Programa de construcción de 10 casas por semana .....	24
IV. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	32
V. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	33
VI. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	34
VII. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	35
VIII. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	36
IX. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	37
X. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	38
XI. Rendimientos de mano de obra por grupos de trabajo .....	39
XII. Distribución de actividades de trabajo entre los maestros de obra .....	42
XIII. Control de muestras de concreto .....	44
XIV. Detalle del costo de mano de obra .....	46
XV. Detalle del costo de mano de obra .....	47
XVI. Detalle del costo de mano de obra .....	48
XVII. Medidas, pesos y longitudes de varillas de construcción.....	58
XVIII. Detalle del costo de materiales .....	60
XIX. Detalle del costo de materiales .....	61
XX. Detalle del costo de materiales .....	62
XXI. Detalle del costo de materiales .....	63

	Pàgina
XXII. Detalle del costo de materiales .....	64
XXIII. Paquete de materiales para 10 casas .....	66
XXIV. Paquete de materiales para 10 casas .....	67
XXV. Pedido semanal de materiales por grupo de 10 casas .....	68
XXVI. Pedido semanal de materiales por grupo de 10 casas .....	69
XXVII. Cálculo de la cantidad de herramienta a requerir por actividad de trabajo .....	77
XXVIII . Cálculo de la cantidad de herramienta a requerir por actividad de trabajo .....	78

## GLOSARIO

**Almádana.** Mazo de hierro con un mango largo para romper piedras.

**Asperjar.** Esparcir en menudas gotas un líquido.

**Azadón.** Azada de pala algo curva y más larga que ancha, que sirve para remover la tierra.

**Barreta.** Especie de piqueta que usan los albañiles, mineros, etc. Se usa para hacer agujeros o zanja en la tierra.

**Batea.** Especie de artesa de madera que se usa para hacer las mezclas.

**Bloc.** Bloque de construcción de mampostería formada a máquina, compuesta de cemento portland, agregados y agua. Son colocados con mortero u otro material cementante entre sus uniones.

**Bovedilla.** Bloque de concreto liviano para relleno de losas nervuradas.

**C.P.V.C.** Son las siglas en inglés de Poly Vinyl Chloride, adoptadas internacionalmente para denominar a los productos fabricados con Cloruro de Polivinilo. (En tuberías resiste agua caliente).

**Cajón.** Caja de metal o madera, con cerradura, para guardar la herramienta de los grupos de operarios.

**Capote.** Faja de lámina que se utiliza para tapar juntas entre muros, y así evitar penetración de agua de lluvia.

**Carreta.** Carro pequeño de mano, con una rueda en la parte anterior, con capacidad de más o menos 0.04 m<sup>3</sup>.

**Cesión.** Renuncia de alguna cosa, posesión, acción o derecho que una persona hace a favor de otra.

**Ciclo.** Período de tiempo en que se verifican una serie de procesos constructivos hasta llegar a uno a partir del cual vuelven a producirse en el mismo orden.

**Cinta 30 m.** Se refiere a una cinta métrica para medir hasta 30 metros de una sólo vez.

**Columna.** Para este trabajo de tesis, se entiende por un elemento estructural vertical de sostén y apoyo, fabricado de concreto armado y generalmente de sección cuadrada.

**Corral.** Se dice del puente que rodea el terreno para hacer el trazo de la casa con los niveles y ejes correctos. Puede ser metálico o de madera.

**Cubeta.** Recipiente en forma de cono truncado, usado para el acarreo de concreto, agua, etc.

**Desencofrante.** Por lo general, son aceites emulsionables color ámbar que evitan la adherencia del concreto a la formaleta, para obtener superficies limpias y sanas.

**Desportillón.** Deterioro de los cantos de las paredes.

**Electromalla.** Malla de hierro de alta resistencia, y sus amarres son hechos con soldadura eléctrica.

**Electropanel.** Espuma de poliestireno expandido ( monoport) de 5.5 centímetros de grueso, con electomalla de acero de alta resistencia en ambas caras, formando la estructura principal de un muro o losa.

**Entrepiso.** En una casa de dos niveles se le llama así a la losa del primer nivel.

**Escuadrilón.** Instrumento compuesto solamente de dos reglas de metal, en ángulo recto, que se usa para chequear ángulos de 90 grados al momento del trazo.

**Eslabón.** Hierro en forma de gancho para sujetar dos hierros.

**Estribo.** Hierro en forma de anillo para sujetar más de dos hierros.

**Estuque.** Material con color a base de cemento que se emplea para llenar las juntas entre los pisos.

**F.H.A.** Siglas del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas.

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

**Granza.** Arena gruesa y liviana.

**Hidrobàn.** Es un recubrimiento asfáltico cuya finalidad es impermeabilizar y proteger mampostería.

**Hormigón.** Material de construcción formado por una mezcla de agregados finos y gruesos. Se dice que está armado cuando es reforzado en su interior por una armadura de barras de hierro o acero para que una vez fraguado, absorber los esfuerzos de tracción a que pueda ser sometido.

**Losa.** Parte interior o superior que cubre una habitación.

**Mampostería.** Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.

**Mazo de metal.** Con base plana y mango pesado para compactar el suelo.

**Mixto Listo.** Empresa que se dedica a vender el concreto ya mezclado.

**Mocheta.** Se le llama a las columnas con menos área en sección. Generalmente su armado es de dos hierros.

**Nivel de dos pies.** Instrumento de nivelación de burbuja con un perfil de aluminio de dos pies de largo.

**Operario.** Obrero o trabajador manual retribuido.

**P.V.C.** Son las siglas en inglés de Poly Vinil Chloride, adoptadas internacionalmente para denominar a los productos fabricados con Cloruro de Polivinilo. (En tuberías solamente resiste agua fría).

**Pala.** Herramienta formada por una lámina de hierro de forma rectangular o trapezoidal, adaptada a un mango, de tamaño muy variado según la diversidad de sus usos.

**Pega piso.** Material diseñado para un fraguado lento que pega piso cerámico.

**Peralte.** Espesor de la losa.

**Piocha.** Herramienta con una boca cortante, a manera de pico, para excavar.

**Plomo de centro.** Pesa de metal que, colgada de una cuerda, sirve para señalar la línea vertical.

**Pómez.** Piedra liviana de origen volcánico, esponjosa, frágil, de color agrisado y textura fibrosa.

**Porcelana.** Polvo de porcelana que con cemento blanco sirve de estuque.

**Resina.** Pegamento de origen vegetal con algunos químicos.

**Revenimiento.** Prueba que se hace al concreto recién hecho, se mide cómo vuelve a retornar a su estado propio (encogerse).

**Ripio.** Desecho de materiales de obra de albañilería, usados para rellenar huecos.

**Séptimo.** Por cada seis días de trabajo continuo se paga un séptimo día.

**Serco.** Empresa que se dedica a la colocación del concreto con equipo especial.

**Sismo.** Sacudida de la superficie terrestre debida a dislocaciones de su corteza, a explosiones volcánicas, etc.

**Solera.** Elemento constructivo horizontal que resiste esfuerzos de corte en muros. Éstas se construyen abajo, en medio y arriba del muro.

**Tonel.** Recipiente con capacidad de 54 galones.

**Uña.** Herramienta de hierro que sirve para extraer clavos con facilidad por su forma de palanca.

**Vigueta.** Elemento prefabricado de concreto armado, sirve para la estructura de una losa.

## INTRODUCCIÓN

La complejidad de la vida moderna ha provocado la proliferación de tipologías constructivas. En nuestros días, la arquitectura occidental está especialmente dedicada al diseño de viviendas unifamiliares, viviendas colectivas, edificios de oficinas, centros comerciales, supermercados, escuelas, etc. En cualquier caso, el proyecto de un edificio nunca se realiza de forma aislada, sino que ya se presta especial atención a sus interacciones con el entorno.

Por eso, en nuestro medio se debe dar importancia al problema de ***la escasez de vivienda por su alto costo.***

Esto empieza porque las urbes tienden a crecer, y es característico de los países de escasos recursos su desordenado crecimiento.

Existe migración en busca de oportunidades de trabajo u otras razones que no viene al caso mencionar.

Toda la población empieza a verse con el problema de vivienda, porque existe más demanda y tiende a subir de precio la tierra.

Ya no se ven aquellas viviendas ostentosas, las áreas verdes van quedando en los barrancos, que por lo general se transforman en basureros clandestinos.

En el país, la tasa de crecimiento poblacional es alta y esto en un contexto teórico hace prever la cantidad de pobladores a corto o a largo plazo. Pero imposible ser futuristas a cabalidad por limitantes económicas, y es así como se viene el problema de la escasez de vivienda.

En sí el problema de la no-vivienda popular, afecta a la mayoría de la población, a la que es de escasos recursos, que no poseen tierras y se ven obligados a crear asentamientos humanos en laderas de barranco que limitan las áreas protegidas por cuestiones de medio ambiente, por ejemplo la tala inmoderada y la improvisación de las viviendas que no permiten una planificación y ejecución de un alcantarillado y mucho menos el tratamiento de las aguas servidas.

Es por eso la importancia de presentar un modelo de cómo optimizar los recursos al construir vivienda en serie, ya sea popular o no.

Se entiende por vivienda popular una casa de 40 a 80 m<sup>2</sup> de construcción.

Últimamente la tecnología en la construcción ha estado avanzando a paso ligero, por ejemplo el uso de los elementos prefabricados es una forma de producir las viviendas a una mayor velocidad y a un menor costo.

Generalmente estos elementos prefabricados son de concreto armado o de metal. Hasta ahora por las condiciones climáticas y sísmicas del país esos materiales son los que muestran mayores ventajas.

Este trabajo de tesis, puede interesar tanto a constructores como a instituciones que de alguna forma están vinculados con la construcción de vivienda, pues trata de mostrar, basándose en rendimientos de actividades por obrero, que las casas construidas en serie son mucho más económicas que las casas construidas individualmente.

Se presentan varios cuadros de resumen, donde aparecen tabulados datos de importancia para el logro de un buen control en la mano de obra, los materiales, herramienta y equipo.

El éxito de este sistema constructivo, de producir casas en serie, es básicamente hacer que el obrero llegue al objeto y que se especialice en una determinada tarea.

Al albañil que se le asigna trabajar con el hierro no tiene por que preocuparse por las cucharas u otras herramientas, más que por sus grifas, tenazas y cizallas. Al igual que el que pega blocs no tiene que ver con parales extensibles que se utilizan en otra etapa.

La construcción en serie es un proceso repetitivo, de lo que se debe sacar provecho optimizando los recursos en general. Por supuesto, en este tipo de construcción es de mucha importancia definir las actividades de trabajo y asignarles un periodo de tiempo igual de ejecución. Esto con el fin de crear una rutina y hacer mucho más fácil el cumplimiento de un programa de actividades de trabajo.

Se desea, con la presentación de este trabajo, motivar a los constructores a tratar de ser eficientes, contribuyendo así a la solución de una problemática nacional que aqueja a las mayorías, es decir, a aquella población que no cuenta con casa propia.

# **1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El presente estudio es en base al proyecto habitacional Colinas de Monte María, que se encuentra ubicado en la carretera CA-9, que conduce hacia el Sur del país, a la altura del Km. 14, en jurisdicción del municipio de Villa Nueva, en la colindancia con el municipio de Mixco y la ciudad capital.

Actualmente el proyecto se encuentra en etapa de ejecución de la primera fase, la cual consiste en la construcción de 1086 viviendas.

El estudio se realiza en base a la información de los planos y visitas de campo, el proyecto consiste en habilitar 1086 viviendas de dos niveles con servicios básicos y áreas de cesión.

Se ha diseñado un lote típico de 6.20 metros de frente, por 15.00 metros de fondo, para hacer un área de 93 m<sup>2</sup>, cada uno.

Todos los lotes tendrán acceso directo, a través de las calles de circulación interna del proyecto y han sido distribuidos en bloques o manzanas de diferentes tamaños. Por otra parte, la orientación en la mayoría de los lotes es de norte a sur.

Cada vivienda ocupa 83.6 m<sup>2</sup> de construcción dentro del lote, y todas tendrán los siguientes ambientes:

## **PRIMER NIVEL**

- ⊙ Área social: Sala  
Comedor  
Servicio Sanitario
- ⊙ Área de Servicio: Cocina  
Lavandería y patio de servicio  
Parqueo para dos vehículos

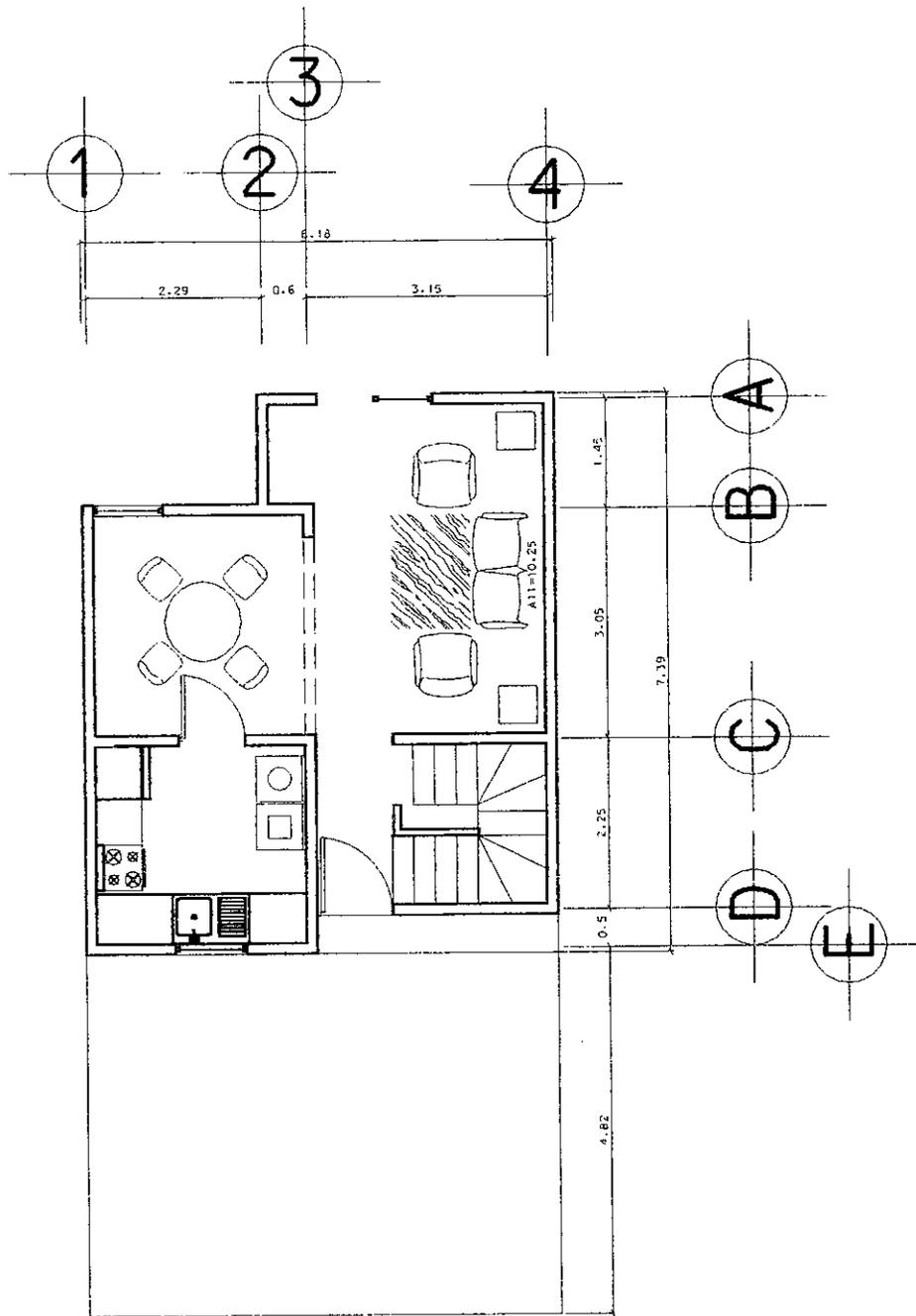
## **SEGUNDO NIVEL**

- ⊙ Área privada: Tres dormitorios con servicio sanitario compartido.

### **1.1 Juego de planos**

A continuación se presentan algunas vistas en planta del tipo de casa que se construye en este proyecto. Ver figuras 1 a 7.

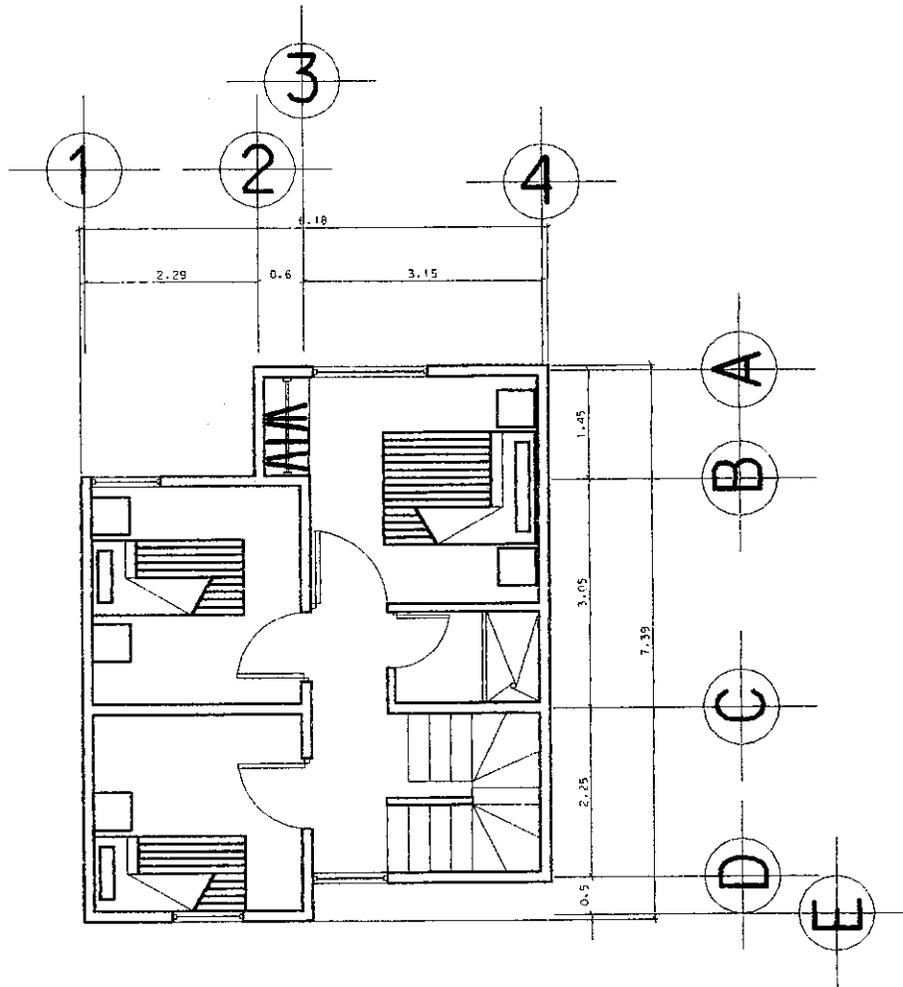
FIGURA 1. PLANTA AMUEBLADA DEL PRIMER NIVEL



PLANTA BAJA  
AMUEBLADA

ESCALA 1:100

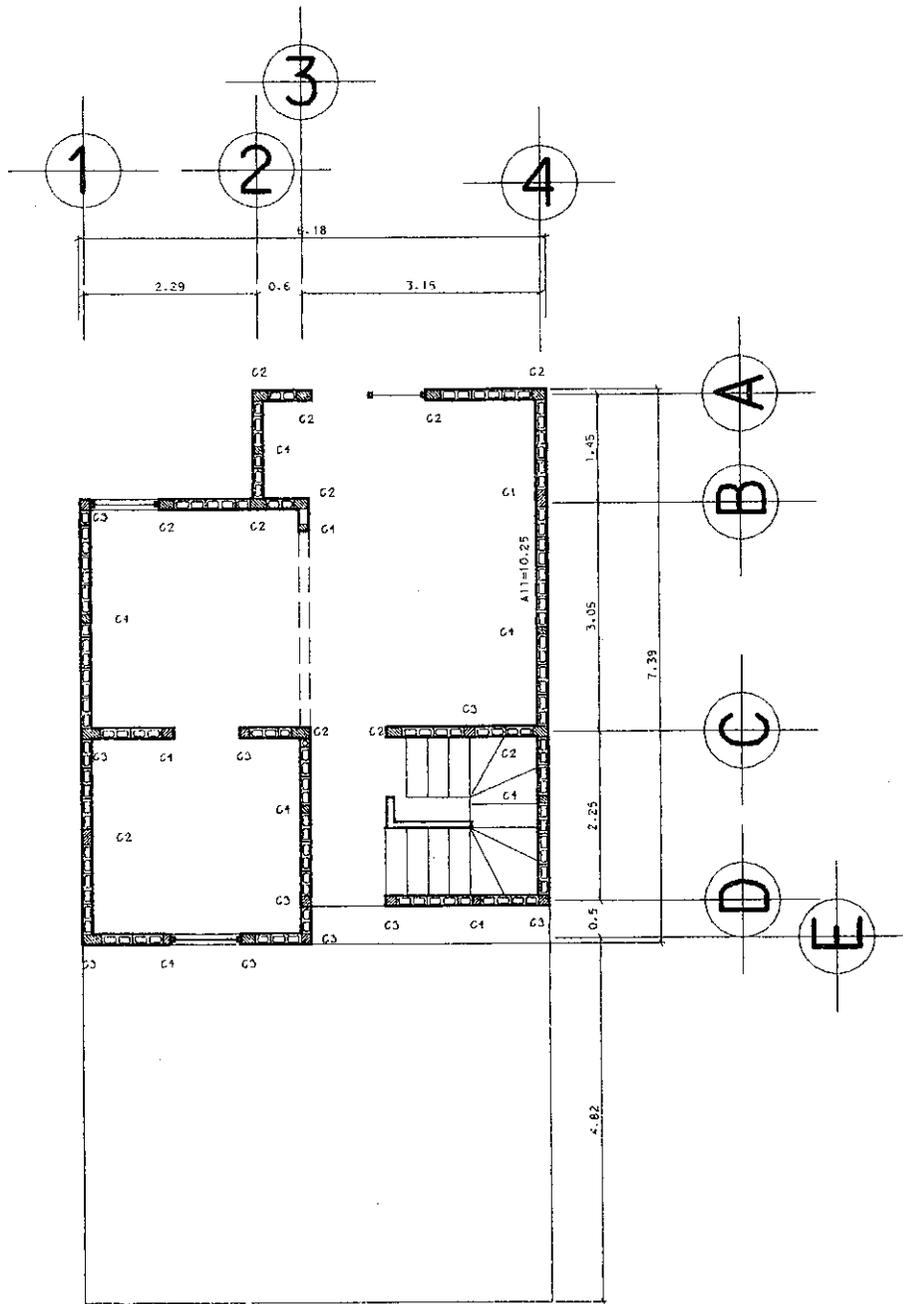
FIGURA 2. PLANTA AMUEBLADA DEL SEGUNDO NIVEL



PLANTA ALTA  
AMUEBLADA

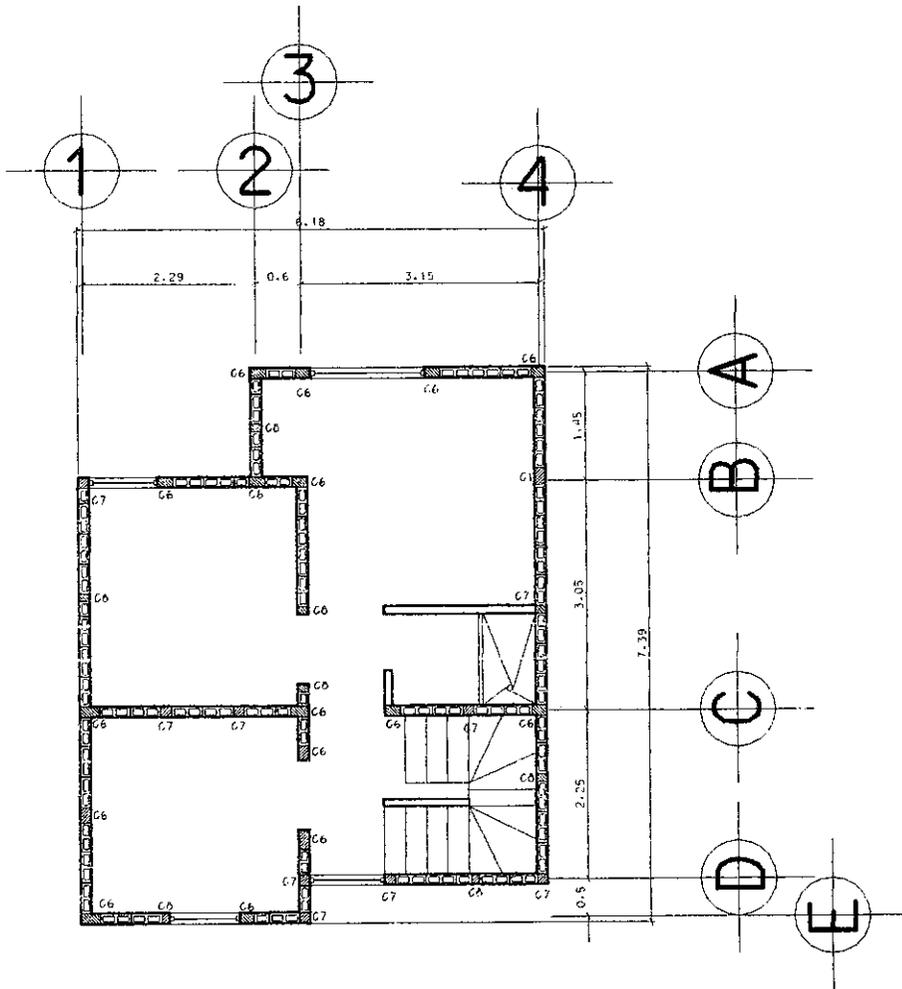
ESCALA 1:100

FIGURA 3. MODULACIÓN COLUMNAS DEL PRIMER NIVEL



PLANTA BAJA  
MODULACIÓN COLUMNAS ESCALA 1:100

FIGURA 4. MODULACIÓN DE COLUMNAS DEL SEGUNDO NIVEL



# PLANTA ALTA MODULACIÓN COLUMNAS

ESCALA 1:100

FIGURA 5. DETALLES DE MUROS, COLUMNAS Y VIGAS

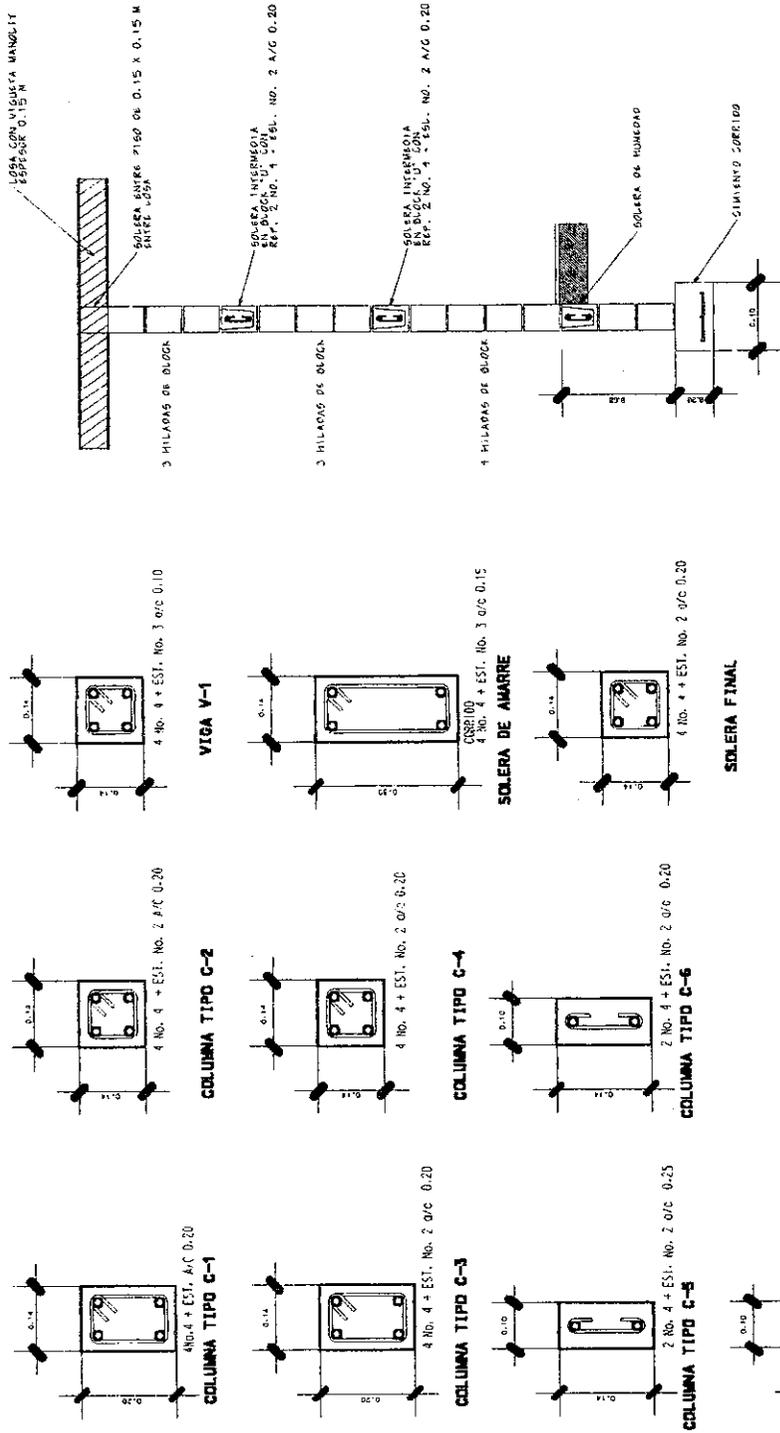
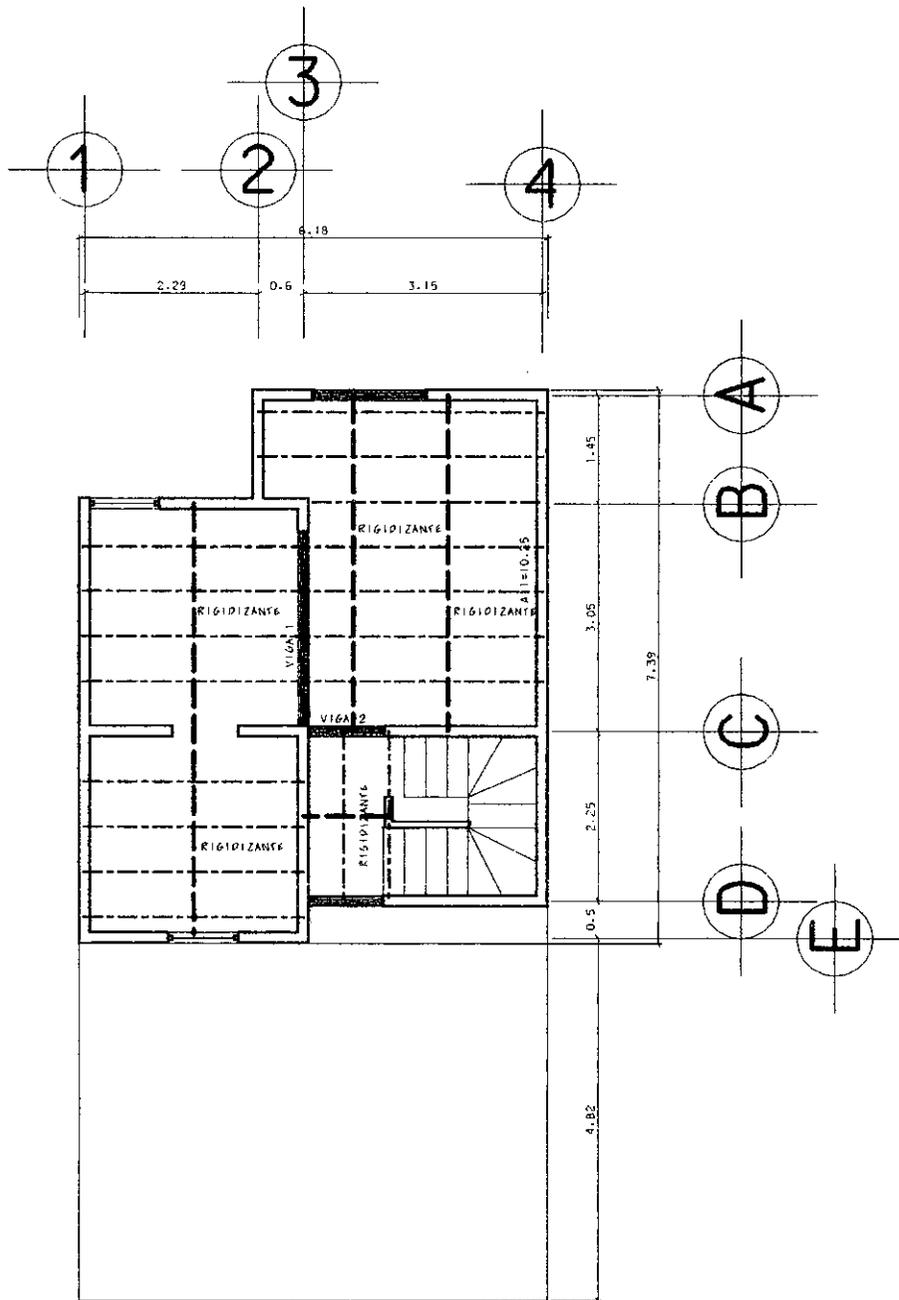


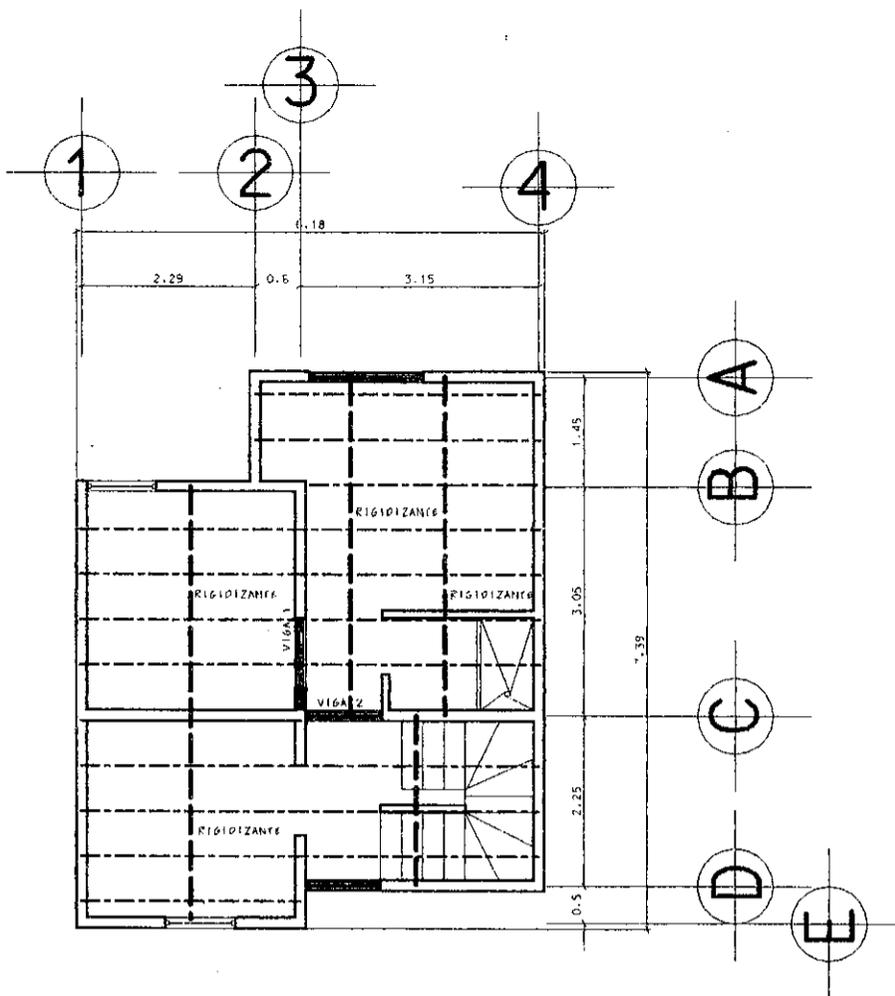
FIGURA 6. LOSA DE ENTREPISO



LOSA DE ENTREPISO  
VIGUETAS Y VIGAS

ESCALA 1:100

FIGURA 7. LOSA DE TECHO



## LOSA DE TECHO VIGUETAS Y VIGAS

ESCALA 1:100

9

Mampostería

- **Materiales utilizados:** Concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
Acero de refuerzo  $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$   
Mampostería  $f'm = 50 \text{ Kg/cm}^2$   
Losa : Viguetas prefabricadas  
 $t = 0.15 \text{ m}$

- **Longitudes de traslape y**

**Desarrollo:**

Barra No.3:  $l_t = l_d = 35 \text{ cm.}$

Barra No.4:  $l_t = l_d = 50 \text{ cm.}$

Viva techos: 100 Kg/m<sup>2</sup>  
Pared de bloc màs acabados:  
250 Kg/m<sup>2</sup>  
Acabados màs ceràmica entrepiso:  
92 Kg/m<sup>2</sup>  
Acabados màs impermeabilizante  
Techos: 125 Kg/m<sup>2</sup>  
Relleno de granza en baño  
entrepiso: 640 Kg/m<sup>2</sup>  
Viva escaleras: 400 Kg/m<sup>2</sup>

⊙ **Recubrimientos mínimos en elementos:**

Losas, columnas y mochetas: 2 cm.  
Vigas: 4 cm.  
Cimiento corrido: 7 cm.  
Solera de amarre: 7 cm.

⊙ **Suelos:**

Profundidad de cimentación: 0.60m  
Valor soporte: 15,000 Kg/m<sup>2</sup>

### **1.2.2 Vivienda**

Las características concretas de una casa dependen del clima, del terreno, de los materiales disponibles, de las técnicas constructivas y de numerosos factores como la clase social o los recursos económicos de sus propietarios.

Hoy las viviendas también pueden disponer de diversas zonas no habitables, como talleres, garaje o habitaciones de invitados, aparte de los diversos servicios que se necesitan en la vida diaria. Las casas se pueden construir por encima o por debajo del nivel de suelo, aunque la mayoría de las viviendas modernas están emplazadas en un nivel superior al del terreno.

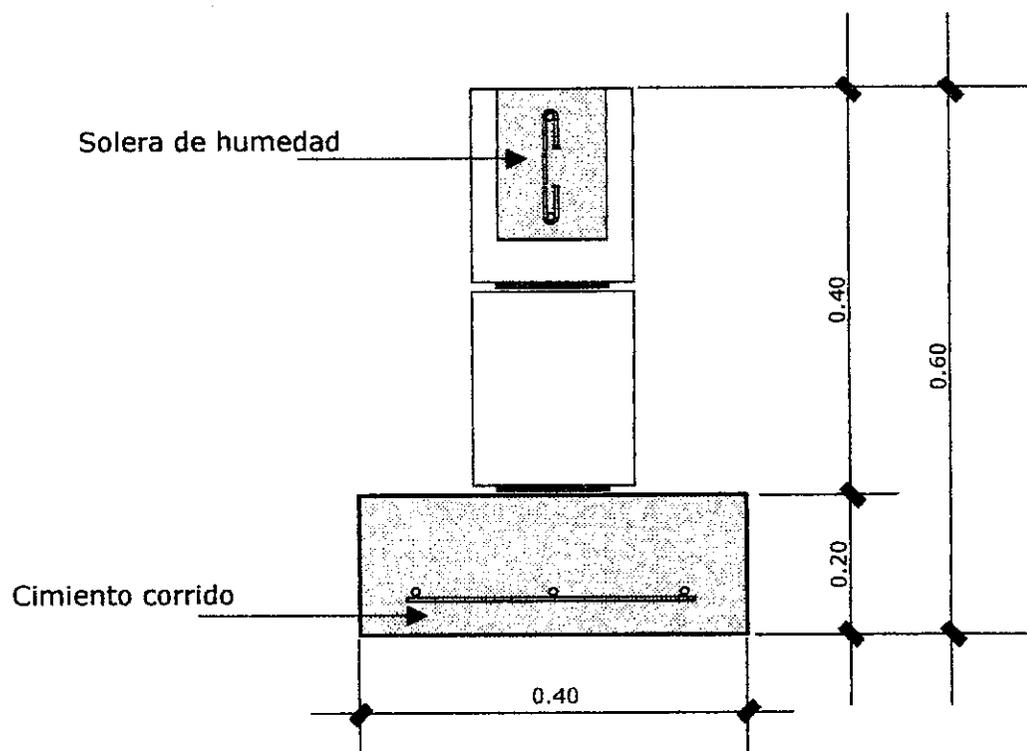
Los materiales más utilizados son la propia tierra, madera, ladrillos, piedra, y cada vez en mayor medida hierro y hormigón armado, sobre todo en las áreas urbanas. La mayoría de las veces se combinan entre sí, aunque la elección depende del proyecto arquitectónico, de los gustos del cliente y, sobre todo, del precio del material o de la facilidad de su puesta en obra.

El Conjunto de diseños, planos y cálculos, plantas, alzados, perspectivas, etc., que determinan todo lo necesario para la construcción de una obra civil son el preámbulo para desarrollar un proyecto de construcción de vivienda en serie.

En el proyecto que se utiliza de modelo se construyen 1800 casas de dos niveles y de 83.60 m<sup>2</sup> de construcción.

### 1.2.3 Tipo De Cimentación

Los cimientos más económicos son las zapatas de hormigón armado, empleados para edificios en zonas donde el terreno no presenta dificultades especiales. Estos cimientos consisten en planchas de hormigón situadas bajo cada pilar de la estructura y una plancha continua (cimiento corrido) bajo los muros de carga. El armado del cimiento corrido es todo en hierro corrugado No. 3, y el peralte es de 0.20 m como se muestra en la figura 8. El concreto con que es fundido alcanza una resistencia de 210 Kg./cm<sup>2</sup>.



**Figura 8.** Detalle de cimiento corrido hasta solera de humedad

#### **1.2.4 Instalaciones Bajo Piso**

Se procede a colocar las instalaciones necesarias inmediatamente después de terminado el cimiento y levantado hasta la altura de la solera de humedad. Éstas son:

- Instalaciones Eléctricas
- Instalaciones Hidráulicas

##### **1.2.4.1 Instalaciones Eléctricas**

Estas instalaciones se trabajan en 5 diferentes etapas, la primera es cuando se dejan previstas las tuberías bajo el nivel del piso para su continuación cuando se levanten los muros. Toda la tubería es de P.V.C., y se hace uso de prefabricados como se describe en el capítulo 3.

Entonces, las etapas de instalaciones eléctricas se resumen así:

- a) Instalaciones bajo piso
- b) Instalaciones eléctricas en muros y losa nivel 1
- c) Instalaciones eléctricas en muros y losa nivel 2
- d) Alambrado de tubería
- e) Colocación de toma corrientes e interruptores.

### 1.2.4.2 Instalaciones Hidráulicas

Estas instalaciones se trabajan en 3 diferentes etapas, la primera es cuando se dejan previstas las tuberías bajo el nivel del piso para su continuación cuando se levanten los muros. Toda la tubería es de P.V.C y C.P.V.C., para agua fría y caliente, respectivamente.

Entonces, las etapas de instalaciones hidráulicas se resumen así:

- a) Instalaciones bajo piso
- b) Instalaciones en muros y losa nivel 1
- c) Instalación de artefactos sanitarios

La tubería para los drenajes también es de P.V.C., y se hace uso de prefabricados como se describe en el capítulo 3.

El tipo de tubería que se utiliza en la construcción de estas casas se describe en la tabla I.

**Tabla I.** Tipos de tubería utilizada en este proyecto.

TIPO DE TUBERÍA	DIAMETRO	PRESIÓN
Agua potable pvc	1/2"	315 PSI
Agua potable pvc	3/4"	250 PSI
Agua potable cpvc	1/2"	100 PSI
Agua potable cpvc	3/4"	100 PSI
Drenaje sanitario	1 1/2"	160 PSI
Drenaje sanitario	3"	100 PSI
Drenaje pluvial	3"	100 PSI

### **1.2.5 Relleno, Compactación Y Nivelación**

Luego de tener construido hasta altura de solera de humedad y colocadas las instalaciones bajo piso, se procede a fundir con concreto las tuberías eléctricas e hidráulicas, con el fin de proteger de futuros accidentes o sabotaje, que luego se traducen en problemas posteriores que implican un costo.

Se deja un día para que endurezca el concreto protector de las tuberías y se rellena con material selecto, se compacta con equipo especial y se deja de una sola vez nivelado para recibir la fundición del piso de concreto. Este último es la base para la colocación del piso cerámico.

### **1.2.6 Tipo de muros**

Se aplican diferentes criterios de diseño a los muros de mampostería, según si son de carga ó no. En este caso los muros son de carga y completamente verticales, es decir, que soporta cargas verticales además de su propio peso.

Estos muros también recibirán fuerzas horizontales aplicadas en el plano del muro cuando ocurra un sismo.

En este proyecto los bloques (bloccs) son de concreto, que son piezas de construcción de mampostería formada a máquina y estan compuestos de cemento Portland, agregados y agua.

Estos blocs se arman en una combinación de éstos, unidos con mortero o mezcla plástica de materiales cementantes, agregados finos y agua (1 parte de cemento, 1 a 2 partes de cal y 5 a 6 partes de arena).

De acuerdo a las especificaciones de construcción para las casas de este proyecto habitacional, la resistencia a la compresión de los blocs debe ser de 50 Kg./cm<sup>2</sup>.

### **1.2.7 Tipo de Losas**

Todas las losas en este diseño de vivienda, son apoyadas sobre vigas o muros y abarca una distancia en una dirección que es más del doble que en la dirección perpendicular. Se soporta tal parte de la carga en el claro corto y, puede suponerse razonablemente, que soportará toda la carga en esa dirección. Esta losa se dice que está armada en una dirección.

Además se optó por utilizar losa nervada, tanto en la losa de entrepiso como en la losa de techo. Ésta se compone de viguetas y bovedilla.

Este tipo de losa se usa actualmente para la construcción rápida y económica de entrepisos y techos, pues posee características que las hacen seguras, económicas y de rápida instalación.

Las características técnicas, que por especificaciones las losas deben tener, son:

- ⊙ Carga viva 200 kg./m<sup>2</sup>
- ⊙ Carga acabados 100 kg./m<sup>2</sup>
- ⊙ Peralte terminado 15 cm.
- ⊙ Peso propio 240 kg./m<sup>2</sup>

Las viguetas están reforzadas con armadura electrosoldada a máquina, lo que garantiza su resistencia y control de calidad, además el refuerzo es corrugado, asegurándole mejor adherencia al concreto.

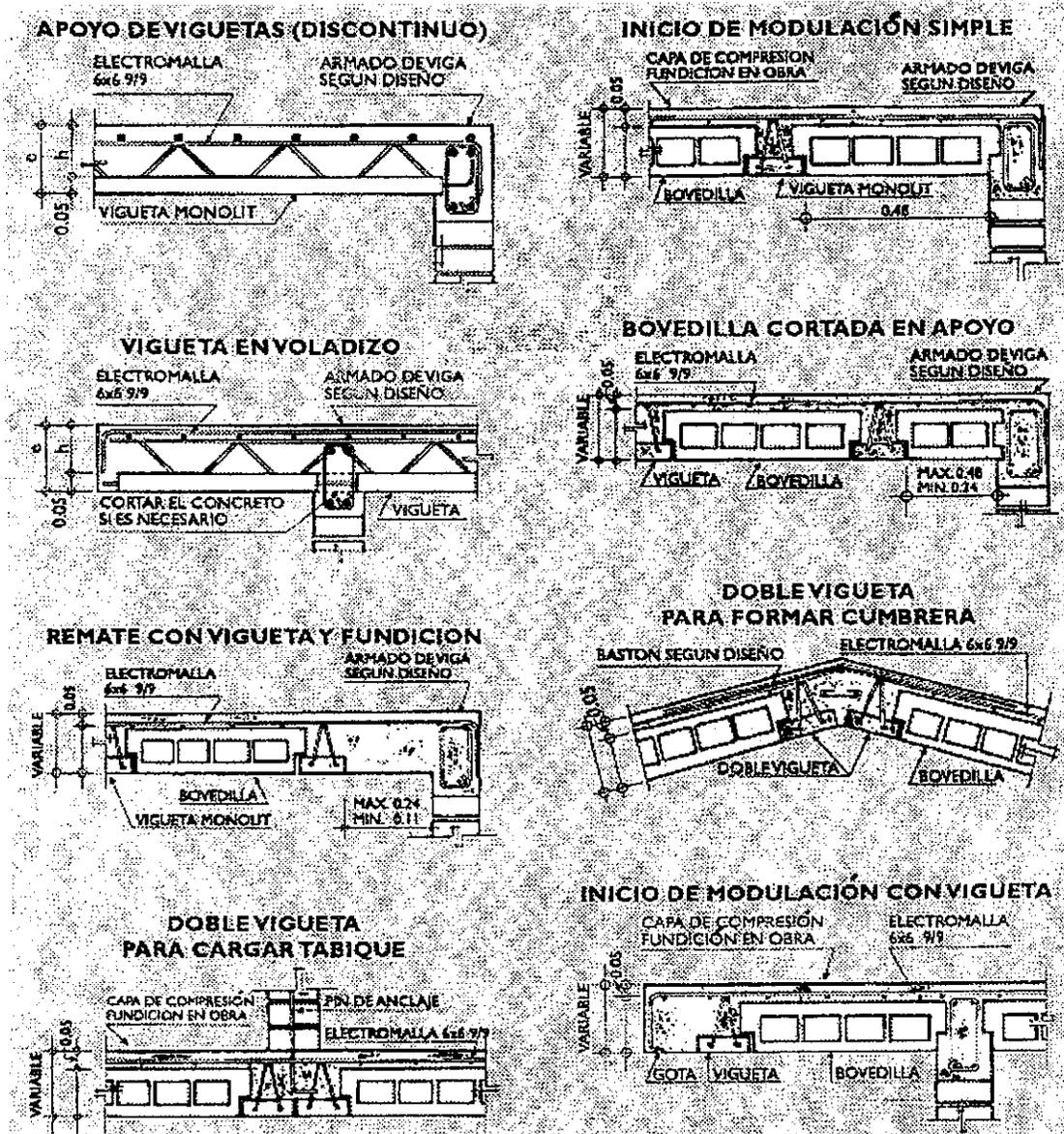
El agregado con que son fundidas las bovedillas es arena pómez, que aligera el peso muerto de la losa, y los demás componentes como la electromalla y varillas de hierro, utilizados para el control de la temperatura, rigidizantes y bastones, que evitan grietas o rajaduras en los repellos, son de grado 70, ver figura 9.

### **1.2.8 Tipo de Acabados**

Los acabados son el perfeccionamiento o último retoque que se da a una obra, y aquí se hacen en dos partes:

- ⊙ Repello
- ⊙ Cernido plástico

**Figura 9.** Losas de vigueta y bovedilla.



### **1.2.8.1 Repello**

El repello es una mezcla que fue especialmente diseñada para este proyecto por el tipo de arena extraída de un banco cercano. Ya que las propiedades de las mezclas varían según su composición y pueden depender del método o la manera de preparación de las mismas. Está hecho a base de cemento, cal, arena amarilla y agua.

El repello es aplicado directamente a los muros y cielos con el fin de corregir defectos en los mismos. Su aplicación es lanzado o untado, y se hace necesario el uso de guías (maestras) y arrastres para lograr dejar una superficie totalmente vertical u horizontal y lista para que al secar pueda aplicarse el cernido plástico.

### **1.2.8.2 Cernido Plástico**

El cernido plástico también es una mezcla diseñada para soportar intemperismo y está hecha a base de resina, que logra su adherencia a los cielos y paredes. Además contiene polvo de mármol, carbonato de calcio y color para dejar de una vez la superficie pintada.

Este cernido se aplica con máquinas lanzadoras que trabajan con aire. Este proceso, es uno de los últimos en la construcción de la casa por ser un acabado final.

### **1.2.9 Tipo de Piso**

El piso que se instala en todas las casas del proyecto es de tipo cerámico en formato de 0.30 cm. X 0.30 cm. Y es de producción nacional.

Hay que tomar en cuenta que para que este tipo de piso pueda ser instalado es necesario contar con una base de piso de concreto que esté completamente a nivel.

Se está utilizando un material de pegado para la instalación del piso. Este material logra una mejor adherencia que la tradicional pasta de cemento, porque posee características de fraguado lento, que contrarresta la absorción del agua que pueda tener el piso cerámico.

### **1.3 Actividades constructivas por casa**

Para la construcción de las casas en serie deben crearse actividades que puedan ser asignadas a diferentes grupos de trabajo, estos grupos de trabajo pueden estar formados por operarios (albañiles, plomeros, electricistas, pintores, ayudantes etc.). A cada una de estas actividades se le llama "meta", y lo interesante es hacer que las diferentes metas sean realizadas en una misma unidad de tiempo, y para ello es necesario jugar con la cantidad de operarios o ayudantes, basándose en rendimientos de mano de obra por actividad, como se señala en el capítulo 2.

Para el modelo de casa propuesto a continuación se presentan, en la tabla II, las actividades creadas para la obra gris como también se muestran las actividades a realizar con subcontratos.

Vale la pena indicar que estas actividades son las mismas para 1086 casas como para una sola.

**Tabla II.** Actividades de trabajo para la elaboración de una vivienda.

No.	NOMBRE DEL GRUPO EN META
1	TRAZO Y EXCAVACIÓN
2	CIMENTACIÓN Y POSTE DE ACOMETIDA
3	TRAZO Y EXCAVACIÓN DE INSTALACIONES BAJO PISO
4	INSTALACIONES BAJO PISO MÁS PREFABRICADOS
5	RELLENO, COMPACTACIÓN Y NIVELACIÓN.
6	PAREDES NIVEL 1
7	LOSA DE ENTREPISO
8	PAREDES NIVEL 2
9	LOSA DE TECHO
10	REPELLO MÁS ADORNOS FACHADA
11	BASE PARA PISO Y CARRILERAS
<b>SUBCONTRATOS</b>	
12	GRADAS METÁLICAS PREFABRICADAS
13.1	PISO CERÁMICO Y AZULEJO
13.2	IMPERMEABILIZACIÓN
14.1	PUERTAS
14.2	VENTANAS
14.3	CAPOTE EN JUNTA DE DILATACIÓN
15	REVESTIMIENTO PLÁSTICO
16.1	BARANDA METÁLICA EN GRADAS
16.2	INSTALACIÓN DE ARTEFACTOS SANITARIOS
16.3	EMPLACADO DE TOMAS E INTERRUPTORES
16.4	COLOCACIÓN DE GRAMA EN CARRILERAS Y PATIO
17	ALFOMBRA, MALLA Y LIMPIEZA FINAL

#### **1.4 Programación de actividades**

En el caso de este proyecto en particular, se programa por grupos de 10 casas, y cada actividad de trabajo debe realizarse en un tiempo de 5.5 días.

Entonces se le llama grupo 1 a las primeras 10 casas que aparecen coloreadas e identificadas por su número en un plano general de lotes. Y se le llama grupo 2 a las siguientes 10 casas y así sucesivamente.

Se programa (en el sentido horizontal) de acuerdo con el número de grupo y el número de semana, poniéndole a ésta última la fecha. Y en el sentido vertical se colocan las actividades constructivas. Ver tabla III.

TABLA III. PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE 10 CASAS POR SEMANA

No.	NOMBRE DEL GRUPO	ENERO 1999								FEBRERO								
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	
		4 al 9	11 al 16	18 al 23	25 al 30	1 al 6	8 al 13	15 al 20	22 al 27									
1	TRAZO Y EXCAVACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8									
2	CIMENTACIÓN		1	2	3	4	5	6	7									
3	TRAZO EXCAV. DE INSTALACIONES			1	2	3	4	5	6									
4	INSTALACIONES BAJO PISO.				1	2	3	4	5									
5	RELLENO, COMPACTACIÓN, NIVELACIÓN.					1	2	3	4									
6	PAREDES NIVEL 1						1	2	3									
7	LOSA DE ENTREPISO							1	2									
8	PAREDES NIVEL 2																	
9	LOSA DE TECHO																	
10	REPELLO CIELOS Y PAREDES																	
11	PISOS DE CONCRETO																	
	<b>SUBCONTRATOS</b>																	
12	GRADAS METÁLICAS																	
13.1	PISO CERÁMICO Y AZULEJO																	
13.2	IMPERMEABILIZACIÓN																	
14.1	PUERTAS																	
14.2	VENTANAS																	
14.3	CAPOTE EN JUNTA DILATACIÓN																	
15	REVESTIMIENTO PLÁSTICO																	
16.1	BARANDA METÁLICA																	
16.2	INST. DE ARTEFACTOS																	
16.3	EMPLACADO																	
16.4	GRAMA																	
17	ALFOMBRA Y MALLA																	
18.1	LIMPIEZA FINAL																	
18.2	3era. INSPECCIÓN DEL F.H.A.																	

Indica el número de grupo

Se puede observar que por las precedencias, estas actividades se realizarán en fechas posteriores

## **2. OPTIMIZACIÓN DE LA MANO DE OBRA**

### **2.1 Especialización de la mano de obra**

En este proyecto de construcción de casas en serie, la especialización de la mano de obra se inicia junto con la formación de los grupos de trabajo. Es decir, no es necesario un adiestramiento previo.

Los operarios son tomados al azar o conforme van obteniendo el empleo. Por supuesto, es necesario que el operario sea un albañil con experiencia y que cuente con la herramienta necesaria.

El maestro encargado del grupo de trabajo debe tener bien claro lo que se quiere lograr, es decir, que ya hubo un estudio a fondo del juego de planos, de las diferentes actividades de trabajo que se realizarán, el tiempo de duración y la cantidad de operarios necesarios para cada una de las actividades.

Quizá la mano de obra en las primeras metas no sea del todo muy eficiente, ni en tiempo requerido ni en calidad de trabajo.

Es necesario que la supervisión por parte de los ingenieros y de los maestros de obra sea en estas primeras metas muy metódica.

Con la buena supervisión, se puede lograr un trabajo bien terminado. Pues debe aprovecharse la repetición de la tarea específica, para que el operario se convierta en un experto.

Se debe tener cuidado que el operario no se convierta en un experto de alguna tarea mal hecha. De ahí, la importancia de la buena supervisión para que el operario vea su buen trabajo como una rutina.

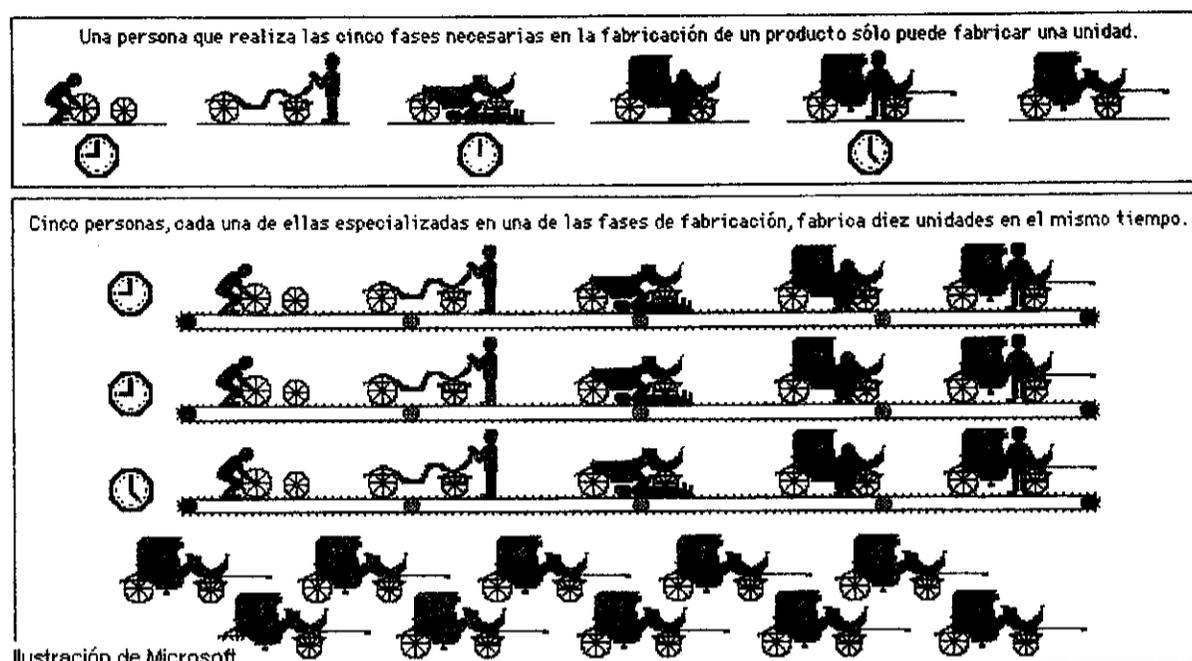
Cabe hacer notar, que este tipo de especialización del operario se presta cuando los procesos son de magnitudes industriales, es decir, que para la construcción de una casa no es aplicable este concepto, deben ser cantidades importantes para que se logre la especialización, basándose en repeticiones.

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 total aumenta. Por ejemplo, como muestra la figura 10, 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.

Para la especialización de la mano de obra, es necesario tener un diseño industrial, es decir, hacer fácil la manufactura de la

construcción. Podrían mencionarse aspectos como la modulación exacta con relación a los blocs, 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.

**Figura 10.** La producción industrial



El diseño industrial es una faceta dentro de un campo más amplio del diseño profesional, actividad que incluye una gran gama de procesos creativos por parte de un equipo de arquitectura y procesos constructivos de un equipo de ingenieros constructores.

pequeñas que es fácil decir cuántas horas o fracción de hora, le tomaría al operario realizarlas.

Se puede observar que las subactividades son tan pequeñas, que se pueden asignar tiempos de minutos, claro está, que para esto se necesita algún criterio que lo da la experiencia del constructor.

En determinadas actividades de trabajo se pueden clasificar perfectamente tareas para albañil, para ayudante o bien para albañil y ayudante conjuntamente. Esto ayuda para estimar la cantidad de albañiles y ayudantes necesarios para la actividad, y así alejarse del

Sabiendo las cantidades de trabajo, el ingeniero se debe cuestionar para determinar el rendimiento. Por ejemplo, ¿cuánto tiempo se tardaría un ayudante en zanjear un metro cúbico?

Al dar respuesta a esta cuestión, se puede determinar la cantidad de ayudantes necesarios, para zanjear la cantidad de metros cúbicos cuantificados, en el tiempo requerido.

En ocasiones, la cantidad de operarios necesarios para determinada actividad de trabajo, será un número entero con fracción. Por ejemplo, para zanjear la cimentación de una casa en una semana (5 días y medio), son necesarios 1.5 ayudantes, claro, se ponen 2 y se desperdicia 0.5 ayudante.

Si se producen en vez de una casa, dos o más, se podría optimizar la mano de obra, si el producto de 1.5 ayudantes por la cantidad de casas a construir por semana, fuera entero o muy próximo.

También puede darse el caso de colocar a 1 ayudante y remunerarle con dinero lo del otro 0.5 ayudante, aunque para ello deba trabajar algunas horas más.

En las tablas IV - XI. Se resume el cálculo de la mano de obra, según los rendimientos.

En ellas se puede notar como se subdividieron las actividades de trabajo, para poder determinar fácilmente el rendimiento del operario por hora.

Es importante tener cuantificada la cantidad de trabajo o volumen de trabajo como aparece en las tablas, al tener esta cuantificación debe tenerse claro qué tipo de unidad se utiliza ( $m^2$ ,  $m^3$ , ml, u, etc.), entonces, se multiplica la cantidad por el rendimiento del operario por hora, esto da como resultado la cantidad de horas que un operario tardaría en realizar la subactividad.

Cuando se tienen el total de horas que un solo operario tardaría en realizar el total de las subactividades, se divide entre las ocho horas de trabajo de un día. Esto da la cantidad de días que el operario tardaría en realizar su actividad de trabajo.

Como se tiene el límite de tiempo de 5.5 días para concluir cualquier actividad de trabajo, entonces se divide la cantidad de días que tardaría el operario entre los 5.5 días (tiempo límite), y el resultado es la cantidad de operarios que se deben tener para realizar cualquier actividad de trabajo.

Es importante hacer notar la relación directa de estas tablas con las tablas XIV – XVI, que son el presupuesto por grupo de trabajo de la mano de obra.

TABLA IV. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA													
No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL				
		U	CANT	Categoría	Por hora	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD			
											Operario	Operario	
<b>01</b>	<b>TRAZO Y EXCAVACIÓN</b>												
1.1	Colocar corral	global	1	trazador	-	-	-	-	-	-	-	0	2
1.2	Trazo zanjas cimiento	global	1	trazador	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.3	Excavación cimiento	m3	8.7	ayudante	0.2	-	-	43.5	-	-	-	-	-
1.4	Remoción de excedentes	m3	12.18	ayudante	0.3	-	-	40.6	-	-	-	-	-
1.5	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								84.1	0.0	-	-	-	1.91

02	CIMENTACIÓN	DESCRIPCIÓN	U	CANT	Categoría	Por hora	Alb.	Ayud.	Grupo	PERSONAL			
											ALB	AYUD	
													Operario
2.1	Colocar tacos de concreto	ml	150	albañil	30	5.0	-	-	-	-	-	-	-
2.2	Colocar refuerzo cimiento corrido	ml	38	albañil	12	3.2	-	-	-	-	-	-	-
2.3	Centrar columnas 4 fierros - 1/2"	u	32	albañil	3	10.7	-	-	-	-	-	-	-
2.4	2 fierros - 1/2"	u	2	albañil	4	0.5	-	-	-	-	-	-	-
2.5	Colocar refuerzo viga amarre	ml	4	albañil	6	0.7	-	-	-	-	-	-	-
2.6	Colocar parales drenajes	u	-	plomero	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.7	Colocar parales agua potable	u	-	plomero	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8	Colocar parales electricidad	u	-	electric.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9	Fundir cimiento	m3	3.81	grupo	-	-	-	-	4.0	-	-	-	-
2.10	Levantado cimentación	block	100	albañil	7.5	13.3	-	-	-	-	-	-	-
2.11	Colocar bloc solera	ml	100	albañil	7.5	13.3	-	-	-	-	-	-	-
2.12	Armado solera humedad	ml	50	albañil	10	5.0	-	-	-	-	-	-	-
2.13	Fundición solera humedad	ml	33	albañil	10	3.3	-	-	-	-	-	-	-
2.14	Formaleta troncos columnas	u	34	albañil	5	6.8	-	-	-	-	-	-	-
2.15	Fundición troncos columnas	u	34	albañil	5	6.8	-	-	-	-	-	-	-
2.16	Desencofrado troncos columnas	u	34	albañil	10	3.4	-	-	-	-	-	-	-
2.17	Limpieza y traslado equipo	global	-	grupo	-	-	-	-	4.0	-	-	-	-
									72.0	-	-	-	1.64

**TABLA V. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA**

No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL		
		U	CANT	Categ. Operario	Por hora Operario	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD	
<b>03 INSTALACIONES BAJO PISO</b>											
<b>EXCAVACIÓN</b>											
3.1	Zanqueo de instalaciones	m3	18	ayudante	0.25	-	72.0	-	-	0	2
							72.0			0.00	1.64
<b>COLOCACIÓN DE TUBERÍA</b>											
3.2	Colocar candelas	u	5	albañil	0.5	10.0	-	-	-	1	1
3.3	Colocar tubería de Drenajes	u	-	plomero	-	-	-	-	-	-	-
3.4	Colocar tubería de Agua	ml	-	plomero	-	-	-	-	-	-	-
3.5	Colocar tubería de electricidad	u	-	electric.	-	-	-	-	-	-	-
3.6	Fundir tubería	ml	100	albañil	5	20.0	-	-	-	0.13	0.00
						5.5					
<b>RELLENO Y NIVELACIÓN</b>											
3.7	Relleno y compactación de zanjas	m3	18	ayudante	0.3	-	60.0	-	-	0	3
3.8	Remoción de excedentes	m3	25.2	ayudante	0.4	-	63.0	-	-	-	-
3.9	Base de material selecto	m2	40	albañil	5	-	-	-	-	-	-
3.10	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-	-	-	-	4.0	-	-
							123.0			0.00	2.80

TABLA VI. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA												
No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL			
		U	CANT	Categ. Operario	Por hora Operario	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD		
											5	2
4	LEVANTADO PAREDES nivel 1											
4.1	Hacer andamio interior	ml	40	albañil	10			4.0				
4.2	Deshacer andamio interior	ml	40	albañil	20			2.0				
4.3	Hacer andamio exterior	ml	26	albañil	10			2.6				
4.4	Deshacer andamio exterior	ml	26	albañil	20			1.3				
4.5	Levantado de bloc	u	738	albañil	7.5			98.4				
4.6	Formaleta columnas (H/2)	u	68	albañil	4			17.0				
4.7	Fundición columnas (H/2)	u	68	albañil	4			17.0				
4.8	Desencofrar columnas (H/2)	u	68	albañil	8			8.5				
4.9	Colocar refuerzo solera intermedia	ml	61	grupo	12			5.1				
4.10	Fundición solera intermedia	ml	61	albañil	5			12.2				
4.11	Colocar refuerzo columnas etapa 2	u	33	albañil	4			8.3				
4.12	Hechura de gradas	global	1	albañil	-			44.0				
4.13	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-			-		4.0		
								220.3				5.01

TABLA VII. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA												
No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL			
		U	CANT	Categ.	Por hora Operario	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD		
											2	1
06	LOSA ENTREPISO											
5.1	Colocar dintel de vigas	ml	4	albañil	2	2.0						
5.2	Colocar faldón de vigas	ml	8	albañil	4	2.0						
5.3	Colocar soportes p/viguetas	ml	21	albañil	4	5.3						
5.4	Colocar formaleta rigidizantes	ml	10	albañil	3	3.3						
5.5	Subir y colocar viguetas	u	17	albañil	4	4.3						
5.6	Colocar bovedillas	u	289	albañil	10	28.9						
5.7	Colocar refuerzo de vigas	ml	4	albañil	2.5	1.6						
5.8	Colocar refuerzo rigidizantes	ml	10	albañil	5	2.0						
5.9	Colocar electromalla	m2	56	albañil	12	4.7						
5.10	Colocar bastones	u	30	albañil	20	1.5						
5.11	Colocar refuerzo solera final	ml	35	albañil	5	7.0						
5.12	Colocar faldon exterior	ml	35	albañil	10	3.5						
5.13	Colocar arrastres	ml	30	albañil	15	2.0						
5.14	Colocar y centrar columnas nivel 2	u	33	albañil	4	8.3						
5.15	Fundición de losa	global	1	grupo	-	-				8.0		
5.16	Quitar dinteles,faldones+rigidizantes	ml	57	albañil	10	5.7						
5.17	Quitar soportes p/viguetas	ml	21	albañil	10	2.1						
5.18	Quitar arrastres	ml	30	albañil	30	1.0						
5.19	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-	-				4.0		
						85.1					1.93	

TABLA VIII. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA													
No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL				
		U	CANT	Categ. Operario	Por hora Operario	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD			
											4	2	
08	LEVANTADO PAREDES nivel 2												
6.1	Hacer andamio interior	mi	40	albañil		8		5.0					
6.2	Deshacer andamio interior	mi	40	albañil		16		2.5					
6.3	Hacer andamio exterior	mi	26	albañil		2		13.0					
6.4	Deshacer andamio exterior	mi	26	albañil		4		6.5					
6.5	Levantado de block	u	800	albañil		7.5		106.7					
6.6	Formaleta columnas (H/2)	u	66	albañil		4		16.5					
6.7	Fundición columnas (H/2)	u	66	albañil		4		16.5					
6.8	Desencofrar columnas (H/2)	u	66	albañil		8		8.3					
6.9	Colocar bloc solera	u	160	albañil		60		2.7					
6.10	Colocar refuerzo solera intermedia	mi	72	grupo		10		7.2					
6.11	Fundición solera intermedia	mi	72	albañil		5		14.4				4.0	
6.12	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo		-		-					
								199.2					4.53

TABLA IX. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA												
No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL			
		U	CANT	Operario	Por hora	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD		
				Operario	Operario							
07	LOSA TECHO										2	1
7.3	Colocar soportes para viguetas	ml	24	albañil	4	6.0						
7.4	Colocar formaleta rigidizantes	ml	12	albañil	3	4.0						
7.5	Subir y colocar viguetas	u	18	albañil	4	4.5						
7.6	Colocar bovedillas	u	316	albañil	10	31.6						
7.8	Colocar refuerzo rigidizantes	ml	12	albañil	5	2.4						
7.9	Colocar electromalla	m2	56	albañil	12	4.7						
7.10	Colocar bastones	u	36	albañil	20	1.8						
7.11	Colocar refuerzo solera final	ml	39	albañil	5	7.8						
7.12	Colocar faldón exterior	ml	28	albañil	10	2.8						
7.13	Colocar arrastres	ml	30	albañil	15	2.0						
7.15	Fundición de losa	global	1	grupo	-	-			8.0			
7.16	Quitar dinteles, faldones y rigidizantes	ml	40	albañil	10	4.0						
7.17	Quitar soportes p/viguetas	ml	24	albañil	10	2.4						
7.18	Quitar arrastres	ml	30	albañil	30	1.0						
7.19	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-	-			4.0			
						75.0					1.70	

**TABLA X. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA**

No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO			TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL		
		U	CANT	Categ.	Por hora		Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD	
					Operario	Operario						
<b>08</b>	<b>REPELLO de cielos y paredes</b>										<b>9</b>	<b>4</b>
8.1	Andamio repello cielos	m2	80	albañil		8		10.0				
8.2	Deshacer andamio repello cielos	m2	80	albañil		16		5.0				
8.3	Calafatear juntas vigueta y bovedilla	ml	380	albañil		20		19.0				
8.4	Forjado de cielos	m2	80	albañil		15		5.3				
8.5	Repello de cielos	m2	80	albañil		1.25		64.0				
8.4	Forjado de paredes	m2	320	albañil		15		21.3				
8.6	Repello de paredes	m2	320	albañil		1.25		256.0				
8.7	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo		-		-		4.0		
								380.7			8.65	
<b>09</b>	<b>ACABADOS TECHO Y BASE DE PISOS</b>										<b>2</b>	<b>1</b>
9.1	Colocar maestras para piso	ml	60	albañil		6		10.0				
9.2	Fundir base para pisos	m2	80	albañil		2.5		32.0				
9.3	Colocar maestras p/mezclón en techo	mi	30	albañil		6		5.0				
9.4	Colocar mezclón en techo	m2	40	albañil		2.5		16.0				
8.5	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo		-		-		4.0		
								63.0			1.43	

**TABLA XI. RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA POR GRUPOS DE TRABAJO - 1 CASA**

No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO		RENDIMIENTO		TIEMPO TOTAL (HORAS)			PERSONAL		
		U	CANT	Categ.	Por hora	Alb.	Ayud.	Grupo	ALB	AYUD	
				Operario	Operario						
<b>10</b>	<b>TRABAJOS EXTERIORES</b>									<b>1</b>	<b>0</b>
10.1	Colocar pila	unidad	1	albañil	0.25		4.0				
10.2	Fundir patio	m2	4	albañil	2		2.0				
10.3	Colocar carrileras	ml	20	albañil	1.5		13.3				
10.4	Hacer poste para contadores de luz	unidad	1	albañil	0.0625		16.0				
10.5	Colocar malla perimetral	ml	14	albañil	3		4.7				
10.6	Colocar grama	m2	40	gramero	-		-				
10.7	Limpieza y traslado equipo	global	1	grupo	-		-		4.0		
							<b>40.0</b>			<b>0.90909</b>	

### **2.3 Promoción del operario**

En este tipo de proyecto, donde lo repetitivo de las actividades es inevitable, y además, es lo que se quiere, puede lograrse que los ayudantes de albañil aprendan el oficio.

Lo interesante es que la mano de obra no calificada (los ayudantes), se puedan promover a trabajos propios de albañil. Es decir, el ayudante de los albañiles que repellan, aprende después de un tiempo a repellar, aunque no a pegar bloc por supuesto. Esto hace a un albañil de media cuchara, quien cobra por su trabajo un poco mas que un ayudante pero menos que un albañil.

Entonces si se tiene el cuidado de elegir el personal apto para ser promovido, pueden satisfacerse las necesidades del operario y representar un buen ahorro en mano de obra.

Los operadores del equipo utilizado para un proyecto de esta magnitud, como mezcladoras de concreto, tractor agrícola, carretones y otros que se mencionan en el capítulo 4, generalmente son simples ayudantes sin ninguna calificación, pero, es importante también promover a este personal, para que tengan un mejor salario y con ello alargar la vida útil de los equipos.

## **2.4 Supervisión especializada en campo**

Al igual que se especializa al personal productivo, también es necesario especializar al personal que supervisa constantemente en el campo.

Los maestros de obra, deben ser calificados por algún centro educativo del ramo, además de contar con experiencia en construcción.

De las diferentes actividades de trabajo que lleva la construcción de las casas, hay que asignarle al maestro de obra una o más actividades dependiendo de su dificultad.

Los maestros de obra pueden ser más eficientes con su trabajo cuando se les desliga del resto de actividades. Ver tabla XII.

Se direcciona la atención del maestro de obra a una actividad específica, logrando con esto especializarlo en esa actividad de trabajo. Él se mantendrá muy bien informado de posibles cambios, de supervisiones en determinadas fechas del F.H.A., del personal con que cuenta para realizar su actividad, de las cantidades exactas de los materiales a utilizar por actividad, etc.

Otra supervisión especializada en campo es el control de mezclas. El trabajo de esta persona es hacer diferentes pruebas de

**Tabla XII.** Distribución de actividades de trabajo entre los maestros de obra.

No.	Actividad	Maestro de obra
1	Trazo y excavación	Maestro 1
2	Cimentación	
3	Instalaciones bajo piso	
	Excavación	
	Colocación y fundición de tuberías	
	Relleno y compactación	
4	Levantado de muros nivel 1	Maestro 2
5	Losas de entrepiso	
6	Levantado de muros nivel 2	Maestro 3
7	Losas de techo	
8	Acabados de techo	Maestro 4
9	Repellos de paredes y cielos	
10	Base de piso, carrileras, pila, prefabricados	Maestro 5
11	Subcontratos	
	Gradas prefabricadas de metal	
	Piso cerámico	
	Puertas y ventanas	
	Revestimiento plástico	
	Artefactos sanitarios y grama	

control de calidad del concreto. Pues se cuenta con un diseño de mezcla de acuerdo con los agregados del lugar.

Se hacen pruebas de revenimiento, y se toman muestras en cilindros para luego ser ensayados en un laboratorio para determinar su resistencia a la compresión. Esta actividad se está haciendo constantemente y en forma aleatoria, tomando muestras de concreto para cimientos, losas o columnas. Ver tabla XIII.

## **2.5 Creación de metas de trabajo**

Las metas son las actividades de trabajo, que ahora tienen un precio y tiempo de realización estipulado.

Se le propone al trabajador un trato. Esto se traduce en un presupuesto bastante cerca de la realidad, es controlable el costo de la mano de obra y se puede medir muy fácilmente, comparándolo con los avances de obra.

En este proyecto se uniformizó el tiempo de las metas en 5.5 días, es decir, de lunes a viernes más medio día del sábado.

Se pensó en hacer las metas de lunes a sábado, para que fuera fácil la programación de inspecciones, abastecimiento de materiales, etc., por lo mismo de ser repetitivo todas las semanas.

**TABLA XIII. CONTROL DE MUESTRAS DE CONCRETO**

ACTIVIDAD	CONCRETERA No.	Fecha		IDENTIFICACIÓN		Resistencia F' c		ASENTAMIENTO (4.5 - 5.5 ) Pigs.
		Realización	Prueba lab.	Código	Mz.	Teórica	Práctica	
						3,000 PSI	3,000 PSI	
<b>CIMIENTOS</b>								
<b>COLMNS 1er. Nivel</b>								
<b>LOSA ENTREPISO</b>								
<b>COLMNS 2do. Nivel</b>								
<b>LOSA TECHO</b>	Prueba 1							
<b>( MIXTO-LISTO )</b>	Prueba 2							
	Prueba 3							
	Prueba 4							

Semana del \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_

Se tienen que proponer tantas metas como actividades de trabajo haya. El precio de las metas sale directamente de la cuantificación de la mano de obra como se mencionó en el numeral 2.2.

se calcula cuántos operarios son necesarios para terminar la meta en el tiempo estipulado de 5.5 días, luego se le pone un valor al día/hombre, que sea un poco más atractivo que trabajar por día (sin trato), y se multiplica por 6 días más el séptimo. Ver tablas XIV-XVI.

## **2.6 Desfases de metas**

Como ya se mencionó anteriormente, todas las metas deben tener la misma velocidad de construcción, y los desfases se dan por las precedencias.

Es decir, se puede iniciar la meta de cimentación hasta que la meta de zanjeo esté terminada.

El desfase de metas puede verse claramente en la programación de actividades descrita en el numeral 1.4. Ver tabla III.

Tabla XIV. Detalle del costo de mano de obra.

CASA INDIVIDUAL - PRESUPUESTO POR GRUPO DE TRABAJO

No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MANO DE OBRA					REGLON
		CANT	TIPO	U	DÍAS	P.U.	
<b>01</b>	<b>TRAZO Y EXCAVACIÓN</b>						
	Coloca corral de trazo	1	ALB	DIA	6	63.00	378
	Excavación cimienta	2	AYUD	DIA	12	28.00	336
	Remoción de excedentes						
	<b>TOTAL GRUPO 01</b>						<b>714</b>
<b>02</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>						
	Colocar refuerzo cimienta	2	ALB	DIA	12	63.00	756
	Colocar refuerzo columnas	1	AYUD	DIA	6	28.00	168
	Fundir cimienta						
	Levantado hasta Solera de humedad						
	<b>TOTAL GRUPO 02</b>						<b>924</b>
<b>03</b>	<b>INSTALACIONES BAJO PISO</b>						
	Zanjeo para instalaciones	1	ALB	DIA	6	63.00	378
	Colocación de registros	6	AYUD	DIA	36	28.00	1,008
	Instalaciones agua+drenaje +electricidad						
	Fundir tuberías						
	Relleno de zanjas						
	Nivelar terreno						
	Base de material selecto						
	Remoción de excedentes						
	<b>TOTAL GRUPO 03</b>						<b>1,386</b>
<b>04</b>	<b>PAREDES NIVEL 1 Y GRADAS</b>						
	Levantado de paredes	3	ALB	DIA	18	63.00	1,134
	Planta Baja	1	AYUD	DIA	6	28.00	168
	Hechura de gradas						
	<b>TOTAL GRUPO 04</b>						<b>4,998</b>

Tabla XV. Detalle del costo de mano de obra.

CASA INDIVIDUAL - PRESUPUESTO POR GRUPO DE TRABAJO

No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MANO DE OB RA					TOTAL	REGLON
		CANT	TIPO	U	DÍAS	P.U.		
<b>05</b>	<b>LOSA ENTREPISO</b>							
	Colocar vigueta y Bovedilla	2	ALB	DIA	12	63.00	756	
	Colocar refuerzo	1	AYUD	DIA	6	28.00	168	
	Fundir losa							
	<b>TOTAL GRUPO 05</b>						<b>924</b>	<b>924</b>
<b>06</b>	<b>PAREDES NIVEL 2</b>							
	Levantado de paredes	3	ALB	DIA	18	63.00	1,134	
	Planta Alta	1	AYUD	DIA	6	28.00	168	
	<b>TOTAL GRUPO 06</b>						<b>2,226</b>	<b>2,226</b>
<b>07</b>	<b>LOSA TECHO</b>							
	Colocar tarima	2	ALB	DIA	12	63.00	756	
	Colocar refuerzo	1	AYUD	DIA	6	28.00	168	
	Alisado de losa							
	<b>TOTAL GRUPO 07</b>						<b>924</b>	<b>924</b>

Tabla XVI. Detalle del costo de mano de obra.

CASA INDIVIDUAL - PRESUPUESTO POR GRUPO DE TRABAJO

No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MANO DE OB RA					REGLON
		CANT	TIPO	U	DÍAS	P.U.	
<b>08</b>	<b>REPELLO DE CIELOS Y PAREDES</b>						
	Repello afinado de cielos	9	ALB	DIA	54	63.00	3,402
	Repello afinado de paredes	4	AYUD	DIA	24	28.00	672
	<b>TOTAL GRUPO 08</b>						<b>4,074</b>
<b>09</b>	<b>ACABADOS SOBRE TECHO Y BASE PARA PISOS</b>						
	Mezclón sobre techo	2	ALB	DIA	12	63.00	756
	Base para piso cerámico	1	AYUD	DIA	6	28.00	168
	<b>TOTAL GRUPO 09</b>						<b>924</b>
<b>10</b>	<b>TRABAJOS EXTERIORES Y MOLDURAS</b>						
	Pisos de concreto+pila	1	ALB	DIA	6	63.00	378
	Malla perimetral	0	AYUD	DIA	0	28.00	0
	Sillares y molduras						
	Carrileras+Poste contador						
	<b>TOTAL GRUPO 10</b>						<b>378</b>
<b>11</b>	<b>RETOQUES FINALES</b>						
	Corregir desportillones	2	ALB	DIA	12	63.00	756
	Vanos puertas y ventanas	1	AYUD	DIA	6	28.00	168
	<b>TOTAL GRUPO 11</b>						<b>924</b>
<b>TOTALES / CASA</b>							<b>18,396</b>
						<b>Q/M2</b>	<b>220</b>

### **3. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Cuando se habla del aprovechamiento de los materiales de construcción, es porque se quiere reducir el costo de producción de una vivienda.

Generalmente, se trabaja con determinados materiales por tradición y porque han dado buenos resultados anteriormente. Pero esto no implica que se debe abandonar la búsqueda de nuevos materiales que, siendo tan eficientes como los tradicionales, sean más económicos.

En este campo se encontrarán varios factores adversos, como:

- a.- La tendencia general de las personas a confiar más en los materiales tradicionales y desconfiar de los nuevos.
- b.- Desconocimiento, en el inicio de la investigación, del comportamiento del material al cabo de un tiempo más o menos largo.
- c.- Inexperiencia en la mano de obra.

d.- Reacción psicológica desfavorable, en personas de clase media, a que se use en su vivienda "materiales económicos".

La desconfianza natural a los materiales nuevos induce, muchas veces, al futuro propietario al rechazo, prefiriendo los materiales conocidos por él, aunque el precio de estos últimos sea mayor.

Independientemente de si se usan materiales de construcción tradicionales o no, el constructor debe dar la importancia que merece *el dimensionamiento de los ambientes, esto para que exista relación con las medidas de los elementos constructivos (blocs u otros).*

Es de hacer notar que si no existe relación entre las dimensiones de cada tipo de elemento, al acoplarlos, se tendrán que cortar varios de ellos; Esto necesariamente implicará un gran desperdicio de mano de obra y materiales.

Si toda la construcción está dimensionada de acuerdo a medidas basadas en un mismo módulo unitario, se logra que cada uno de los elementos encaje en sus distintas posiciones, sin tener que modificar sus dimensiones originales.

Cuando se obtiene un sistema perfecto de coordinación modular en los elementos constructivos, la edificación consistiría únicamente en un ensamblaje de elementos, es decir, se puede tener un montaje de elementos prefabricados.

Aparte de los elementos constructivos (bloques u otros), los materiales que reflejan mayor costo en una obra son el hierro y el concreto.

*Para optimizar el hierro*, a continuación se listan algunos aspectos importantes a considerar:

- ☑ El ingeniero debe proponer la planilla de hierro, es decir, un detalle exacto de cada elemento, para no dejar en manos del armador el criterio para cortar las varillas.
- ☑ El ingeniero debe determinar si es conveniente usar varillas de 6,9 ó 12 metros de longitud, esto para que sea poco o nada el desperdicio.
- ☑ Se debe tratar de cortar las varillas en fracciones exactas, para no tener sobrantes que no puedan ser aprovechados y sean desperdicio.
- ☑ La longitud de los elementos (columnas, vigas, cimientos etc.).
- ☑ El traslape necesario según el diámetro del hierro.
- ☑ El anclaje necesario según el diámetro del hierro.
- ☑ Debe aprovecharse el sobrante en otros elementos.

En las figuras 11, 12 y 13, se ejemplifica la elaboración de las planillas de hierro por parte del ingeniero constructor. Esos son los detalles que deben llegar al taller de prefabricados de armadura.

Cuando se llega a ese grado de detalle, no es necesario contemplar algún porcentaje de desperdicio para la compra del hierro.

La figura 14, muestra el detalle típico del armado de las columnas. Se observa que se usan para el primero y segundo nivel, mitad exacta de varilla de 6 metros. Y el empalme se logra con una varilla de 1 metro de longitud, que es fracción exacta también.

En el primer nivel se utiliza varilla No.4 y en el segundo se cambia por No.3, obsèrvese que si a la varilla del primer nivel se le da la longitud necesaria para evitar el empalme con la varilla de 1 metro, sería de 3.68 m. Lo que deja un sobrante de 2.32 m.

El problema es qué hacer con tantas varillas de 2.32 metros de longitud. Posiblemente se podrían utilizar en otras columnas haciendo empalmes donde se necesiten. Pero esto, además de dejar de ser un proceso de producción en serie, la optimización del hierro dependería de la habilidad del armador.

Para cuantificar el hierro es necesario tener presente las especificaciones del diseño estructural, las características de los diferentes diámetros de hierro y las fracciones exactas de las diferentes longitudes de hierro, como se muestra en la tabla XVII.

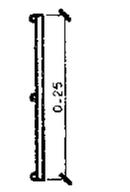
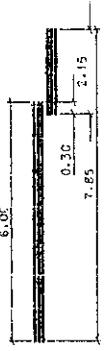
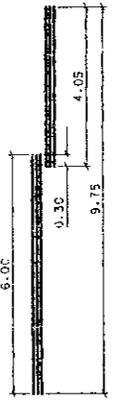
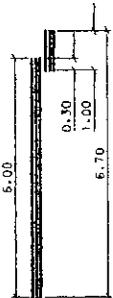
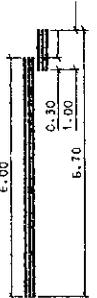
*Para optimizar el concreto se sabe que lo que más incide en su costo es el cemento. Entonces como primer paso se debe diseñar la mezcla con agregados de buena calidad, esto con el fin de lograr la resistencia requerida con la menor cantidad de cemento.*

Otra de las formas de optimizar el concreto es hacer la inversión que sea necesaria para la adquisición del equipo de arrastres. Es decir, que si se tienen buenos arrastres, las fundiciones horizontales como losas, logran una mejor nivelación y evita el sobre volumen del concreto.

Además, en el caso de las losas que están bien niveladas desde el momento de la fundición, se puede contar con un ahorro en el material de pegado de piso, o bien con el que se debe nivelar la superficie.

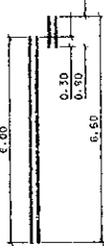
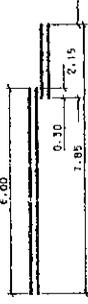
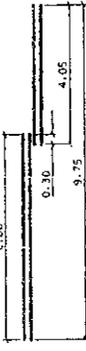
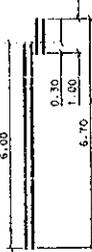
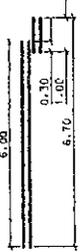
Se recomienda que el equipo de arrastre sea de perfiles gruesos y en metal, para que soporten más que la madera, la que con pocos usos se pandea.

Figura 11. Planchillo de hierro para cimientos

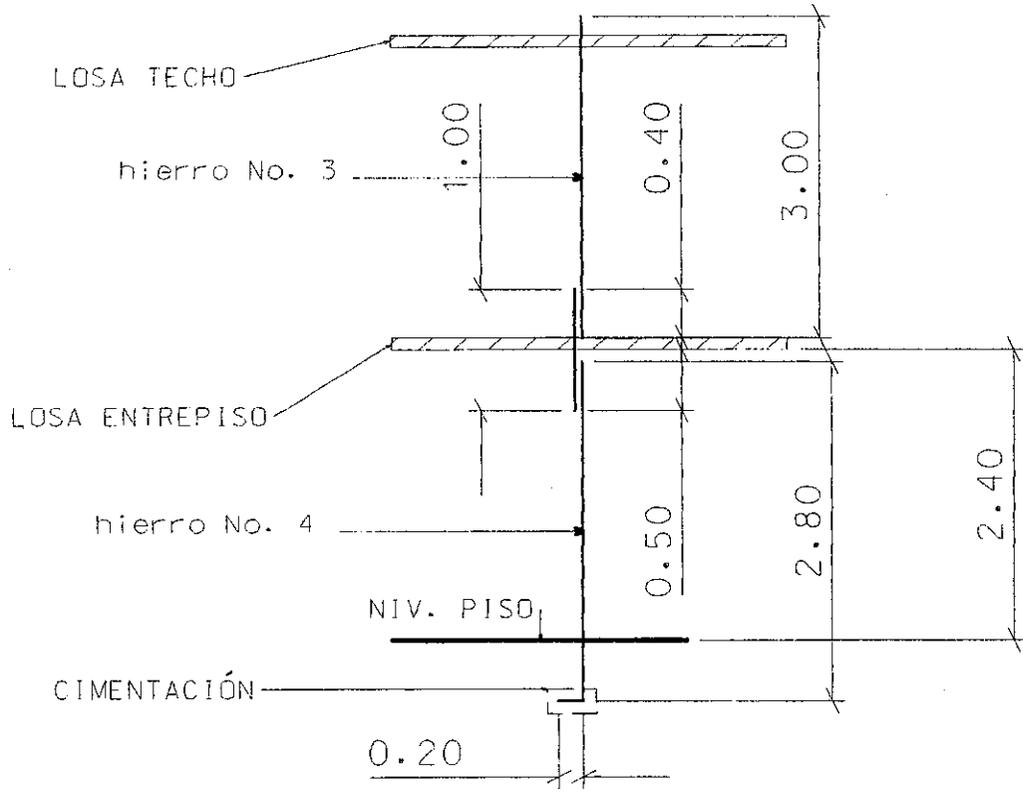
EJE	LONGITUD REFUERZO	FRACCIÓN	DETALLE
C	3 SOLERAS DE 6.60	6.00+0.90 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
B	4 SOLERAS DE 7.85	6.00+2.15 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
A	2 SOLERAS DE 9.75	6.00+4.05 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
1	2 SOLERAS DE 6.70	6.00+1.00 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
2	4 SOLERAS DE 2.55	2.55 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
3	2 SOLERAS DE 6.70	6.00 + 1.00 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	



**Figura 13.** Planilla de hierro para solera de humedad

EJE	LONGITUD REFUERZO	FRACCIÓN	DETALLE
C	3 SOLERAS DE 6.60	6.00+0.90 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
B	4 SOLERAS DE 7.85	6.00+2.15 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	 2 No. 3 + EST. No. 2 A/C 0.20 DETALLE TIPICO DE SOLERA
A	2 SOLERAS DE 9.75	6.00+4.05 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
1	2 SOLERAS DE 6.70	6.00+1.00 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
2	3 SOLERAS DE 2.55	2.55 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	
3	2 SOLERAS DE 6.70	6.00 + 1.00 EST. NO. 2 0.28 A/C 0.20	

**Figura 14.** Empalme de columnas con fracción de varilla exacta



**Tabla XVII. MEDIDAS, PESOS Y LONGITUDES DE VARILLAS DE CONSTRUCCIÓN**

No.	Diámetro		Área		Libras por metro	Quintales por varilla			Traslapes		Anclajes	Fracciones (Cm)			Fracciones (Cm)				
	Pulgadas	MM	Pulg <sup>2</sup>	Cm <sup>2</sup>		20'	30'	40'	Columnas	Vigas y losas		L/n	20'	30'	40'	L/n	20'	30'	40'
2	1/4	6.4	0.05	0.32	0.543	0.0334	0.0501					2	305	458	610	12	51	76	102
3	3/8	9.5	0.11	0.71	1.234	0.0752	0.1128	0.1504	30	40	30	3	203	305	407	13	47	70	94
4	1/2	12.7	0.20	1.27	2.192	0.1336	0.2004	0.2672	40	60	40	4	153	229	305	14	44	65	87
5	5/8	15.9	0.31	1.98	3.413	0.2086	0.3129	0.4172	50	70	50	5	122	183	244	15	41	61	81
6	3/4	19.1	0.44	2.85	4.929	0.3000	0.4500	0.6000	60	80	60	6	102	153	203	16	38	57	76
7	7/8	22.2	0.60	3.88	6.895	0.4089	0.6134	0.8178	80	90	70	7	87	131	174	17	36	54	72
8	1	25.4	0.79	5.06	8.76	0.5340	0.8010	1.0660	90	110	80	8	76	114	153	18	34	51	68
9	1 1/8	28.6	1.00	6.41	11.09	0.6800	1.0200	1.3600	110	130	100	9	68	102	136	19	32	48	64
10	1 1/4	31.8	1.27	7.91	14.11	0.8606	1.2909	1.7212	130	150	130	10	61	92	122	20	30	46	61
11	1 3/8	35.0	1.56	9.58	17.42	1.0630	1.5939	2.1252	150	170	160	11	55	83	111	21	29	43	58

### **3.1 Cuantificación de materiales**

Cuando se construyen viviendas en serie es de vital importancia tener un buen abastecimiento de materiales.

Para eso se necesita tener la cantidad exacta de material a utilizar por cada uno de los grupos de trabajo.

Se hace una cuantificación en base a los planos, y luego se corrigen las cantidades de materiales de acuerdo a lo empleado en realidad.

Después de la cuantificación de materiales, se elabora un presupuesto, éste, al igual que la mano de obra, se desglosa por subactividad de trabajo. Ver tablas XVIII a XXII.

Si por alguna razón, falla el abastecimiento de los materiales para cualquiera de los grupos de trabajo excepto el último, el proceso de allí para atrás se detendrá, lo que seguro ocasionará grandes pérdidas.

Tabla XVIII. Detalle del costo de materiales.

PRESUPUESTO POR GRUPOS DE TRABAJO PARA 10 CASAS.						
No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MATERIALES				
		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
<b>01</b>	<b>TRAZO Y EXCAVACIÓN</b>					
	Colocar corral de trazo	Cal	bolsa	5	16.00	80
	Excavación cimientó	Clavo de 4"	libra	25	2.00	50
	Remoción de excedentes	Clavo de 1"	libra	2	2.00	4
	<b>TOTAL GRUPO 01</b>					<b>134</b>
<b>02</b>	<b>LOSA CIMENTACIÓN Y POSTE DE ACOMETIDA</b>					
	Colocar refuerzo cimientó	Hierro 1/4" 6m	varilla	547	3.73	2,042
	Colocar refuerzo columnas	Hierro 3/8" 9m	varilla	328	12.92	4,239
	Fundir cimientó	Hierro 1/2" 9m	varilla	684	22.40	15,322
	Levantado hasta Solera de humedad	Alambre amarre	libra	337	2.00	673
	Impermeabilizar solera	Tacos de concreto	unidad	1328	0.30	398
		Concreto:	m3			
		- cemento	saco	315	24.00	7,560
		- arena río	m3	30	75.00	2,250
		- piedrín 3/8"	m3	14	100.00	1,400
		- piedrín 1/2"	m3	21	95.00	1,995
		Bloc 14 entero	unidad	780	2.18	1,700
		Bloc 14 mitad	unidad	280	1.60	448
		Bloc "U" 14 entero	unidad	585	2.35	1,375
		Bloc "U" 14 mitad	unidad	450	1.80	810
		Sabieta levantado	bolsa	80	16.72	1,338
		Clavo	libra	20	2.00	40
		Duropor 3/4"	plancha	10	25.80	258
		Hidroban	galon	10	90.00	900
		Desencofrante	gi	10	45.00	450
		Poste acometida	u	5	500.00	2,500
	<b>TOTAL GRUPO 02</b>					<b>45,698</b>

Tabla XIX. Detalle del costo de materiales.

PRESUPUESTO POR GRUPOS DE TRABAJO PARA 10 CASAS						
No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MATERIALES				
		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
<b>03</b>	<b>INSTALACIONES BAJO PISO</b>					
	Trazo de instalaciones					
	Zanqueo de instalaciones	Cal	bolsa	2	16.00	32
	Instalación tubería agua, drenaje y electricidad	Tubo cemento 16"	unidad	10	55.00	550
		Tubo cemento 12"	unidad	10	21.75	218
	Colocación de registros	Concreto:				
	Fundir tuberías	Cemento	saco	63	24.00	1,512
		Arena de Río	m3	6	75.00	450
		Piedrín 3/8"	m3	2.75	100.00	275
		Piedrín 1/2"	m3	4.13	95.00	392
	Relleno de zanjas	Material selecto	m3	56.00	55.00	3,080
	Nivelar terreno					
	Base de material selecto.					
	Remoción de excedentes					
	<b>TOTAL GRUPO 03</b>					<b>6,509</b>
<b>04</b>	<b>MUROS NIVEL 1</b>					
	Levantado de paredes	Bloc 14 entero	unidad	4870	2.18	10,617
	Planta Baja	Bloc 14 mitad	unidad	3390	1.60	5,424
		Bloc "U" 14 entero	unidad	1105	2.35	2,597
		Bloc "U" 14 mitad	unidad	225	1.80	405
		Sabieta levantado	bolsa	290	16.72	4,849
		Hierro 1/4" 6m	varilla	110	3.73	411
		Hierro 1/2" 9m	varilla	215	22.40	4,816
		Alambre amarre	libra	80.83	2.00	162
		Concreto:	m3			
		- cemento	saco	210.00	24.00	5,040
		- arena río	m3	20.00	75.00	1,500
		- piedrín 3/8"	m3	23.00	100.00	2,300
		Clavo	libra	10	2.00	20
		Duropor 3/4"	plancha	15	25.80	387
		Desencofrante	gl	15.00	75.31	1,130
		<b>TOTAL GRUPO 04</b>				

Tabla XX. Detalle del costo de materiales.

PRESUPUESTO POR GRUPOS DE TRABAJO PARA 10 CASAS.						
No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MATERIALES				
		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
<b>05</b>	<b>LOSA NIVEL 1</b>					
	Colocar vigueta y Bovedilla	Hierro 1/4" 6m	varilla	470	3.73	1,755
	Colocar refuerzo	Hierro 3/8" 9m	varilla	436	12.92	5,633
	Fundir losa	Hierro 1/2" 9m	varilla	254	22.40	5,690
		Hierro 3/4" 6m	varilla	20	33.63	673
		Alambre de amarre	libra	223	2.00	446
		Tacos de concreto	unidad	1143	0.30	343
		Concreto	m3			
		- cemento	saco	295	24.00	7,080
		- arena río	m3	28	75.00	2,100
		- piedrín 3/8"	m3	33	100.00	3,300
		Clavo 4"	libra	20	2.00	40
		Clavo 3"	libra	30	2.00	60
		Curador	gl	15	40.00	600
		Desencofrante	gl	10	45.00	450
		Viguetas y bovedillas	paquete	10	2,025.00	20,250
		Duropor 3/4"	plancha	15	25.80	387
		<b>TOTAL GRUPO 05</b>				
<b>06</b>	<b>MUROS NIVEL 2</b>					
	Levantado de paredes Planta Alta	Bloc 14 entero	unidad	5470	2.18	11,925
		Bloc 14 mitad	unidad	3020	1.60	4,832
		Bloc "U" 14 entero	unidad	1275	2.35	2,996
		Bloc "U" 14 mitad	unidad	360	1.80	648
		Bloc 9 entero	unidad	760	2.28	1,733
		Bloc 9 mitad	unidad	200	1.20	240
		Sabieta levantado	bolsa	300	16.72	5,016
		Hierro 1/4" 6m	varilla	108	3.73	403
		Hierro 1/2" 9m	varilla	215	22.40	4,816
		Alambre amarre	libra	93	2.00	186
		Concreto:	m3			
		- cemento	saco	210	24.00	5,040
		- arena río	m3	20	75.00	1,500
		- piedrín 3/8"	m3	23	100.00	2,300
		Clavo 3" y 4"	libra	60	2.00	120
		Duropor 3/4"	plancha	15	25.80	387
		Desencofrante	gl	15	75.31	1,130
	<b>TOTAL GRUPO 06</b>					<b>43,272</b>

Tabla XXI. Detalle del costo de materiales.

PRESUPUESTO POR GRUPOS DE TRABAJO PARA 10 CASAS.						
No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MATERIALES				
		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
<b>07</b>	<b>LOSA NIVEL 2</b>					
	Colocar tarima	Hierro 1/4" 6m	varilla	168	3.73	627
	Colocar refuerzo	Hierro 1/2" 9m	varilla	255	22.40	5,712
	Alisado de losa	Alambre amarre	libra	117.31	2.00	235
		Tacos de concreto	unidad	1143	0.30	343
		Concreto Mixto Listo	m3	54.00	428.00	23,112
		Elevacion Serco	m3	54.00	67.00	3,618
		Clavo 3"	libra	100	2.00	200
		Curador	gl	15.00	40.00	600
		Desencofrante	gl	10.00	75.31	753
		Viguetas y bovedillas	paquete	10	2,042.00	20,420
		Duropor 3/4"	plancha	15	25.80	387
	<b>TOTAL GRUPO 07</b>					<b>56,007</b>
<b>08</b>	<b>REPELLO</b>					
	Repello afinado de cielos	Mezcla para repello	bolsa	1925	17.24	33,187
	Repello afinado de paredes					
	<b>TOTAL GRUPO 08</b>					<b>33,187</b>
<b>09</b>	<b>ACABADOS SOBRE TECHO</b>					
	Campanario (adorno)	- cemento	saco	140.00	24.00	3,360
	Bordillo de bloc	- arena río	m3	14.00	75.00	1,050
	Ventilación baño	- piedrín 3/8"	m3	7.00	100.00	700
		- piedrín 1/2"	m3	12.00	95.00	1,140
		Electropanel	Plancha	1.50	115.00	173
		Bloc 14 entero	unidad	105	2.18	229
		Bloc 14 mitad	unidad	45	1.60	72
		Bloc "U" 14 entero	unidad	565	2.35	1,328
		Bloc "U" 14 mitad	unidad	105	1.80	189
		Sabieta levantado	bolsa	70.00	16.72	1,170
		Concreto liviano	bolsa	50.00	19.00	950
		Mezcla para repello	bolsa	30.00	17.24	517
		Electromalla	plancha	0.06	72.05	4
	<b>TOTAL GRUPO 09</b>					<b>10,882</b>
<b>10</b>	<b>PISOS DE CONCRETO</b>					
	Base para piso cerámico	Concreto	m3	3.50		
	Piso de concreto de pila	- cemento	saco	252.00	24.00	6,048
	Carrileras	- arena río	m3	24.00	75.00	1,800
		- piedrín 3/8"	m3	11.00	100.00	1,100
		- piedrín 1/2"	m3	17.00	95.00	1,615
	<b>TOTAL GRUPO 10</b>					<b>10,563</b>

Tabla XXII. Detalle del costo de materiales.

PRESUPUESTO POR GRUPOS DE TRABAJO PARA 10 CASAS.						
No.	ACTIVIDADES QUE REALIZA	MATERIALES				
		DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
<b>11</b>	<b>MALLA PERIMETRAL</b>					
	Malla galvanizada h=1m	Malla galvanizada h=1m	ml	120.00	24.00	2,880
	Tubo para malla	Tubo para malla	u	70.00	10.00	700
		Alambre galvanizado	lb	30	3.00	90
		Hembra de 1/2	varillas	7	11.00	77
	<b>TOTAL GRUPO 11</b>					<b>3,747</b>
<b>12</b>	<b>RETOQUE ALBAÑILERÍA</b>					
	Corregir desportillones	Mezcla para repello	bolsa	90	17.24	1,552
	Vanos puertas y ventanas	Cemento	saco	20	24.00	480
	Gradas granito lavado	Polvo de marmol ordin.	bolsa	20	15.00	300
		Granito	bolsa	40	15.00	600
	<b>TOTAL GRUPO 12</b>					<b>2,932</b>
<b>13</b>	<b>PREFABRICADOS</b>					
	Estelas	Cemento	saco	80	24.00	1,920
	Sillares	Arena caliza	m3	5	75.00	375
	Molduras	Arena blanca	m3	3	70.00	210
	Cajas de pila	Hierro 1/4	varilla	65	3.73	243
	Tacos	Piedrín 3/8	m3	3.50	100.00	350
		Desencofrante	Gl	10.00	75.31	753
		Clavo	lb.	25.00	2.00	50
		Epóxico	gl	0.40	440.00	176
	<b>TOTAL GRUPO 13</b>					<b>4,077</b>
<b>14</b>	<b>PILA</b>					
	Pila	Cemento	saco	5	24.00	120
		Arena caliza	m3	1	70.00	70
		Pila	u	10	135.00	1,350
	<b>TOTAL GRUPO 14</b>					<b>1,540</b>
<b>15</b>	<b>LIMPIEZA FINAL</b>					
	Enseres de limpieza	Enseres de limpieza	global	10	20.00	200
	Equipo					
	<b>TOTAL GRUPO 15</b>					<b>200</b>
<b>TOTALES / CASA</b>		<b>MATERIALES:</b>				<b>307,208</b>
					<b>Q/M2</b>	<b>367</b>

### **3.2 Paquetes de materiales por actividad constructiva**

Como las actividades de trabajo son programadas para ser terminadas en una semana (de lunes a sábado), esto hace fácil armar paquetes de los materiales para que sean suministrados por el proveedor en tiempos múltiplos de una semana (quincenal, mensual, etc.).

Se debe tener cuidado de no desajustar los paquetes de materiales. Esto puede ocurrir cuando simultáneamente se hacen otros trabajos, como la urbanización.

En las tablas de la XXIII – XXIV se pueden ver, con detalle, las cantidades de los materiales a granel, por cada una de las actividades de trabajo.

En las tablas XXV – XXVI no hay tanto detalle de para qué son los materiales a granel, pero es de mucha utilidad para hacer los pedidos al proveedor. Aparecen las cantidades programadas para determinadas fechas, por supuesto, en múltiplos de una semana.

TABLA XXIII. PAQUETE DE MATERIALES PARA 10 CASAS

	PREFABRICADOS	CIMENTACIÓN	INST. BAJO PISO	PAREDES NIV 1	PAREDES NIV 2	LOSA 1	BASE PISO		TOTALES
							LOSA 2	CARRILLERAS+PILA	
CEMENTO ( SACO )	80	315	63	210	210	140	252	0	1565
ARENA ( M3 )	8	30	6	20	20	14	65	0	191
PIEDRÍN 3/8 ( M3 )	4	14	3	23	23	7	11	0	117
PIEDRÍN 1/2 ( M3 )	0	21	4	0	0	12	17	0	54
BLOC ENTERO	0	780	0	4870	5470	105	0	0	11225
BLOC MITAD	0	280	0	3390	3020	45	0	0	6735
BLOC U ENTERO	0	585	0	1105	1275	565	0	0	3530
BLOC U MITAD	0	450	0	225	360	105	0	0	1140
HIERRO N2 ( Vgr ) 20	0	505	0	110	108	168	0	54	1415

TABLA XXIV. PAQUETE DE MATERIALES PARA 10 CASAS

	PREFABRICADOS	CIMENTACIÓN	INST. BAJO PISO	PAREDES NIV 1	LOSA 1	PAREDES NIV 2	LOSA 2	BASE PISO		TOTALS
								CARRILERAS+PILA	VIARIOS	
HIERRO N3 ( Var ) 30 '	65	333	0	0	436	0	0	0	85	919
HIERRO N4 ( Var ) 30 '	0	684	0	215	254	215	255	0	0	1623
HIERRO N6 ( Var )	0	0	0	0	21	0	0	0	0	21
MEZCLA LEV. (Bolsa )	0	80	0	290	0	300	0	0	0	670
MEZCLA REPELLO(Bolsa)	0	0	0	455	0	455	20	0	0	930
CONCRETO (LIVIANO)	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20
BLOC TABIQ. ENTERO	0	0	0	0	0	650	0	0	0	650
BLOC TABIQ. MITAD	0	0	0	0	0	160	0	0	0	160
PISO CERÁMICO	0	0	0	0	0	0	0	0	730	730
ESTUQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16
PEGA PISO	0	0	0	0	0	0	0	0	72	72
PORCELANA	0	0	0	0	0	0	0	0	120	120

TABLA XXV. Pedido semanal de materiales por grupo de 10 casas.

	ENERO '99								FEBRERO							
	semana 1 Cantidad	semana 2 Cantidad	semana 3 Cantidad	semana 4 Cantidad	semana 1 Cantidad	semana 2 Cantidad	semana 3 Cantidad	semana 4 Cantidad	semana 1 Cantidad	semana 2 Cantidad	semana 3 Cantidad	semana 4 Cantidad				
CEMENTO ( SACO )	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565				
ARENA ( M3 )	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191				
PIEDRÍN 3/8 ( M3 )	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110				
PIEDRÍN 1/2 ( M3 )	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54				
BLOC ENTERO ( U )	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225	11225				
BLOC MITAD ( U )	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735	6735				
BLOC U ENTERO ( U )	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530	3530				
BLOC U MITAD ( U )	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140				
HIERRO No.2 ( Var ) 20'	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415				
HIERRO No.3 ( Var ) 30'	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919				
HIERRO No.4 ( Var ) 30'	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623	1623				

Tabla XXVI. Pedido semanal de materiales por grupo de 10 casas.

	ENERO '99				FEBRERO			
	semana 1 Cantidad	semana 2 Cantidad	semana 3 Cantidad	semana 4 Cantidad	semana 1 Cantidad	semana 2 Cantidad	semana 3 Cantidad	semana 4 Cantidad
HIERRO No.6 ( Var ) 30'	21	21	21	21	21	21	21	21
MEZCLA P/LEVANTADO (Bols	670	670	670	670	670	670	670	670
MEZCLA REPELLO ( Bolsa )	930	930	930	930	930	930	930	930
CONCRETO ( LIVIANO )	20	20	20	20	20	20	20	20
BLOC TABIQUE ENTERO	650	650	650	650	650	650	650	650
BLOC TABIQUE MITAD	160	160	160	160	160	160	160	160
PISO CERÁMICO	730	730	730	730	730	730	730	730
ESTUQUE	16	16	16	16	16	16	16	16
PEGA PISO	72	72	72	72	72	72	72	72
PORCELANA	120	120	120	120	120	120	120	120

Entre los paquetes de materiales, también es fácil agrupar los materiales que generalmente dependen de un mismo proveedor.

Por ejemplo, se cuantifica con mucha precisión lo que concierne a electricidad o plomería. Con esto se le entrega el paquete al jefe de electricistas y plomeros respectivamente, haciéndolos responsables de su material y así evitar la pérdida del mismo.

### **3.3 Prefabricados**

Se debe tratar de fabricar en serie la mayor cantidad de piezas o partes de una casa, de tal manera que su construcción consista sólo en el acoplamiento y ajuste de las piezas prefabricadas.

Los prefabricados son elementos hechos en serie, de manera que además de facilitar su acoplamiento también facilitan su construcción.

Por las dimensiones de la obra es factible montar un taller donde se prefabriquen algunos elementos que se colocarán en alguna de las actividades de trabajo.

Son muchas las ventajas de prefabricar ciertos elementos, y una de las más importantes es la rapidez con que se pueden producir, y esto se logra, por supuesto, por la especialización del operario.

El operario, además de especializarse en un taller, puede contar con la infraestructura necesaria para producir a gran escala.

Los elementos prefabricados generalmente son pequeños, pero para lograr que sean livianos, se utiliza granza de arena blanca en vez de usar piedrín para el concreto.

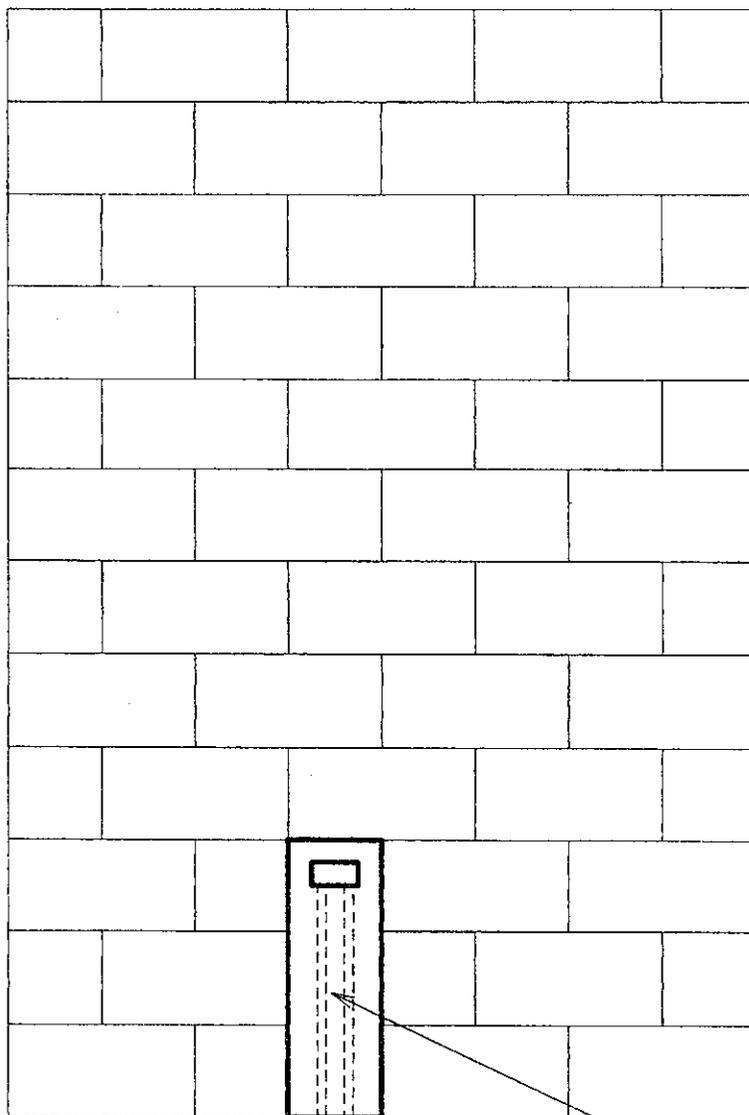
A continuación se listan algunos de los prefabricados más comunes. Ver figuras 15, 16 y 17.

- ☑ **Estelas:** Se les llama así por su parecido a los monumentos conmemorativos, erigidos sobre el suelo en forma de lápida o pedestal, son bloques de concreto liviano y que en su interior lleva la instalación hidráulica o eléctrica, de un lavamanos o un tomacorriente. Se le dimensiona de tal forma que module con los blocs, es decir, su altura y ancho es múltiplo de 0.20 m.
- ☑ **Pilas de concreto:** En el taller de prefabricados se cuenta con moldes para hacer las pilas de concreto, éstas se producen a un menor costo y además el constructor se garantiza la existencia de éstas en obra.
- ☑ **Cajas para contador de agua:** Al igual que las pilas, se fabrican con moldes.
- ☑ **Tubos de concreto:** Los tubos de concreto que hay en el mercado, generalmente, son de longitud estandar, eso hace

necesario algunos cortes (con disco u otro) cuando se necesitan medidas diferentes. Por eso, cuando la magnitud del proyecto lo amerita se prefabrican las cajas de drenajes con tubos de concreto a la medida necesaria.

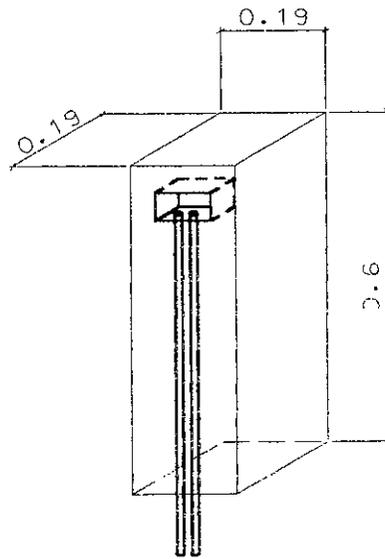
- ☒ **Tacos de concreto:** Son alzas que sirven para nivelar el hierro mientras se aplica el concreto, éstos se prefabrican en moldes que hacen posible producir cientos de ellos por día.
  
- ☒ **Molduras de adorno en fachadas:** Este tipo de adornos es mejor prefabricarlos en el taller y luego se colocan sobrepuestos en las fachadas, se logra mayor rapidez y uniformidad en el diseño.
  
- ☒ **Armadura de hierro:** El armado de todo el hierro que lleva la construcción, se delega en un grupo de personas en el taller de prefabricados, luego se envían las columnas, soleras, etc. a la obra, evitando desperdicio del hierro.
  
- ☒ **Mezclas:** Las mezclas como las de repello o cernido, se prefabrican en el taller, con esto se logra menos desperdicio de los agregados y además un mejor control de calidad (proporciones), porque en obra sólo le tienen que agregar agua.

**Figura 15.** Prefabricado modulado

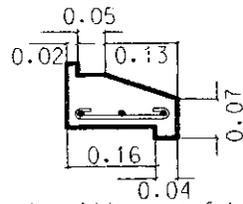


Prefabricado de tomacorriente

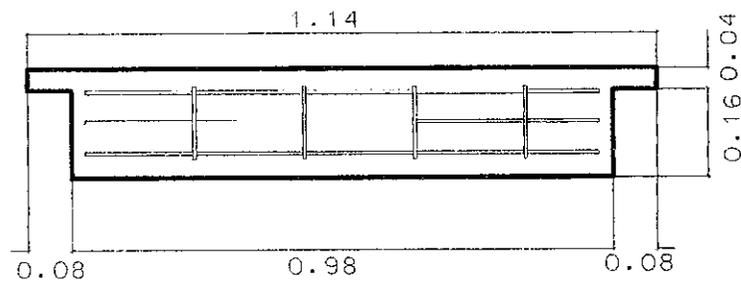
**Figura 16.** Elementos prefabricados



Prefabricado para instalaciones eléctricas

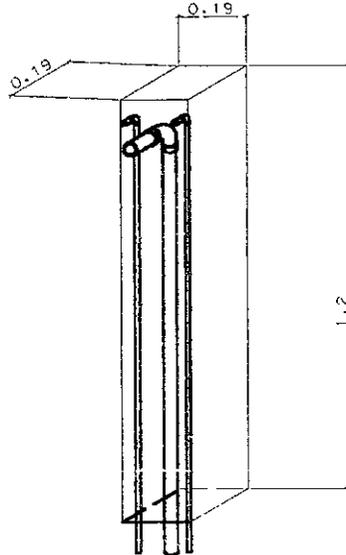


Sección de sillar prefabricado

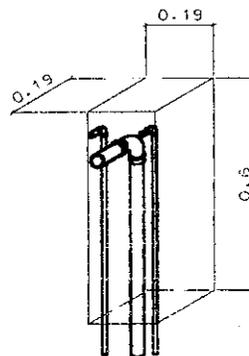


Vista en planta de sillar prefabricado

**Figura 17.** Elementos prefabricados para instalaciones hidráulicas.



Prefabricado para instalaciones de lavadora



Prefabricado para instalacion de lavafrastos

## **4. USO ÓPTIMO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO**

### **4.1 Cálculo de cantidad de herramienta por actividad**

Como ya se tienen las actividades de trabajo definidas, y la cantidad de operarios por actividad, entonces es fácil determinar la cantidad de herramienta a requerir.

En las tablas XXVII y XXVIII, se puede observar como se listan horizontalmente las herramientas de uso típico en construcción, y verticalmente se listan las actividades de trabajo.

La segunda columna, que indica personal, se refiere a la cantidad de operarios por cada una de las actividades de trabajo. El primer número indica la cantidad de albañiles y el segundo la cantidad de ayudantes.

Es necesario hacer notar que cuando se trata de albañiles, no se le asigna una piocha, esto por ser una herramienta de uso exclusivo para el ayudante. De lo contrario sería muy cara la mano de obra si los albañiles se dedicaran a zanjeo.

Tabla XXVII. Cálculo de la cantidad de herramienta a requerir por actividad de trabajo.

Grupo	Per-sonal	Pala	Piocha	Barre-ta	Carre-ta	Aza-dón	Almá-dana	Mang. Nivel	Mang. Agua	Tonel	Cube-ta
Trazo y Excavación	1+2	2	2	2	2	0	1	1	0	0	0
10 casas		20	20	20	20	0	10	10	0	0	0
Cimentación	2+1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	2
10 casas		10	0	0	10	0	0	10	5	5	20
Inst. Bajo piso	1+7	6	2	0	4	0	0	0	1	1	2
10 casas		60	20	0	40	0	0	0	5	5	20
Paredes Niv. 1	4+2	2	0	0	2	2	0	1	1	1	4
10 casas		20	0	0	20	20	0	5	5	10	40
Losa de entrepiso	3+2	2	0	2	4	0	0	1	1	4	4
10 casas		20	0	20	40	0	0	5	5	40	40
Paredes Niv. 2	3+2	2	0	0	2	2	0	1	1	1	4
10 casas		20	0	0	20	20	0	5	5	10	40
Losa de techo	2+1	2	0	2	4	0	0	1	1	4	2
10 casas		20	0	20	40	0	0	5	5	40	20
Repellos	10+5	3	0	0	2	0	0	1	1	3	8
10 casas		30	0	0	20	0	0	10	10	30	80
Acabado de techo y base de pisos	2+1	1	0	0	2	1	0	1	1	3	4
10 casas		10	0	0	20	10	0	0	5	30	40
Trabajo exterior	1+1	1	0	1	1	0	0	1	1	2	2
10 casas		10	0	10	10	0	0	5	5	20	20
Retoques finales	2+1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
10 casas		10	0	0	0	0	0	0	0	10	20
TOTAL CASA		23	4	7	24	5	1	9	9	21	34
TOTAL 10 CASAS		230	40	70	240	50	10	55	50	200	340

Tabla XXVIII. Cálculo de la cantidad de herramienta a requerir por actividad de trabajo.

Grupo	Personal	Plomo centro	Escuadrilón	Hilo Nylon	Nivel 2 pies	Mazo Metal	Uña	Batea grande	Batea pequeña	Cajón y candado	Cinta 30m.
<b>Trazo y Excavación</b>	1+2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
10 casas		5	5	5	5	0	0	0	0		5
<b>Cimentación</b>	2+1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
10 casas		5	5	5	5	0	0	5	0		5
<b>Inst. Bajo piso</b>	1+7	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
10 casas		0	0	0	0	20	0	0	0		0
<b>Paredes Niv. 1</b>	4+2	0	0	1	0	0	0	1	4	1	0
10 casas		0	0	5	0	0	0	5	40		0
<b>Losa de entrepiso</b>	3+2	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
10 casas		0	0	0	0	0	20	5	0		0
<b>Paredes Niv. 2</b>	3+2	0	0	1	0	0	0	1	3	1	0
10 casas		0	0	5	0	0	0	5	30		0
<b>Losa de techo</b>	2+1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
10 casas		0	0	0	0	0	20	5	0		0
<b>Repellos</b>	10+5	0	0	0	0	0	0	1	10	1	0
10 casas		0	0	0	0	0	0	5	100		0
<b>Acabado de techo y base de pisos</b>	2+1	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0
10 casas		0	0	0	0	10	0	5	20		0
<b>Trabajo exterior</b>	1+1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
10 casas		0	0	5	0	10	0	5	10		0
<b>Retoques finales</b>	2+1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
10 casas		0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<b>TOTAL CASA</b>		1	1	4	1	4	4	8	22	11	1
<b>TOTAL 10 CASAS</b>		10	10	25	10	40	40	40	220	0	10

## 4.2 Equipo necesario

1. **Andamios metálicos de marcos.** Son una armazón de tubos metálicos, en los que se colocan tablonos. El operario se coloca encima para trabajar en la construcción o reparación de las viviendas. También se utilizan para subir materiales de construcción a la planta alta.
2. **Bombas aspersoras.** Estas bombas son manuales y de mochila, se utilizan en el proyecto para asperjar el curador de concreto sobre las losas. Estas bombas tienen una capacidad de más o menos 4 galones y son operadas por una sólo persona.
3. **Burros para levantado.** Se diseñaron unos burros de tubo metálico que los hace bastante livianos, éstos son de 1.20 m. de altura, con el fin de poder levantar bloc hasta una altura de 2.40 metros.
4. **Burros para repello.** Se diseñaron unos burros de tubo metálico, que los diferencia de los burros para levantado en la altura, la cual es de 0.60 m. Esto los hace más funcionales porque les evita a los operarios el tener que trabajar el repello de los cielos con una postura incómoda.
5. **Caimán para hierro.** Es una tijera mecánica que corta varillas de hierro de diferente diámetro según su tamaño. Es muy útil en el taller del armado del hierro, y en la obra en general.

6. **Carretones.** Son vehículos de mediana capacidad que cuentan con un chasis, dos ruedas y una palangana. Estos son diseñados para ser remolcados y poder transportar cualquier material de construcción.
7. **Cizalla para hierro.** Es una cortadora de hierro, tiene forma de tijera grande y se le da uso en el taller de prefabricado del armado de hierro.
8. **Dobladora para estribos.** Es manual y con juego de palanca para hacer los estribos y eslabones con mayor exactitud y rapidez.
9. **Elevador de Faja.** Es una banda impulsada por un motor a velocidad constante, se trabaja inclinada como un rampa para subir materiales como concreto.
10. **Formaleta metálica.** Se diseñan las piezas de acuerdo a los tipos de columnas y demás elementos de concreto, con el fin de lograr mejores acabados, rapidez y la no utilización de madera, con la que se logran pocos usos.
11. **Madera para andamio.** Se utiliza madera en los andamios metálicos de marcos y burros. Esta madera es solamente para caminar, y se recomienda utilizar tablón para seguridad del operario, además de ofrecer mayor duración.

12. **Mezcladora de concreto de 1 saco de cemento.** Esta mezcladora funciona con motor de gasolina y está diseñada para hacer mezclas de concreto de hasta un saco de cemento, es decir, más o menos  $0.14 \text{ m}^3$ .
13. **Parales metálicos.** Éstos también son conocidos como parales telescópicos por su característica de poderse encoger o agrandar. Se utilizan para apuntalar la formaleta de las losas, tienen mayor duración que los parales de madera y son graduables.
14. **Radios transmisores.** Son indispensables cuando la obra es de gran magnitud. La comunicación es directa e instantánea entre los que dirigen el proceso de construcción.
15. **Tractor agrícola.** Es ideal por su potente motor y diseño de llantas para halar los carretones y cargarlos.
16. **Transporte (fletes).** Se debe contar con un camión de estacas o similar, para acarreo de materiales a granel, ripio y otros.
17. **Vibro compactadora.** Es necesario para la compactación del terreno, esto garantiza que no habrán hundimientos.
18. **Vigas extensoras.** Son metálicas y se acoplan a las medidas deseadas, se utilizan para soportar la formaleta de las losas.

## **CONCLUSIONES**

1. En este tipo de proyectos de construcción de vivienda en serie, los costos pueden llegar a controlarse casi de manera exacta, de manera que pueden cuantificarse factores de rendimientos, tanto de mano de obra como de materiales.
2. Por la buena optimización de los recursos, tanto de mano de obra como de materiales, herramienta y equipo, se logra ofrecer el producto terminado a un menor costo. Esto hace que los guatemaltecos puedan adquirir su casa propia con mayor facilidad.
3. Para este tipo de construcción de vivienda en serie, todas las actividades de trabajo predeterminadas deben realizarse dentro de un ciclo estándar, y no interesan adelantos en las actividades como tampoco atrasos.
4. Se debe dividir el trabajo entre los operarios, es decir, crear las actividades de trabajo para diferentes grupos y hacer de ellos expertos en determinada tarea. Al lograr la especialización del operario se está iniciando la optimización del proceso.
5. Para la determinación de los rendimientos de la mano de obra, es mucho más fácil si se fraccionan las actividades de trabajo, de manera que se les puedan asignar tiempos en minutos.

6. Para proyectos de construcción de vivienda en serie de gran magnitud, el trabajo de supervisión es más eficiente ya que también se especializa la labor de maestros encargados y caporales.
7. La cuantificación y programación de los materiales de construcción debe ser precisa, de lo contrario con un grupo que se detenga por falta de material, se colapsa el proceso de ahí para adelante, o sea todas las etapas que siguen.
8. El prefabricar elementos constructivos para diferentes funciones, hace que el proceso constructivo sea más rápido y por lo mismo económico.
9. A más volumen de producción, menor es el costo por casa. Esto en gran parte es porque los costos indirectos de construcción se diluyen en más casas.
10. Se optimizan los materiales cuando éstos son distribuidos por paquetes a cada una de las diferentes actividades de trabajo. Esto se logra después de una buena cuantificación.
11. Además de los costos directos que se presentan en este trabajo de tesis (mano de obra y materiales), también hay costos indirectos como maestro de obra, guardián, ayudantes, las prestaciones laborales y otros.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para iniciar la ejecución de un proyecto de construcción de vivienda en serie, debe tenerse completa la planificación del mismo. Con esto se puede dejar de perder mucho dinero, debido a los contra tiempos que se dan de la improvisación.
2. Por la magnitud de este tipo de proyectos, es indispensable contar con equipos de computación, que son una gran herramienta para el control y manejo de los recursos.
3. Previo a iniciar el proyecto de la construcción de vivienda en serie, debe hacerse una evaluación del impacto ambiental que éste podría dar.
4. Por la cantidad de personal, es indispensable construir entre las instalaciones provisionales áreas de comedor y servicios sanitarios, con buen mantenimiento de limpieza para evitar cualquier tipo de enfermedades.
5. Para beneficio de los trabajadores y de la empresa constructora, debe propiciarse la formación de técnicos en varias ramas, haciendo uso de los cursos impartidos por el Instituto Tècnico de

Capacitación. Inclusive el enseñar a leer y escribir al personal. La capacitación debe considerarse como una inversión.

6. Para un fácil seguimiento de las actividades de trabajo, éstas deben ser programadas de lunes a sábado. Y cuando hay algún asueto, éste podría ser doblemente remunerado para que el operario labore en ese día y no se pierda la continuidad del trabajo.
7. El proceso de cimentación, que es el que va a la cabeza de las actividades de trabajo, podría adelantarse en el verano, para no cimentar en el invierno por las complicaciones que éste trae.
8. El diseño de las viviendas, debe estar dimensionado de tal manera que module con los elementos constructivos a utilizar (bloqs u otros). Con esto se evitan cortes innecesarios y la edificación consistiría únicamente en un ensamblaje de elementos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BEHAR A. Enrique. Consideraciones sobre sistemas que permitan reducir el costo de producción de viviendas en Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1966.
2. DICCIONARIO Actual de la Lengua Española. Editorial Biblograf, S.A., Barcelona, 1995.
3. "LA PRODUCCIÓN Industrial". Enciclopedia Microsoft Encarta 98. S.I. Microsoft Corporation. 1998.
4. LEÓN M. Jorge Mario. Programación por actividades rítmicas y pronóstico de fondos para casas en serie. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1981.
5. MAYEN H. Gustavo A. Estudio de impacto ambiental en urbanización Colinas de Monte María. Guatemala, junio 1998.

6. MERRITT, Frederick S. Manual del ingeniero civil. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 1998. México, 1998.
  
7. SARAIVA C. Luis Alfonso. Consideraciones generales acerca de proyectos residenciales urbanos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1966.