

# Capítulo 7

## ASPECTOS FINANCIEROS Y DE COSTOS DE UNA OBRA PREFABRICADA

Este aspecto es el decisivo para elegir el procedimiento constructivo en un proyecto. Al tener el costo de las alternativas del proyecto se debe de conocer el tiempo de construcción de cada uno de ellos.

Un alto ejecutivo de una cadena de tiendas comerciales dijo: "Construir es un mal necesario, cada día que transcurre y no hago ventas, no gano dinero, entre más rápido, mejor". En obras viales como puentes el costo de la obra va contra el tiempo de los usuarios. En la Central de Abastos de la Ciudad de México se construyeron 300,000 m<sup>2</sup> en 6 meses de obra.

El aspecto financiero está en función del tiempo de ejecución, costo del dinero de inversión, tiempo para recuperarla; costo de las horas hombre en traslados y se deduce que el de obra más rentable siempre será la prefabricada, ya sea pretensada o postensada.

### 7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS

Ventajas:

- Mejores materiales a emplear: Concreto de  $f'c > 300 \text{ kg/cm}^2$ , Aceros  $f_y > 16000 \text{ kg/cm}^2$
- Mayor control de calidad
- Curado con vapor
- Se aprovechan tiempos muertos de obra en producir los elementos. Por ejemplo, durante la excavación o preparación de la misma, se producen las zapatas, columnas, traveses, etc.

- Reducción de personal de obra (fierros, albañiles, carpinteros).
- Menor tiempo de ejecución. La recuperación de la inversión empieza más rápido (por ejemplo, una tienda comercial hace ventas desde el momento de la apertura).
- Se elimina el 95% de la cimbra de contacto.
- Mejores acabados de la obra (pueden quedar integrados).
- Uso repetitivo de moldes metálicos de buena calidad (a la larga es económico).
- Al usar elementos pretensados la relación claro/peralte puede ser entre 25 y 40 veces dependiendo de los elementos (por ejemplo, traveses, losas).

Desventajas:

- Mayor detalle en planos de construcción y montaje.
- Mayor planeación (estudio en tiempo y movimientos de maquinaria y transporte).
- La inversión se hace en menos tiempo.
- Se requiere maquinaria pesada (tractocamión, grúas, etc.)
- Mano de obra especializada
- Se requiere espacio para maniobras en las obras.
- La inversión en moldes metálicos es muy alta
- Son elementos pesados, se requiere equipo para maniobras, como grúas.

### 7.2 ALTERNATIVAS PARA SISTEMAS DE PISO DE EDIFICIOS

Analicemos tres alternativas, dos independientes y una mixta: (1) Sistema Tradicional: armado, cimbrado y colado todo en sitio; (2)

Sistema Prefabricado: producido en planta, montados y colados finales en obra y, (3) Sistema Mixto: traveses y columnas son armadas, cimbradas y coladas en sitio, las losas son prefabricadas.

### 1a. ALTERNATIVA: SISTEMA TRADICIONAL

Este sistema es el más tardado, aunque los programas de ejecución hayan sido hechos por ruta crítica y es por lo siguiente: En el sitio de la obra hay que hacer todos los trabajos y en orden secuencial por ejemplo:

1a. Etapa. Limpieza del terreno, trazo, excavación, armados, cimbrados y colados en cimentación. Puede haber actividades simultáneas, como habilitar el acero e inclusive armar parte o todo, habilitado de la madera en cimbras, etc.

2a. Etapa. Armado, cimbrado y colado de columnas.

3a. Etapa. Cimbra de traveses y losa, armado de estas y colado (si la superficie es grande, esta se puede dividir en partes).

4a. Etapa. Se repite la 2a. Etapa.

5a. Etapa. Se repite la 3a. Etapa y así sucesivamente hasta la terminación.

### 2a. ALTERNATIVA: SISTEMA PREFABRICADO

Por lo general, debido a que la obra ocupa todo el terreno o casi todo, la construcción se hace en dos sitios.

1a. Etapa. Lugar de la Obra. Se procede a construir la cimentación que es: limpieza del terreno, trazo, excavación, armados, cimbrado y colado y el tiempo es prácticamente igual a la primera alternativa.

La variante es que mientras se ejecuta esta etapa, en la Planta de Prefabricados se están procesando todos los elementos que constituyen la estructura y son: columnas, traveses, losas de todos los niveles y se van transportando al lugar de la obra para que se monten y se hagan los colados finales, según se requieran (programa de montaje).

2a. Etapa. Colocación de columnas en su candelero, colocación de traveses portantes y de rigidez, colocación del sistema de losa, colado de la losa de compresión y detalles.

3a. Etapa. Si la longitud de las columnas abarca varios niveles en la 2a. Etapa, entonces en esta se reduce solo a traveses portantes, rigidez y losas y así sucesivamente hasta la terminación.

### 3a. ALTERNATIVA: SISTEMA MIXTO

Esta alternativa es muy similar a la primera, la diferencia estriba en que las losas son prefabricadas.

1a. Etapa. Igual a la primera alternativa.

2a. Etapa. Armado, cimbrado y colado de columnas.

3a. Etapa. Cimbra de traveses, armado, colocación de la losa prefabricada y colado de traveses y losa de compresión.

4a. Etapa. Se repite la 2a. Etapa.

5a. Etapa. Se repite la 3a. Etapa y así sucesivamente hasta la ejecución total.

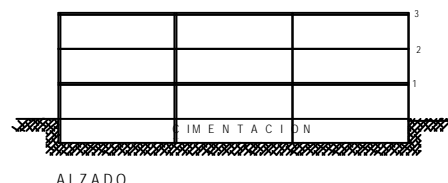
Las diferencias substanciales entre las alternativas son:

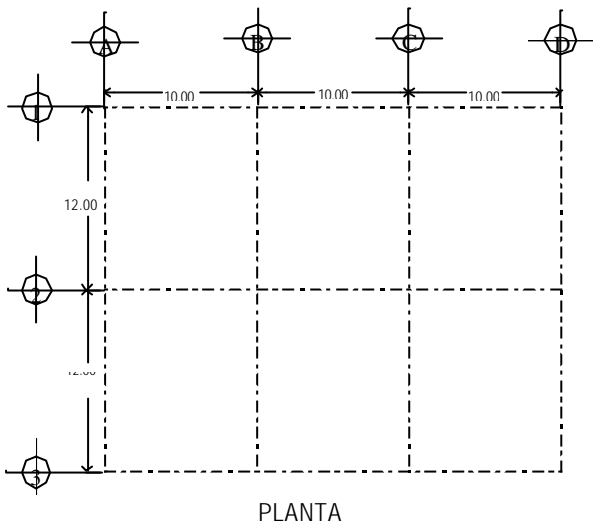
La 1a. alternativa es un procedimiento constructivo que todos conocen, tiene gran tecnología, es el procedimiento que más tiempo consume, se requiere de toda la cimbra para cada etapa, todo el armado es en el sitio, el volumen de concreto por colar es el mayor, requiere mucha mano de obra (albañiles) y requiere de mucha supervisión.

En la 2a. Alternativa la diferencia substancial es que mientras se ejecuta la 1a. Etapa (cimentación) se está procesando toda la estructura, en la planta de prefabricados, el personal es calificado (obreros), las cimbras por lo general son metálicas, se cuenta con equipo para el habilitado del acero, los curados del concreto se cumplen, algunas plantas usan el curado a base de vapor de agua, el control de calidad es muy superior, la eficiencia en los procesos es alta. Se pueden integrar los acabados a las traveses y columnas. Si se requiere se pueden presforzar algunos elementos. Se reduce el tiempo de construcción.

3a. Alternativa: Sólo las losas son prefabricadas y pueden ser reforzadas o presforzadas. En comparación con la Alternativa No. 1 se ahorra toda la cimbra de contacto, reduciendo costos y tiempo de ejecución.

Para ilustrar estas alternativas, analicemos el siguiente problema. Se pretende construir un edificio de 3 niveles para usarse como estacionamiento en un terreno de 24 x 30 m, se estructura de la siguiente manera:





PLANTA

### 7.3 TIEMPOS DE EJECUCIÓN

En las Tablas 7.1 a 7.3 se indican los tiempos de ejecución de obra estimados para tres alternativas. Mientras que el sistema prefabricado se lleva 11 semanas, los sistemas mixto y tradicional se toman 13 y 14 semanas, respectivamente.

**Tabla 7.1** Tiempos de ejecución de primera alternativa (Sistema Tradicional)

Etapa	Semanas	Actividades
1	4	Cimentación, trazo, excavación, armado, colado y firme 1er. Nivel
2	1	Armados, cimbrados, y colados de columnas
3	4	Fondos y armado de traves, cimbrado de losa (360 m <sup>2</sup> ), armado de ésta y colado
4	1	Se repite etapa 2 en segundo nivel
5	4	Se repite etapa 3 en segundo nivel
Total	14	

**Tabla 7.2** Tiempos de ejecución de segunda alternativa (Sistema Prefabricado)

Etapa	Semanas	Actividades
1	2	Limpieza, trazo y excavación
	2	Armado, colados y firmes
2	1	Montaje de columnas en los tres niveles
	1	Montaje de traves, montaje de columnas y
3	1	Colado
	1	
4	4	Se repite la etapa 3 dos veces
Total	11	

**Tabla 7.3** Tiempos de ejecución de tercera alternativa (Sistema Mixto)

Etapa	Semanas	Actividades
1	2	Limpieza, trazo y excavación
	2	Armado, colado y formes
2	1	Montaje de columnas en los tres niveles
3	2	Fondos de traves, armado y colocación de Vigueta y Bovedilla, malla y colado de la primera mitad
4	3	Se repiten para el segundo nivel
5	3	Se repiten para el tercer nivel
Total	13	

### 7.4 COSTOS

Al usar elementos prefabricados en losas, los costos son menores al utilizar elementos como la vigueta y bovedilla, ya que se elimina la cimbra de contacto que puede ser de un tercio del costo de la losa maciza colada en obra.

Otro caso puede ser el usar losas prefabricadas completas (del tamaño del tablero, cuartos, etc.). En el colado con moldes metálicos el costo de fabricación tiene estas variantes, pero el uso del molde dicho costo es bajo (por ser repetitivo); por el refuerzo es más caro ya que hay que considerar en las juntas perimetrales con las cadenas, además hay que revisar el tablero por izaje para transportar y colocar en su sitio y esta si requiere un apuntalamiento provisional, el ahorro está en que su acabado es aparente, pudiéndose pintar directamente y a su vez ahorrar en la limpieza de la obra, ya que no habría yeso ni tirol y la velocidad de montaje es muy alta.

El costo aquí se puede ver que como losa prefabricada puede ser más cara que la losa maciza, pero al considerar la velocidad y limpieza de la obra resulta ser más económica.

#### LOSAS EN CLAROS DE 3 X 3 M

##### Losa maciza

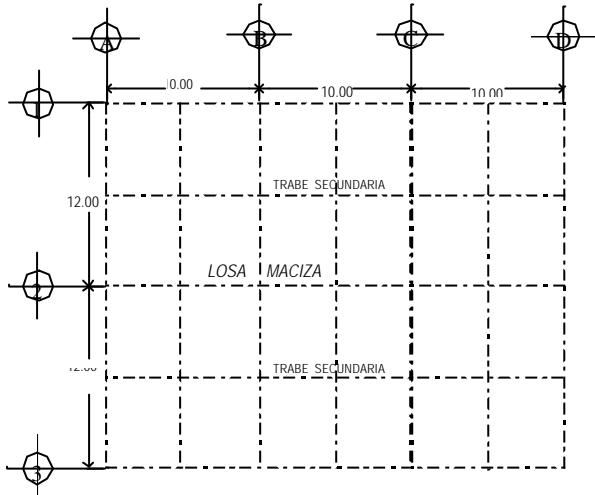
Cimbra (madera y mano de obra)	\$ 40.00
Armado 6 Kg.(acero y mano de obra)	\$ 30.00
Colado 10 cm(concreto y mano de obra)	\$ 70.00

Total / m<sup>2</sup> \$ 140.00

##### Losa de Vigueta y Bovedilla de Cemento Arena

Apuntalamiento	\$ 5.00
Vigueta y Bovedilla (material)	\$ 60.00
Vigueta y Bovedilla (colocación)	\$ 10.00

Malla (material y mano de obra)	\$ 4.00
Concreto 5.5 (colado)	\$ 38.50
<b>Total / m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 117.50</b>

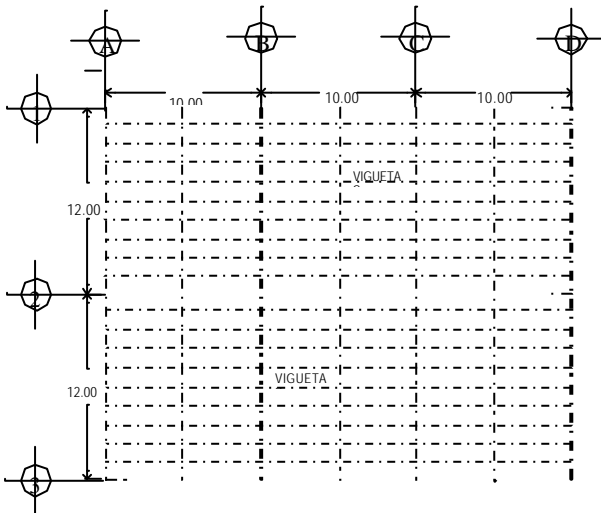


A medida que los claros crecen, la diferencia en precio es mayor hasta 6 m, que es el límite económico de la vigueta y bovedilla. Recuérdese que el peralte mínimo del sistema de vigueta y bovedilla es de 17 cm lo cual quiere decir que el claro a cubrir es de 4.25 m; con peralte de 20 cm el claro a cubrir es de 5.0 m y el volumen de concreto a usarse en ambos casos es de 5.5 cm/m<sup>2</sup> y una losa maciza para estos claros por lo menos será de 15 cm/m<sup>2</sup>.

**LOSA DE 6.10 X 6.10 M**

Losa reticular h=30 cm

Cimbra 40.00 x 37.21	\$ 1,488.40
Acero 222 kg x 5.00	\$ 1,100.00
Aligeramiento 7.3 m <sup>2</sup> x 240.00 (poliestireno)	\$ 1,752.00
Concreto 3.8 m <sup>3</sup> x 700.00 (colado)	\$ 2,660.00
<b>Total</b>	<b>\$ 7,000.40</b>
<b>Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>)</b>	<b>\$ 188.13</b>



Vigueta y Bovedilla H=30 cm

Viguetas 6 x 6.1 x 40	\$ 1,464.00
Bovedillas 7.312 m <sup>3</sup> x \$ 240.00 poliestireno	\$ 1,756.80
Concreto 4 m <sup>3</sup> x 700	\$ 2,800.00
Malla 37.21 m <sup>2</sup> x 4.00	\$ 148.84
Apuntalamiento 37.21 m <sup>2</sup> x 5.00	\$ 186.05
<b>Total</b>	<b>\$ 6,355.69</b>
<b>Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>)</b>	<b>\$ 170.80</b>

Módulos Recuperables (Premex-Cimbra)

Vigueta 6 x 6.10 x 40	\$ 1,464.00
Módulos 37.21 m <sup>2</sup> x 25.0 (renta)	\$ 930.25
Concreto 4 m <sup>3</sup> x 700	\$ 2,800.00
Malla 37.21 m <sup>2</sup> x 3.00	\$ 148.84
Apuntalamiento 37.21 m <sup>2</sup> x 5.00	\$ 186.05

<b>Total</b>	<b>\$ 5,529.14</b>
<b>Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>)</b>	<b>\$ 148.59</b>

Losa de Vigueta y Módulos Recuperables (Premex-Cimbra)

Apuntalamiento (madera y mano de obra)	\$ 5.00
Vigueta y Premex Cimbra (material)	\$ 50.00
Vigueta y Premex Cimbra (colocación)	\$ 10.00
Malla (material y mano de obra)	\$ 4.00
Concreto 5.5 cm.	\$ 38.50

<b>Total / m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 107.50</b>
------------------------------	------------------

Losas Alveolares

Losa Alveolar (h=20 cm)	\$ 240.00
Transporte	\$ 10.00
Montaje	\$ 15.00
Malla	\$ 4.00

Concreto (5 cm de losa de compresión) \$ 36.00

1'357086

Precio por m<sup>2</sup> \$ 305.00

Se concluye que en estos claros los más económicos son los sistemas de vigueta.

### 7.5 NAVES INDUSTRIALES

En naves industriales lo usual es estructurarlas con marcos y techumbres metálicas o con columnas de concreto, armaduras metálicas y techos metálicos. Pero existen variantes recientes que resultan muy económicas y son: Columnas de concreto, traveses de concreto pretensado y/o armaduras metálicas y techos de concreto. Estos techos pueden ser:

- Vigueta y Bovedilla
- Sistema Premex - cimbra
- Dobles TT de concreto pretensado
- Elementos de sección doble T con peralte variable

El uso de Premex-cimbra permite colados a gran altura sin apuntalamiento desde el piso. Las ventajas más significativas son: Velocidad de la obra, economía, eliminación del ruido provocado por la lluvia y granizo, ahorro en los plafones, ahorro en el aire acondicionado y en calefacción.

### 7.6 EJEMPLO

Como ejemplo ilustrativo de tiempo y costos tenemos el problema que se presenta en el Capítulo 8 de este manual. En este caso, la estructura es para estacionamiento en tres niveles con dimensiones de 24 x 30 m, un entre eje de 12 m y tres ejes de 10 m con 12 columnas cada una, fabricada, transportada y montada. No se considera cimentación. Los precios son de junio de 1998.

**Tabla 7.4** Costos de la 1a. solución con losa alveolar

Descripción	Fabricación	Transporte	Montaje	No. de Piezas	Total
Columnas 60x60 L=9.85 m	18337	1140	1715	12	254,304
TP 60x60 L= 9.70	10036	932	858	27	319,302
TR 30x65 L= 11.50	6119	631	818	24	181,632
Ls 120/30 L= 11.70	254	28	15	2022 m <sup>2</sup>	601,848

**Tabla 7.5** Costos de la 2a. solución con Vigueta y Bovedilla. Se necesitan traveses secundarios y el claro de la Vigueta y Bovedilla es de 5 m

Descripción	Fabricación	Transporte	Montaje	No. de Piezas	Total
Columnas 60x60 L=9.85 m	18337	1140	1715	12	254,304
TP 60x60 L= 11.50	6119	631	858	42	319,536
TRP 60x60 L= 9.70	10036	922	858	27	319,032
Vigueta y Bovedilla L= 5.0 m	84	12	20	2160 m <sup>2</sup>	251,985

1'144,857

**Tabla 7.6** Costos de la 3a. solución con Premex-Cimbra. Traveses secundarios de 5 m

Descripción	Fabricación	Transporte	Montaje	No. de Piezas	Total
Columnas 60x60 L=9.85 m	18337	1140	1715	12	254,304
TP 30x65 L= 11.50	6119	631	858	42	319,536
TRP 60x60 L= 9.70	10036	922	858	27	319,032
Vigueta y Bovedilla L= 5.0 m	85	4	20	2160 m <sup>2</sup>	234,684

1'127,556