

## CAPITULO VI

### 6. METODOS *FONDHAL* Y *KMPA*.

#### 6.1. METODOS DE ORDENAMIENTO *FONDHAL* Y *KMPA*.

Los métodos *FONDHAL* y *KMPA*, como antes se mencionó, se representan gráficamente por el diagrama de actividades en los nodos, y contrario al LPU, que se limita con los enlaces, éstos tienen diferentes tipos de enlaces, obviando con ellos, los traslapos que se presentan con el método LPU.

El *FONDHAL*, permite 3 tipos de enlace, y el *KMPA*, cuatro, dando todas las posibilidades de relación entre las actividades de un proyecto, condicionando no sólo la iniciación de una actividad a la terminación de la predecesora.

Poseen una gran ventaja estos 2 métodos, y es que se ajustan a las condiciones del programa, debido a que por sus diferentes tipos de enlace, poseen flexibilidad. También agrupa en el nodo, toda la información relacionada con la actividad, es decir, el nombre, la duración, las iniciaciones adelantada y tardía, las terminaciones adelantada y tardía, y su identificación o número.

## 6.2 EJERCICIO NR. 16

Realizaremos un ejercicio, por los métodos *FONDHAL* y *KMPA*, Para elaborar la red, la haremos primero en forma manual, luego utilizaremos el *Microsoft Project*, para elaborar cuadro de cálculo, diagrama de *Gantt*, y en el cual podemos ver también como queda un diagrama de red, con dicho programa.

### Actividad Predecesora

- A - ----
- B - A cc+1d
- C - B fc
- D - B cc+1d; **C ff**
- E - D cc
- F - E ff+1d
- G - E cc+4d; **F cc**
- H - A fc
- I - H fc
- J - G cc+2d; D fc; H fc; I fc

cc = comienzo - comienzo

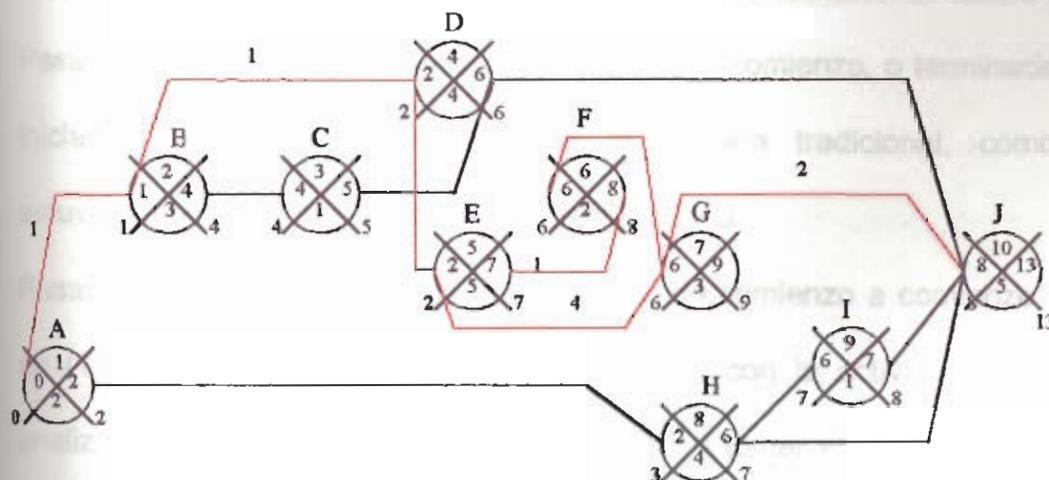
ff = fin - fin

fc = fin - comienzo.

### Actividad Tiempo

- A = 2
- B = 3
- C = 1
- D = 4
- E = 5
- F = 2
- G = 3
- H = 4
- I = 1
- J = 5

Figura Nr. 51



Para proceder a elaborar el cálculo por estos métodos, la parte de proceso es en alguna forma similar al método LPU; se empieza de izquierda a derecha, sumando y escogiendo el mayor tiempo en el nudo o evento; el segundo paso es de derecha a izquierda restando, y escogiendo el menor tiempo en el nudo o evento. Pero hay que tener cuidado con la forma de enlace, ejemplo:

- Empezamos con el nudo A, en cero (0), como iniciación adelantada, más la duración de esta actividad que es de dos (2) días, nos da como terminación adelantada dos (2).
- Pasamos al nudo B, que en su llegada tiene un sólo enlace proveniente de A, y es de iniciación a iniciación más un (1) día. Tenemos entonces,

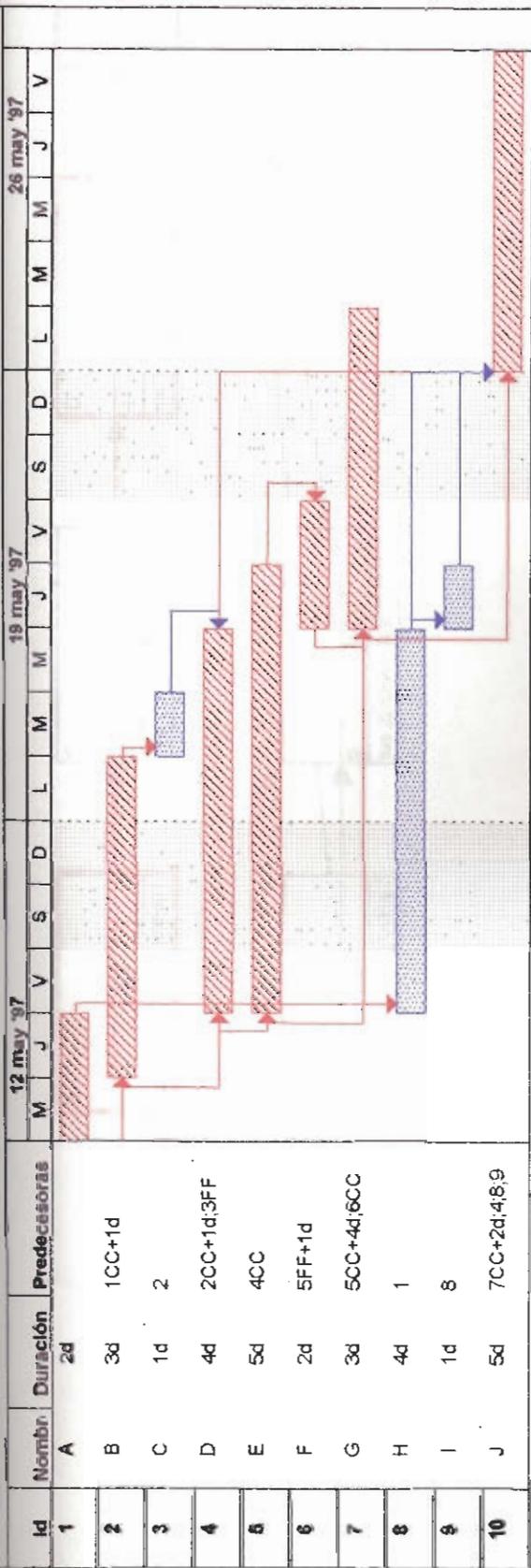
iniciación adelantada de A, cero (0), más un (1) día, según la precedencia, nos da iniciación adelantada de B un (1) día; más la duración de la actividad B, que es de tres (3) días, nos da una terminación adelantada de cuatro (4).

- Pasamos al nudo C, que tiene precedencia fin a comienzo, o terminación a iniciación, entonces se procede de la manera tradicional, como si estuviéramos calculando la red por el método LPU.
- Pasamos al nudo D, que tiene dos enlaces, de comienzo a comienzo más un (1) día, con la actividad B; y de fin a fin, con la actividad C. Debe analizarse cada una en forma independiente, y tomar el mayor tiempo, al estar realizando el cálculo de las adelantadas (iniciación y terminación). Con la actividad B, iniciación adelantada de ésta es uno (1), más uno (1), según precedencia, daría dos (2), para la iniciación adelantada de la actividad D, más su duración que es de cuatro (4) días, daría seis (6), su terminación adelantada. Con la actividad C, su terminación adelantada es cinco (5), según la precedencia quedaría D, con cinco (5) como terminación adelantada, menos su duración que es de cuatro (4) días, quedaría su iniciación adelantada de uno (1). Como estamos en el proceso de calcular la iniciación y la terminación adelantada, se debe escoger el mayor tiempo, en este caso, el enlace de B, con D.
- Sucesivamente se sigue así el proceso para calcular las iniciaciones adelantadas y las terminaciones adelantadas, teniendo cuidado con la forma de enlaces y las cantidades de enlaces.

- Para el cálculo de las tardías (terminación e iniciación), se sigue el proceso de tomarlo desde la derecha hacia la izquierda escogiendo el menor tiempo, pero de igual forma, se debe tener cuidado con las formas de precedencias y la cantidad de los enlaces.
- Se debe empezar con el último nudo, en este caso el nudo J, con terminación adelantada de trece (13), que colocamos como terminación tardía, ésta, menos su duración, que es de cinco (5) días, nos da ocho (8), como iniciación tardía.
- Del anterior nudo, entonces pasamos a los nudos D, G o al nudo I, escogiendo cualquiera de éstos y siguiendo en forma cuidadosa los procedimientos requeridos de forma y cantidad de enlaces.

Veamos ahora como se realiza la presentación del cuadro de cálculo, y del diagrama de barras o gráfico de *Gantt*, y de la red o malla, utilizando el programa de *Microsoft Project*, en la Tabla Nr. 27 y en la figura Nr. 52

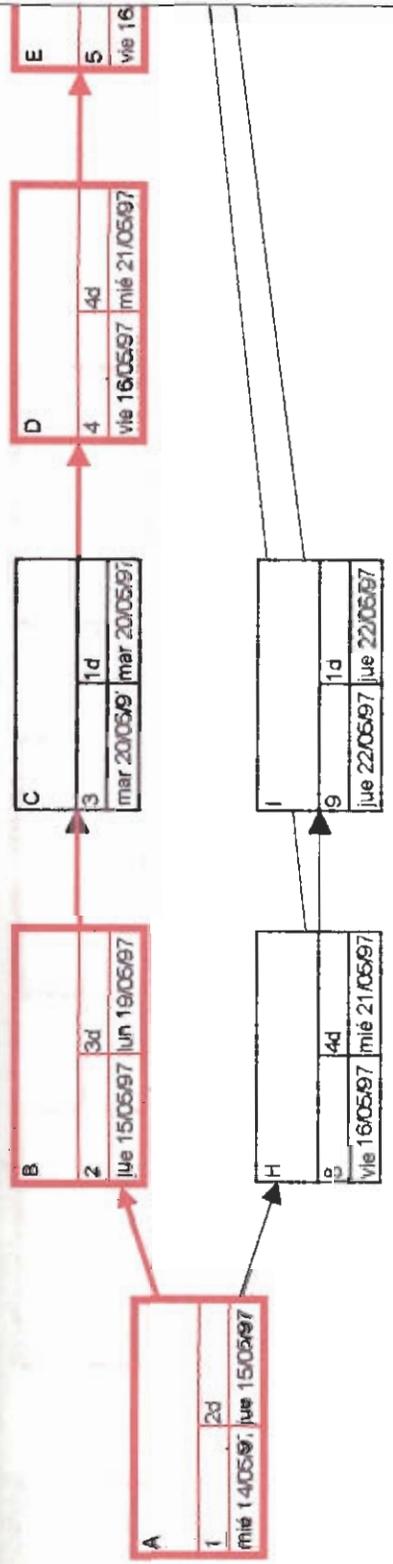
TABLA N.º 27  
Métodos FONDHAL Y KMPA



Ejercicio Nr.16  
Cuadro de Cálculo y Diag. de Gantt

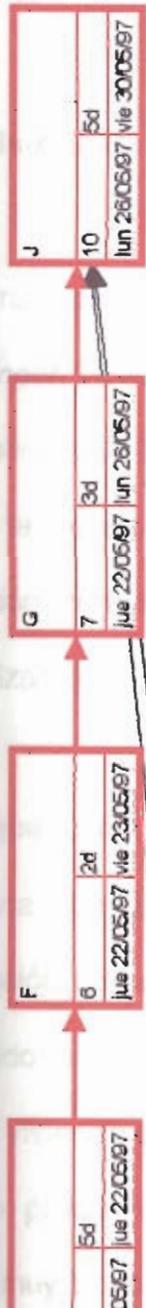
Tarea		Resumen	
Progreso de tarea		Tarea resumida	
Tarea crítica		Tarea crítica resumida	
Progreso de tarea crítica		Hito resumido	
Hito		Progreso resumido	

FIGURA NR. 62  
Red AEN.



Ejercicio Nr. 16	Nombre		Tareas críticas		Hitos críticos		Tareas de resumen críticas	
	Id.	Duración						
	Comienzo	Fin	Tareas no críticas		Hitos no críticos		Tareas de resumen no críticas	

FIGURA NR. 52  
Red AEN.



Ejercicio Nr. 16	Nombre		Tareas de resumen criticas	
	Id	Duración	Hitos criticos	
	Comienzo	Fin	Hitos no criticos	
			Tareas criticas	
			Tareas no criticas	
			Tareas de resumen no criticas	

## CAPITULO VII

### 7. PROGRAMACION DE SERIES

#### 7.1. PRINCIPIOS BASICOS DE LA PROGRAMACION SERIAL

##### 7.1.1. Historia de la Programacion Rítmica o Serial

La programación de series, se desarrolló en Holanda, por el Ingeniero *Jean Van Ettinger*, Director del *Bowcentrum* de *Rotterdam*, y su equipo de trabajo. A consecuencia de la segunda guerra mundial, la ciudad quedó destruida, y se planteó la necesidad de construir 45.000 viviendas, buscando una mayor producción, con una mayor eficiencia, a un menor costo, y con una adecuada racionalización de los recursos (mano de obra, maquinaria, materiales).

Había que construir viviendas en gran magnitud, en forma inmediata y económica. La solución era racionalizar los métodos tradicionales de construcción con el fin de realizar a corto plazo el plan de reconstrucción y empleando un mayor número de personas. Determinaron que era necesario producir vivienda en forma industrial iniciando así la aplicación del método de serie de producción. Buscando obtener una mayor producción, se logró obtener muy buenos resultados, combinando la productividad y la eficiencia.

En donde la productividad es la relación que existe entre la producción obtenida y los recursos; y la eficiencia es igual a la relación entre la producción obtenida y la energía.

Se logró, combinando productividad y eficiencia, conseguir altas velocidades en el proceso realizado y la consecuente disminución final de tiempo y costos.

### 7.1.2. Programación para la Ejecución de Proyectos de Vivienda

(1) Para que la planificación de un proyecto de vivienda sea exitoso, un programador, debe tratar de alcanzar los siguientes objetivos:

- El proyecto contratado debe terminarse sin demora, dentro del plazo más corto posible, según las condiciones.
- La demanda de obreros calificados, debe mantenerse dentro de límites razonables.
- El máximo número de obreros para cada actividad o tarea, debe ajustarse en forma conveniente al espacio de trabajo, para evitar saturación reducción de la eficacia.
- La mano de obra y el espacio de trabajo, deben ser utilizados en forma continua.
- Debe permitirse la especialización de la mano de obra, con la frecuente repetición de tareas limitadas. (1).



En el proceso de construcción, el operario o el equipo de trabajo debe moverse a través del sitio de trabajo. En ambos casos, las condiciones y ventajas que pueden obtenerse son similares, puesto que si se busca que las operaciones o tareas se vuelvan repetitivas, se logra que la construcción se industrialice, correlacionando:

Coordinación dimensional  
Racionalización de recursos  
Prefabricación  
Programación



optimizando tiempo y  
disminuyendo costos.

Ejemplo:

- Un grupo de casas que comprende 6 unidades de vivienda (Nr. 1 a Nr. 6)
- La ejecución de cada unidad de vivienda, está dividida en 5 operaciones (A.....E)
- $X_n$ , nos indica el comienzo de la primera actividad, en la casa Nr. N
- $Y_n$ , nos indica la finalización de la última actividad en la casa Nr.n.

Se nos presentan 3 casos:

- Caso 1: Considerando el equipo especializado de trabajo.
- Caso 2: Considerando el espacio de trabajo.
- Caso 3: Considerando el equipo y el espacio de trabajo.

**Caso Nr. 1:** Considerando solamente el equipo especializado de trabajo.

Actividad

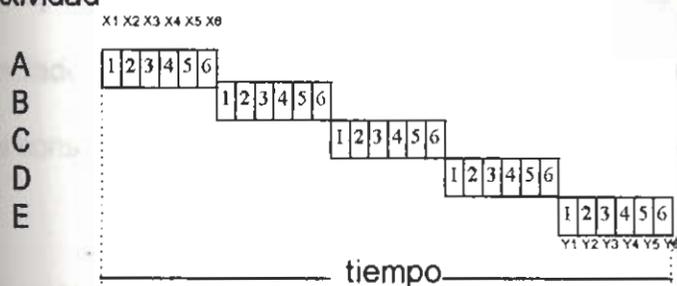


Figura Nr. 55

En la figura Nr. 55, representativa del caso 1, vemos que el espacio disponible de trabajo en cada unidad de vivienda, es utilizado en forma intermitente; se permite la especialización de la mano de obra en labores repetidas, al terminar la labor el equipo de trabajo en forma rápida y continua. La terminación total, será considerablemente demorada.

**Caso Nr. 2:** Considerando solamente la utilización del espacio de trabajo.

Actividad

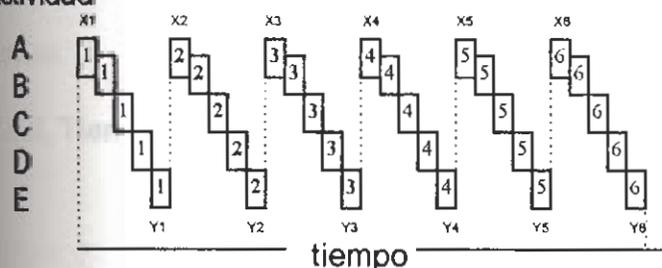


Figura Nr. 56

En la figura Nr. 56, representativa del caso Nr. 2, vemos que los equipos de trabajo están siendo ocupados en forma parcial o en labores no

especializadas, creando una intermitencia entre una y otra unidad de vivienda; el espacio de trabajo se utiliza en forma continua y es por eso que las primeras unidades de vivienda se terminan más pronto, pero igual que el caso anterior es considerablemente demorado el tiempo total del proyecto.

**Caso Nr. 3:** Considerando al mismo tiempo, la continua ocupación de la mano de obra y el espacio de trabajo.

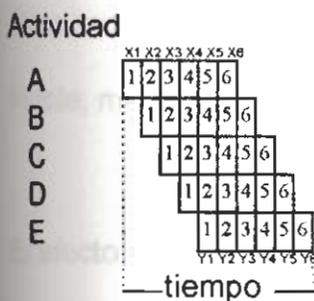


Figura Nr. 57

En la figura Nr. 57, representativa del caso Nr. 3, vemos que por coordinación, se logran ventajas; los equipos de trabajo logran trabajar en labores limitadas y repetidas, especializándose, y el espacio de trabajo continuamente es utilizado, obteniendo así una reducción considerable de tiempo y a la vez de costos.

### 7.1.3. Tiempos de Construcción

En cualquier proceso de construcción, o producción, es importante poner a disposición los productos en el mercado, para poder recuperar lo más pronto posible, la inversión realizada.

En la industria de la construcción, las unidades de vivienda o cualquier otra unidad ofrecida, deben estar listas para su entrega al cliente, lo más pronto posible, sin que haya que esperar hasta la terminación final de todo el proyecto.

Es importante establecer menores tiempos de construcción, mediante el aumento de la fuerza de trabajo o cuadrillas especializadas de mano de obra u otros recursos, implicados en cualquier proceso de construcción de cualquier índole, más si se trata de realizar construcciones repetitivas o seriales.

El efecto de duplicar o triplicar, etc., la fuerza básica de trabajo trae consigo la disminución en el período de construcción, utilizando la comparación de tiempo promedio desde el comienzo del trabajo en el sitio, hasta la terminación de cada unidad de desarrollo en el proceso constructivo a realizar, el cual denominaremos período medio de construcción.

#### **7.1.3.1. Periodos de Construcción y Fuerzas de Trabajo**

**Período medio de construcción:** es el tiempo comprendido desde el comienzo de trabajo en el sitio de construcción y el punto medio entre la terminación de la primera y última unidad de vivienda.

Ejemplo:

$P_a$  = período medio de construcción

$P$  = período total de construcción

$G$  = preparación general del sitio ( 5 días)

$E$  = período de ejecución de una unidad (5 días)

$t$  = tiempo de duración de cada operación (1 día)

$N$  = número de unidades. ( 6 u.v.)

### 7.1.3.1.1. Fuerza básica de trabajo

Actividad

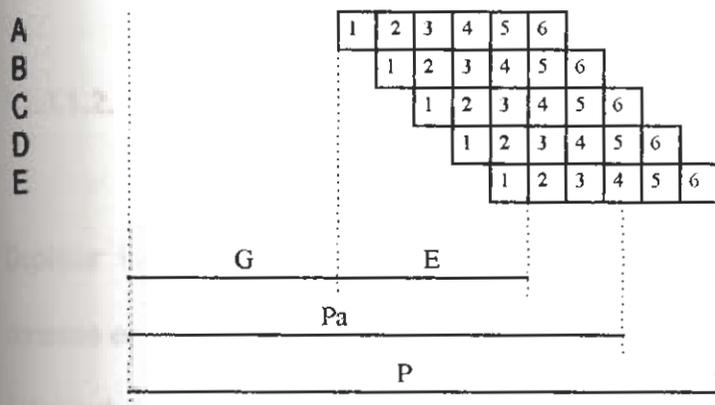


Figura Nr. 58

Período medio de construcción

$$P_a = G + E + \frac{N - 1}{2} \times t$$

Dos partes del proceso de construcción serán constantes,  $G$  y  $E$ ; las demás serán variables, dependiendo del número de unidades y de la duración de cada operación.

$$P_a = 5 + 5 + \frac{6 - 1}{2} \times 1 = 12.5 \text{ días}$$

Período total de construcción

$$P = G + E + \frac{N - 1}{1} \times t$$

Igual que en el período medio de construcción, en el período total de construcción permanecen constantes G y E, y variables las demás dependiendo del número de unidades y de la duración de cada operación.

$$P = 5 + 5 + \frac{6 - 1}{1} \times 1 = 15 \text{ días}$$

### 7.1.3.1.2. Fuerza básica de trabajo duplicada

Duplicar la fuerza básica de trabajo, para reducir tiempo en el proyecto, consiste en trabajar paralelamente en dos unidades de vivienda.

Actividad

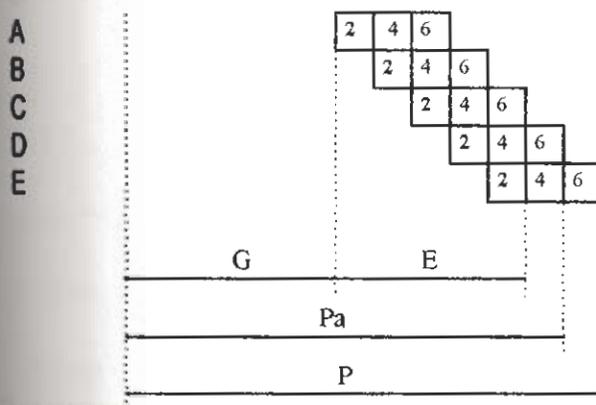


Figura Nr. 59

Período medio de construcción

$$Pa_{(2)} = G + E + \frac{N-2}{4} \times t$$

$$Pa_{(2)} = 5 + 5 + \frac{6-2}{4} \times 1 = 11 \text{ días}$$

Período total de construcción

$$P_{(2)} = G + E + \frac{N-2}{2} \times t$$

$$P_{(2)} = 5 + 5 + \frac{6-2}{2} \times 1 = 12 \text{ días}$$

### 7.1.3.1.3. Fuerza básica de trabajo triplicada

Para reducir aún más tiempo en el proyecto, se puede triplicar la fuerza de trabajo, que consiste en trabajar con tres cuadrillas en forma simultánea. Es decir trabajar en tres unidades de vivienda.

Actividad

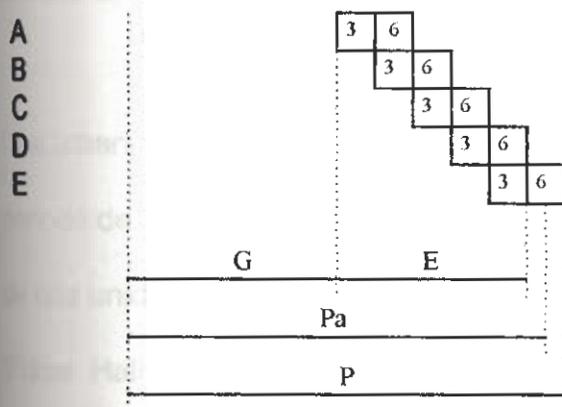


Figura Nr. 60

Período medio de construcción

$$Pa_{(3)} = G + E + \frac{N-3}{6} \times t$$

$$P_{a(3)} = 5 + 5 + \frac{6 - 3}{6} \times 1 = 10.5 \text{ días}$$

Período total de construcción

$$P_{(3)} = G + E + \frac{N - 3}{3} \times t$$

$$P_{(3)} = 5 + 5 + \frac{6 - 3}{3} \times 1 = 11 \text{ días}$$

Como podemos ver, en el ejemplo anterior, duplicar o triplicar la fuerza básica de trabajo, reduce notoriamente los tiempos en el período total y medio de construcción, pero debe tenerse cuidado de no llegar a saturar el espacio de trabajo, para no reducir eficacia en el proceso, y que traiga consigo sobrecostos innecesarios y perjudiciales para el proyecto.

### 7.1.3.2. Ejercicio Nr. 17

Una urbanización de casas, compuesta por 132 u.v. ( unidades de vivienda); el período de preparación general del sitio es de 90 días; el período de ejecución de una unidad de vivienda es de 65 días; la duración de cada operación es de 2 días. Hallar período medio de construcción y período total de construcción, utilizando:

- fuerza básica de trabajo
- Fuerza de trabajo duplicada
- Fuerza de trabajo triplicada.

$$G = 90 \text{ días}$$

$$E = 65 \text{ días}$$

$$t = 2 \text{ días.}$$

$$N = 132 \text{ u.v.}$$

Utilizando la fuerza básica de trabajo.

Período medio de construcción

$$Pa = G + E + \frac{N - 1}{2} \times t$$

$$Pa = 90 + 65 + \frac{132 - 1}{2} \times 2$$

$$Pa = 155 + 65.5 \times 2$$

$$Pa = 155 + 131 = 286 \text{ días.}$$

Período total de construcción

$$P = G + E + \frac{N - 1}{1} \times t$$

$$P = 90 + 65 + \frac{132 - 1}{1} \times 2$$

$$P = 155 + 131 \times 2$$

$$P = 155 + 262 = 417 \text{ días}$$

Utilizando la fuerza de trabajo duplicada

Período medio de construcción

$$Pa^{(2)} = G + E + \frac{N - 2}{4} \times t$$

$$Pa^{(2)} = 90 + 65 + \frac{132 - 2}{4} \times 2$$

$$P_{a(2)} = 155 + 32.5 \times 2$$

$$P_{a(2)} = 155 + 65 = 220 \text{ días}$$

Período total de construcción

$$P_{(2)} = G + E + \frac{N - 2}{2} \times t$$

$$P_{(2)} = 90 + 65 + \frac{132 - 2}{2} \times 2$$

$$P_{(2)} = 155 + 65 \times 2$$

$$P_{(2)} = 155 + 130 = 285 \text{ días}$$

Utilizando fuerza de trabajo triplicada

Período medio de construcción

$$P_{a(3)} = G + E + \frac{N - 3}{6} \times t$$

$$P_{a(3)} = 90 + 65 + \frac{132 - 3}{6} \times 2$$

$$P_{a(3)} = 155 + 21.5 \times 2$$

$$P_{a(3)} = 155 + 43 = 198 \text{ días.}$$

Período total de construcción

$$P_{(3)} = G + E + \frac{N - 3}{3} \times t$$

$$P_{(3)} = 90 + 65 + \frac{132 - 3}{3} \times 2$$

$$P_{(3)} = 155 + 43 \times 2$$

$$P_{(3)} = 155 + 86 = 241 \text{ días.}$$

### 7.1.3.3. Porcentajes de Reducción

Duplicar o triplicar las fuerzas de trabajo, puede considerarse como un esfuerzo muy substancial y extraordinario, respectivamente, por ello es importante analizarlos desde el punto de vista de reducción en forma porcentual, claro que ésto depende de la cantidad de unidades de vivienda o unidades a ejecutar.

Para realizar la reducción de la fuerza duplicada con respecto a la fuerza básica, lo consideramos bajo la siguiente fórmula.

Período medio de construcción:

$$\% \text{ de reducción} = \frac{Pa_{(2)}}{Pa} - 1$$

Retomando el ejemplo del ejercicio Nr. 17, tenemos:

$$\% \text{ de Reducción} = \frac{220}{286} - 1 = 0.2307 = 23.07 \%$$

Período total de construcción

$$\% \text{ de reducción} = \frac{P_{(2)}}{P} - 1$$

$$\% \text{ de reducción} = \frac{285}{417} - 1 = 0.3165 = 31.65 \%$$

Para realizar el porcentaje de reducción, de la fuerza triplicada, con respecto a la fuerza básica, la haremos con la siguiente fórmula:

Período medio de construcción

$$\% \text{ de reducción} = \frac{P_{a(3)} - 1}{P_a}$$

$$\% \text{ de reducción} = \frac{198}{286} - 1 = 0.3077 = 30.77 \%$$

Período total de construcción

$$\% \text{ de reducción} = \frac{P_{(3)} - 1}{P}$$

$$\% \text{ de reducción} = \frac{241}{417} - 1 = 0.4221 = 42.21 \%$$

En la práctica, en proyectos pequeños, es difícil que se logren grandes porcentajes de reducción, teniendo en cuenta que generalmente para reducir tiempo se emplea generalmente personal no muy calificado, que pueden hacer más largo el tiempo, para terminar el proyecto. Esto conlleva a la exigencia por parte de supervisores o encargados de la vigilancia y control a redoblar esfuerzos para evitar el trastorno del proyecto. Personal no calificado, traerá consigo despilfarro en tiempo y costo.

#### 7.1.3.4. Conclusiones

- Se debe dar la más alta prioridad a la disponibilidad de un número razonable de trabajadores especializados; ocupando en forma continua la mano de obra y utilizando adecuadamente el espacio de trabajo.

- Se debe iniciar una tarea o actividad, lo antes posible, ajustando todas las operaciones al mismo tiempo de duración.
- El máximo número de trabajadores para una actividad o tarea, no debe excederse de lo que se permita en el espacio de trabajo disponible para realizarlo.
- Todas las actividades y/o paquetes de actividades para la terminación de un proyecto, deben tener consideraciones adecuadas, sobre todo cuando son manejadas por subcontratistas.
- En proyectos no muy grandes, no se justifica el aumento de la mano de obra o la fuerza básica de trabajo, pues sus reducciones en el período medio no son lo suficientemente significativas.

#### **7.1.4. Ajustes de Tiempos.**

En programación serial, es importante ajustar las duraciones de las tareas, al mismo tiempo de duración. En la práctica, hay que destacar, que en un proceso constructivo, no es fácil, se presentan desviaciones, y lo que se debe hacer es resolver estos inconvenientes.

Hay operaciones que se pueden ejecutar en la mitad del tiempo, o en un tiempo mayor al tiempo permitido, que conlleva al aumento o reducción de los equipos de trabajo, los llamaremos entonces acortamientos y alargamientos de tiempos, en donde se pueden presentar de varias formas:

- Trabajo en forma permanente adelantando terminaciones.
- Trabajo en forma permanente con retraso de iniciación
- Trabajo en forma interrumpida, en grupos de 2, 3, etc.
- Trabajo en forma intermitente o disueltos.

Ejemplo:

Un Programa de series para un conjunto de casas.

- Tenemos un número de casas de 1 a 10
- 8 actividades que van desde la A, hasta la H
- Una duración típica de 1 día para cada operación, por unidad de vivienda

Tabla Nr. 28

Nr.	Act.	Dur/Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
2	B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
3	C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
4	D	10				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
5	E	10					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
6	F	10						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
7	G	10							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
8	H	10								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

El programa de obra serial de la Tabla Nr. 28, tiene todas las tareas o actividades con el mismo tiempo de duración, lo que lleva a tener el espacio de trabajo y el equipo especializado de trabajo, ocupados en forma continua, y que se logra tiempo corto de duración.

### 7.1.4.1. Acortamientos de Tiempo.

En la práctica, no todas las tareas necesitan utilizar el mismo tiempo de duración, hay algunas que pueden presentar acortamientos de tiempo. Una programación de series con acortamientos de tiempo, se puede programar con varias alternativas:

- Permanente retrasando la iniciación, si es una actividad intermedia.
- En grupos de 2, 3, etc., unidades de vivienda
- Con intermitencia o disueltas.

Veamos un ejemplo gráfico, en las siguientes tablas.

Tabla Nr. 29

Nr. Act.	Dur/Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
2 B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
3 C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
4 D	10									2	4	6	8	10							
5 E	10									2	4	6	8	10							
6 F	10								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7 G	10									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
8 H	10										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Vemos en la tabla anterior, la alternativa de acortamiento retrasando la iniciación y programando con base en la terminación de la actividad predecesora, y desde la iniciación, las actividades sucesoras después de efectuado el acortamiento, que el hecho de acortar el tiempo en algunas actividades puede acarrear aumento de tiempo total del proyecto; luego debe

analizarse bien si es necesario realizar la operación y acomodarlo a esta forma de programar.

Tabla Nr. 30

Nr.	Act.	DurSem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
2	B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
3	C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
4	D	10					2		4		6		8		10				
5	E	10					2		4		6		8		10				
6	F	10						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
7	G	10							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
8	H	10								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

En el ejemplo de la Tabla Nr. 30, se realizó el acortamiento en forma disuelta o con intermitencia, que aumenta un poco la duración total del proyecto, aunque no en forma significativa, claro que se debe analizar dependiendo de si el proyecto es grande o pequeño, porque éstos serían diferentes, en cuanto a magnitud, tiempo, costos y distribución de los recursos.

Tabla Nr. 31

Nr.	Act.	DurSem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
2	B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
3	C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
4	D	10					2	4						8	10					
5	E	10					2	4						8	10					
6	F	10							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
7	G	10								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
8	H	10									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

En el ejemplo de la tabla Nr. 31, igual que en la tabla anterior, el aumento no es significativo, pero se debe analizar según las mismas condiciones.

Queda pues a criterio del programador, conjuntamente con el constructor, proyectista, o encargado del proceso, escoger la forma de programar, con o sin acortamientos, y si son o no necesarias tales determinaciones, para el buen éxito del mismo.

#### 7.1.4.2. Alargamientos de Tiempo

En un proceso o proyecto constructivo, es difícil, cuando el tiempo de duración de las tareas es muy ajustado, llevar todos los tiempos, a una duración aplicada continua, pues puede traer excesiva mano de obra a una tarea, que puedan saturar el espacio de trabajo, reduciendo eficiencia en el proceso; es por eso que generalmente se presentan alargamientos de tiempo en algunas de las tareas a realizar o a programar. Los alargamientos producen también diferentes formas de programar:

- Programando en forma disuelta o con intermitencia
- Retrasando la iniciación de las actividades sucesoras

En las siguientes tablas, graficaremos los diferentes procesos.

Tabla Nr. 32

Nr.	Act.	DurSem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																		
2	B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																	
3	C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																
4	D	10					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
5	E	10						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
6	F	10							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
7	G	10								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
8	H	10									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										

En la tabla Nr. 32 vemos el alargamiento de la actividad C, éste condiciona de acuerdo a la forma de programar con actividades disueltas, que las tareas sucesoras presenten intermitencia en su desarrollo.

Tabla Nr. 33

Nr.	Act.	DurSem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
1	A	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																				
2	B	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			
3	C	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																		
4	D	10														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
5	E	10														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
6	F	10															1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
7	G	10																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
8	H	10																	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				

En la tabla Nr. 33 se presenta después de la actividad que posee alargamiento, un retraso en la iniciación de las tareas sucesoras.

En ambos casos, tablas Nrs. 32 y 33 el tiempo de duración del proyecto es igual. De acuerdo a los requerimientos del proyecto, se debe escoger el tipo de programación que más convenga, analizando:

- Recursos disponibles
- Enlaces de las tareas o actividades
- Disponibilidad presupuestal, etc.

Es importante seguir un ritmo general en todas las tareas de un determinado proyecto. Como sea posible, es importante ajustar una unidad de tiempo fija, esto se puede lograr racionalizando el número de recursos en cada equipo de trabajo y de acuerdo a las necesidades del proceso, reduciéndolos o aumentándolos, de acuerdo al espacio de trabajo disponible en una unidad de vivienda.

Por regla general, no se debe permitir que unas pocas tareas afecten las condiciones de trabajo en la mayoría de actividades del proceso realizado. Debe tratar de seguirse un ritmo general, aceptando si es el caso las variables atrás estudiadas, permitiendo para cada unidad de vivienda, el empleo simultáneo de los equipos especializados de trabajo, bien sea utilizando acortamientos y alargamientos en sus diferentes alternativas, teniendo cuidado de que no se afecte en forma general todo el proceso, por unas cuantas tareas que no pueden cumplir el tiempo ajustado.

### **7.1.5 Operaciones Principales y Secundarias**

### 7.1.5.1 Operaciones Principales

Son las que se ejecutan en cierta etapa exacta del proyecto, o sea las que no pueden empezarse antes de que hayan terminado las operaciones inmediatamente anteriores. Tales actividades tienen que llevarse a cabo sucesivamente en cada una de las unidades de vivienda, sin traslaparse.

Ejemplo:

- Fundaciones y mampostería
- Columnas y losas
- Revoque y estuco, etc.

### 7.1.5.2. Operaciones Secundarias

Son aquellas actividades a las cuales se pueden aplicar límites de tiempo menos rígidos, y que pueden ejecutarse en forma simultánea, con otras operaciones secundarias, o con algunas operaciones principales. Estas operaciones secundarias, por ser menos rígidas permiten tener traslapos.

Ejemplo:

- Mampostería, instalaciones eléctricas, instalaciones abasto. Actividades que se pueden ejecutar en forma simultánea dependiendo de las características del proyecto y requerimientos del constructor.

Aunque pueden tenerse algunas actividades que se ejecuten en forma simultánea, se deben seguir ciertas reglas. Las actividades secundarias, no podrán comenzar hasta haber alcanzado cierta etapa de progreso en la unidad de vivienda y no podrán terminarse antes de su inmediata predecesora.

## 7.2. METODO DE SERIES

El método de series de producción consiste en la ejecución de un plan masivo de construcciones iguales o similares, en los cuales se entra a considerar el factor repetición y el ritmo de trabajo.

El método de series, tiende a racionalizar la construcción tradicional de construcción de vivienda, sistematizando y controlando en forma eficiente, el desarrollo del proceso constructivo.

Las ventajas de la producción en serie o rítmica, son las siguientes:

- Introduce el concepto de rutina o sea que el trabajador repite muchas veces la misma operación, mejorando su rendimiento y su productividad en el proceso constructivo.
- El empleo óptimo de los recursos, evitando pérdidas por tiempos muertos o inhábiles y evitando transportes innecesarios.

- Logra que la ejecución de las obras se lleve a cabo dentro del plazo programado y estudiado, que implica utilización al máximo, de capital invertido en dicho proceso, evitando lucros cesantes de capital y altos intereses.
- Coordinación de programas financieros:
  - pago a contratistas
  - pago a subcontratistas
  - cancelación de cuentas
  - mejora en los servicios de financiación.

Que serán necesarios para la ejecución del programa.

En cuanto a las aplicaciones del método, podemos citar entre otras, las siguientes:

- Construcciones masivas de vivienda
  - casas unifamiliares, bifamiliares, trifamiliares
  - bloque o bloques multifamiliares de vivienda.
- Unidades repetitivas en bloques industriales.
- Hoteles de gran magnitud y capacidad.
- Hospitales, etc.

Generalmente cuando se planifica y realiza la programación de un proyecto, es importante saber las tareas a desarrollar en él. Cuando elaboramos el

programa y este cuenta con un número grande actividades, debemos pensar que un programa se debe realizar de forma tal que sea confortable. La organización es importante; por eso en el método de series, se debe implementar la organización del programa por bloques de actividades que los podemos denominar PAQUETES DE ACTIVIDADES.

Los paquetes de actividades es simplemente agrupar las tareas o actividades en capítulos y subcapítulos, que hagan del programa, que éste sea más práctico en su concepción, formación y posterior control.

### **7.2.1. Modelo Teórico de Paquetes de Actividades.**

Agrupar entonces por capítulos, como por ejemplo:

- Urbanismo.
  - Preliminares
  - Red de alcantarillado
    - Aguas residuales
    - Aguas lluvias
  - Red de acueducto
  - Red de energía
  - Red de teléfonos
  - Red de gas

- Vías exteriores e interiores
- Obras exteriores
  - Andenes
  - cordones
  - cunetas
  - zonas verdes
  - Porterías y otras.
- Subestructura
- Mampostería
- Estructura
- Instalaciones
- Cubierta
- Revoques y forros
- Carpintería metálica
- Carpintería en madera
- Pisos
- Acabados
- Otros, etc.

Los paquetes de actividades se organizan e acuerdo a cada proyecto, no todos los proyectos llevan la misma estructura organizativa, depende mucho

de la forma como el programador y el constructor, deseen desarrollarlo. Dentro de estos paquetes de actividades se incluyen entonces los subcapítulos y actividades a desarrollar.

### **7.2.1.1. Urbanismo**

- **Preliminares:** se pueden tener dentro de éste subcapítulo algunas tareas como:
  - Localización y replanteo
  - limpieza del lote
  - movimiento de tierras
  - Construcción instalaciones provisionales
  - Servicios provisionales
  - cercos provisionales
  - vías de acceso, etc.
- **Red de aguas Residuales:** se pueden tener dentro de este subcapítulo, actividades tales como:
  - localización redes
  - Excavación redes
  - Colocación tubería
  - Revisión obra ( generalmente se hace por la entidad encargada de los servicios públicos de la región.)
  - Botada de tierra

- Tapada y compactada brechas
  - Excavación *Man hole*. (MH)
  - Construcción MH. ( o colocación si es prefabricado)
  - Revisión MH.
  - Excavación domiciliar
  - Colocación tubería domiciliar
  - Construcción cajas
  - Revisión domiciliar
  - Tapada y compactada
  - Tapas más aros MH y colocación herrajes
  - Empalme alcantarillado, etc.
- Red de aguas lluvias: Se contempla en éste, las mismas actividades de la red de aguas residuales, pero llevan otras que son complementarias a dicha red:
    - Localización sumideros
    - Excavación sumideros
    - Construcción sumideros
    - Colocación y pintura herrajes
    - Revisión sumideros, etc.
- Red de acueducto: en este subcapítulo se pueden tener las siguientes actividades o tareas:
    - Localización red acueducto

- Excavación red de acueducto
- Colocación tubería y accesorios red acueducto
- Revisión red de acueducto
- Botada de tierra
- Tapada y compactada de brechas
- Excavación domiciliar
- Colocación tubería domiciliar
- Revisión domiciliar
- Construcción Caja medidores
- Colocación medidores
- Hidrantes ( excavación, colocación)
- Válvulas (excavación, construcción cajas, colocación válvula y tapa) etc.
- Red de gas
  - Localización red de gas
  - Excavación red de gas
  - Colocación tubería
  - Tapada y compactada
  - Botada de tierra
  - Prueba de hermeticidad
  - Electrofundición o termofundición y Revisión red de gas.
  - Construcción Caja medidores

- Colocación medidores, etc.
- Red de energía.
  - Localización red de energía
  - Excavación red
  - Colocación tubería.
  - Colocación postes
  - Tapada y compactada de brechas
  - Cajas y cruces
  - Alambrado eléctrico
  - Colocación transformadores
  - Alumbrado eléctrico
  - Energización red.
  - Revisión y entrega., etc.
- Red de teléfonos: se puede incluir en este subcapítulo otros tipos de redes como citofonía, red para señal de televisión internacional, o también se puede realizar un subcapítulo para cada una de la anteriores mencionadas.
  - Localización
  - Excavación red
  - Colocación tubería
  - Construcción cajas
  - Empalme, etc.

- Vías

- Localización
  - Cortes
  - Llenos
  - Nivelación
  - Preparación subbase
  - Preparación base
  - Carpeta de rodadura: dentro de éste es importante destacar que dependiendo del tipo de pavimento, lleva otras actividades adicionales, como puede ser imprimante si es pavimento flexible; lleno en arenilla si es pavimento articulado; y refuerzo si es pavimento rígido.
  - Revisión vías, etc.
- Obras exteriores
    - Localización andenes, cordones y cunetas.
    - Construcción andenes
    - Construcción cordones
    - Construcción cunetas
    - Llenos y nivelación
    - Engramado, etc.

Estas son algunas de las actividades que se pueden contemplar en este programa de urbanismo, que se puede realizar aparte del programa serial,

pero que igualmente va amarrado al mismo. El anterior, es un modelo; no necesariamente son todas las actividades, pueden sobrar o faltar algunas, pero sirve como referencia para la realización de un programa de urbanismo.

Veamos entonces el modelo teórico de capítulos , subcapítulos y actividades, para el programa serial de construcción. Es importante destacar que para construcción de casas y de edificios, varían algunas ubicaciones de actividades con respecto a algunos capítulos. Pero nos puede servir de modelo.

#### **7.2.1.2. Subestructura**

- **Fundaciones:** se pueden generalizar las fundaciones, o igualmente desplegar en muchas actividades que contempla las fundaciones, entre ellas por ejemplo, pilas y pilotes, zapatas y pedestales, vigas etc. Es a criterio de la persona encargada de realizar el programa, de común acuerdo con la persona que realizará el proceso constructivo.
  - Excavación fundaciones
  - Armado y formado fundaciones
  - Revisión y vaciado fundaciones
- **Desagües**
  - Excavación desagües
  - Colocación tubería

- Construcción cajas
- Botada de tierra
- Tapada y compactada de brechas
- Llenos
- Sobrecimiento + impermeabilización
- Entresuelo, etc.

### 7.2.1.3. Estructura

- Columnas
  - Armar columnas
  - Formar o formaleta columnas
  - Revisión y vaciado columnas
  - Fraguado columnas
  - Desencofrado columnas
- Losas
  - Formar losas
  - Armado losas
  - Instalaciones eléctricas losas
  - Instalaciones sanitarias losas
  - Colocación aligerante
  - Revisión y vaciado losas
  - Fraguado losas

- Desencofrado losas
- Escalas
  - Formado escalas
  - Armado escalas
  - Revisión y vaciado escalas
  - Fraguado escalas
  - Desencofrado escalas
- Vigas de techo o vigas de enrase
  - Armado vigas
  - Formado vigas
  - Revisión y vaciado vigas
  - Fraguado vigas
  - Desencofrado vigas.

#### 7.2.1.4. Mampostería

- Mampostería interior
- Mampostería exterior
- Dinteles
- Sillares
- Arcos, etc.

#### 7.2.1.5. Instalaciones

- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones de abastecimiento
- Instalaciones eléctricas, teléfono, citófono, etc.
- Instalaciones de gas, calefacción, etc.

#### **7.2.1.6. Cubierta:**

Dependiendo del tipo de cubierta, las actividades varían.

- Armazón cubierta
- Tablilla + impermeabilización
- Colocación canoas + ruanas
- Colocación tejas
- Encorizados
- Emboquillados, etc.

#### **7.2.1.7. Revoques y forros**

- Resanes obra negra
- Revoques cielos
- Revoques muros
- Fajas y filetes
- Forros baños
- Forros cocina y lavadero, etc.

### 7.2.1.8. Carpintería metálica

- Colocación marcos e puertas
- Colocación ventanas
- Colocación de pasamanos metálicos, etc.

### 7.2.1.9. Pisos

- Pisos en baldosa o similar
- Pisos terrazas
- Pisos patios
- Rebancos
- Pisos baños, etc.

### 7.2.1.10. Acabados y otros

- Estuco cielos
- Estuco muros
- Colocación vidrios
- Colocación alas + chapas
- Primera mano de pintura
- Alambrado eléctrico
- Colocación muebles de cocina
- Colocación muebles de baño
- Guardaescobas

- Colocación mesón cocina
- Colocación lavadero
- Segunda mano de pintura
- Aparatos sanitarios
- Aparatos o accesorios eléctricos
- Resanes obra blanca
- Pintura Final
- Aseo general
- Revisión final
- Entrega.

Todas estas actividades, subcapítulos y capítulos, varían de acuerdo a cada proyecto. Quiero representar con lo anterior, un modelo que sirva como referencia, para la estructuración de un proyecto.

### **7.2.2. Organización de la Red Serial**

Para la organización de la red, generalmente se utiliza cuando se hace en forma manual, la red de precedencias. Diagrama que es más práctico y fácil para la elaboración.

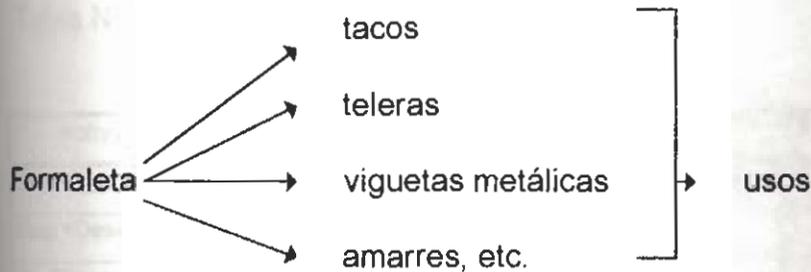
Ejemplo:



Como podemos ver en la tabla Nr. 34, toda la serie, está representada por un paralelogramo.

### 7.2.3. Desarrollo de la Programacion de Series

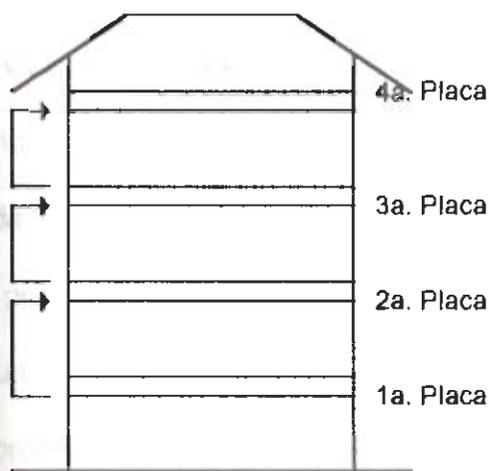
El tipo de estructura, nos determina un proceso constructivo:



Conociendo el número de usos de la formaleta, se puede tener este dato como base para realizar una programación. Ejemplo:

#### Alternativa 1

- Se tiene un juego de formaletas
- Se vaciarán cuatro placas
- El juego tendrá cuatro usos.



El proceso de ejecución de cada placa es de 15 días (incluye el proceso de columnas)

El fraguado + el desencofrado de cada placa es de 10 días.

Figura Nr. 62

Tabla Nr. 35

Actividad	Dur	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1a. Placa	15	█	█	█																		
Frag.+Desenc. 1a. P	10				█	█	█															
2a. Placa	15						█	█	█													
Frag.+Desenc. 2a. P	10									█	█	█										
3a. Placa	15												█	█	█							
Frag.+Desenc. 3a. P	10														█	█	█					
4a. Placa	15																█	█	█			
Frag.+Desenc. 4a. P	10																				█	█

En la tabla Nr. 35, representativa de la Figura Nr. 62, vemos que es un proceso con mucho tiempo, utilizando un solo juego de formaletas con 4 usos, son 100 días de todo el proceso, incluyendo hasta el último desencofrado de placa; trae consigo costos altos en el proyecto.

### Alternativa 2

- Se vaciarán las mismas 4 placas
- Tendremos 2 juegos de formaletas
- cada juego tendrá 2 usos.
- El proceso de ejecución de cada placa incluyendo el proceso de las columnas es de 15 días
- El proceso de fraguado y desencofrado de cada placa es de 10 días.

Veamos la siguiente figura:

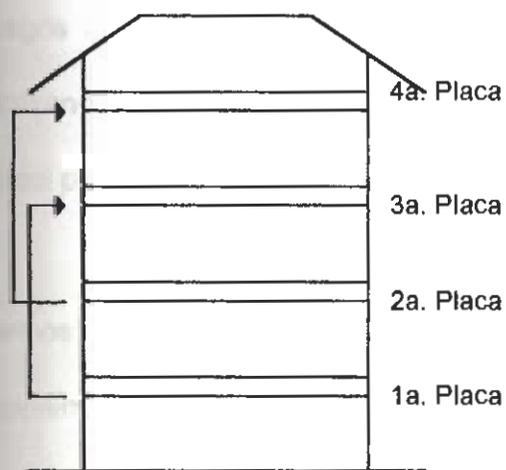


Figura Nr. 63

Se tienen 2 juegos de formaletas:

La primera formaleta se utiliza en la placa Nr. 1 y luego de este proceso pasa a la placa Nr. 3

La segunda formaleta se utiliza en la placa Nr. 2 y luego de este proceso pasa a la placa Nr. 4.

Tabla Nr. 36

Actividad	Dur	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1a. Placa	15	■	■	■											
Frag.+Desenc.1a. P	10				■	■									
2a. Placa	15				■	■	■								
Frag.+Desenc.2a. P	10						■	■							
3a. Placa	15						■	■	■						
Frag.+Desenc.3a. P	10									■	■				
4a. Placa	15										■	■	■		
Frag.+Desenc.4a. P	10													■	■

En la alternativa 2, vemos como se reduce el tiempo total del proyecto al tener 2 juegos de formaletas, en donde pasamos de tener 100 días, a 70 días, optimizando los recursos disponibles y que nos representa un menor costo final del proyecto.

Tenemos entonces, que la programación de series, se fundamenta principalmente en: **la óptima utilización de los recursos.**

Tales recursos son:

- Maquinaria y equipo
- Mano de obra
- Materiales.

Veamos otro ejemplo:

#### Alternativa 1

- Se revocarán los muros de una unidad de vivienda.
- El área a revocar son 40 m<sup>2</sup>. (Metros cuadrados)
- Jornada de trabajo 8 H/d (horas/día)
- Rendimiento de un hombre es de 2 H/m<sup>2</sup> ( dos horas por metro cuadrado).

•  $40 \text{ m}^2 \times 2 \text{ H/m}^2 = 80 \text{ horas}$

•  $80 \text{ horas} / 8 \text{ H/d} = 10 \text{ días.}$

Tenemos entonces que un solo hombre para revocar 40 m<sup>2</sup>., se demora 10 días.

#### Alternativa 2

Duplicando la fuerza de trabajo, para revocar la misma área.

- Rendimiento 2 H/m<sup>2</sup>

•  $2 \text{ Hh/m}^2. \times 40 \text{ m}^2. = 80 \text{ horas}$

•  $80 \text{ horas} / 8 \text{ H/d} = 10 \text{ horas}$

•  $10 \text{ horas} / 2 \text{ h (hombres)} = 5 \text{ días}$

Tenemos entonces que para revocar 40 m<sup>2</sup>. Dos (2) hombres se demorarán 5 días.

### 7.3. ELEMENTOS DE LA PROGRAMACION DE SERIES.

Para desarrollar una programación de series, se necesitan una serie de elementos básicos:

- Ciclo crítico
- Espacio de trabajo
- Unidad de construcción
- Unidad de trabajo
- Número de veces o de repeticiones
- Duración típica
- Velocidad de construcción.

**Ciclo crítico:** que lo denominamos C, es el que marca la pauta en el proceso constructivo; es la parte más importante en el proceso de programación y organización de obras. Se trata de buscar aquel ciclo que por la complejidad en su ejecución, por las características de los elementos a utilizar, las características técnicas y económicas que se ocasionen, presenten un traumatismo en el proceso de construcción; determinado por la estructura del edificio o de la casa.

Se trata de que una de las cuadrillas, se vaya desplazando en las unidades de ejecución en un mismo nivel, luego pasa después de terminar todas las unidades, al segundo nivel, hasta finalizar la última unidad, logrando un trabajo continuo e ininterrumpido. De esta forma vamos con todas las cuadrillas.

En la Figura Nr. 64, en donde consideramos una estructura de 4 plantas y 4 unidades de vivienda por planta, tenemos:

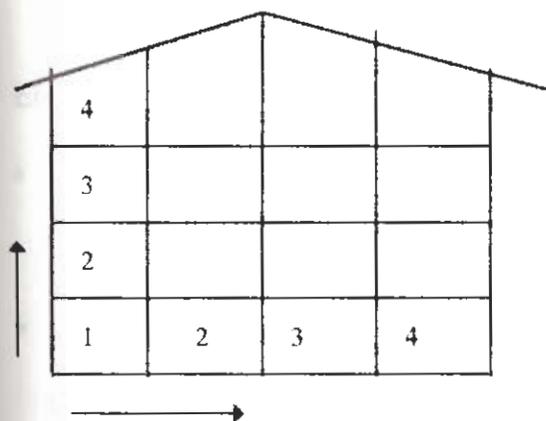


Figura Nr. 64

Si de la figura anterior, analizamos la primera planta, tenemos para la estructura, la siguiente Tabla:

Tabla Nr. 37

Nr.	Actividad	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	<b>Estructura</b>											
1	Armar Columnas	█	█									
2	Formar Columnas		█	█	█							
3	Vaciar Columnas			█	█	█						
4	Formar Losa				█	█	█					
5	Coloc. aligerante					█	█	█				
6	Armar Losa						█	█	█			
7	Inst. Eléctricas losa							█	█	█		
8	Inst. Sanitarias losa								█	█	█	
9	Revisión Losa									█	█	█
10	Vaciado Losa										█	█
11	Frag. + Desenc. Losa											█

C = 16

Una línea horizontal con flechas en ambos extremos indica la duración de la actividad 'Vaciado Losa' desde el día 2 hasta el día 18.

**Espacio de Trabajo (ET):** es el espacio total, medido en unidades de vivienda, en el cual en un momento determinado, se están desarrollando simultáneamente un grupo de operaciones del proceso constructivo.

El espacio de trabajo debe tener las siguientes condiciones:

- Debe ser un espacio en donde se pueda desarrollar el trabajo continuo y sin interrupción.
- El espacio de trabajo debe poderse dividir en un número igual o entero de unidades de trabajo.

**Unidades de trabajo (UT):** se denomina unidad de trabajo, al espacio de trabajo medido en unidades de vivienda, en donde se ejecuta en forma completa, cada una de las operaciones del proceso constructivo.

**Unidades de construcción (UC):** se denomina unidad de construcción, al espacio de trabajo medido en unidades de vivienda, en el cual se están desarrollando todas las actividades correspondientes a un ciclo crítico de construcción y la cual es múltiplo de la unidad de trabajo.

**Número de veces o de repeticiones (N):** es la relación entre la unidad de trabajo y la unidad de construcción. Representa el número de veces en que

una operación o cada operación debe repetirse dentro de cada uno de los ciclos de construcción. Lo expresamos de la siguiente forma:

$$N = \frac{UC}{UT}$$

De aquí se deduce que  $C + X = N * X$

En donde  $C + X =$  a la suma de intervalos  $C$ , más la duración de la última operación; que debe ser igual a  $N * X$ , operación de duración  $X$ , repetida en un número  $N$ , siendo  $N$ , el número de veces que está la unidad de trabajo en la unidad de construcción. Logrando eficiencia en el proceso constructivo.

**Duración típica (X):** Con base en lo anterior, podemos deducir, que la duración de cada una de las operaciones del proceso constructivo, llamada duración ajustada o duración típica es igual:

$$X = \frac{C}{N - 1}$$

**Velocidad de trabajo (V):** La velocidad de trabajo determina el ritmo de construcción del proceso y está dado por la relación del espacio y el tiempo, en donde tenemos que es igual a:

$$V = \frac{S}{T}$$

$$V = \frac{UT}{X}$$

### 7.3.1. Ejercicio Nr. 18

Una Unidad Residencial, compuesta de 30 unidades de vivienda; la unidad de trabajo es de 2 unidades de vivienda; el ciclo crítico es de 15 días. Hallar la duración típica, el número de repeticiones y la velocidad de construcción.

$$ET = 30 \text{ u.v.}$$

$$UC = 30 \text{ u.v.}$$

$$UT = 2 \text{ u.v.}$$

$$C = 15 \text{ días.}$$

Hallar N, X y V.

$$N = \frac{UC}{UT} \quad N = \frac{30 \text{ u.v.}}{2 \text{ u.v.}} = 15 \text{ veces}$$

$$X = \frac{C}{N-1} \quad X = \frac{15 \text{ días}}{15-1} = 1.07 \text{ días. Aproximadamente 1 día.}$$

$$V = \frac{UT}{X} \quad V = \frac{2 \text{ u.v.}}{1 \text{ día}} = 2 \text{ u.v./día.}$$

### 7.4. MODELO GRAFICO DE BARRAS

Tomando como base el ejercicio Nr. 18, tenemos:

- Primero realizaremos la programación de una unidad de vivienda, con sus diferentes duraciones, para determinar el ciclo crítico. Tabla En. 38.
- En segundo lugar haremos a partir del cálculo del ejercicio Nr. 18, la programación serial de las 30 unidades de vivienda, utilizando el diagrama de *Gantt*, tanto en forma manual, Tabla Nr. 39; como utilizando el *MICROSOFT PROJECT*, Tabla Nr. 40.

Tabla Nr. 38

## GRAFICO DE GANTT, DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA.

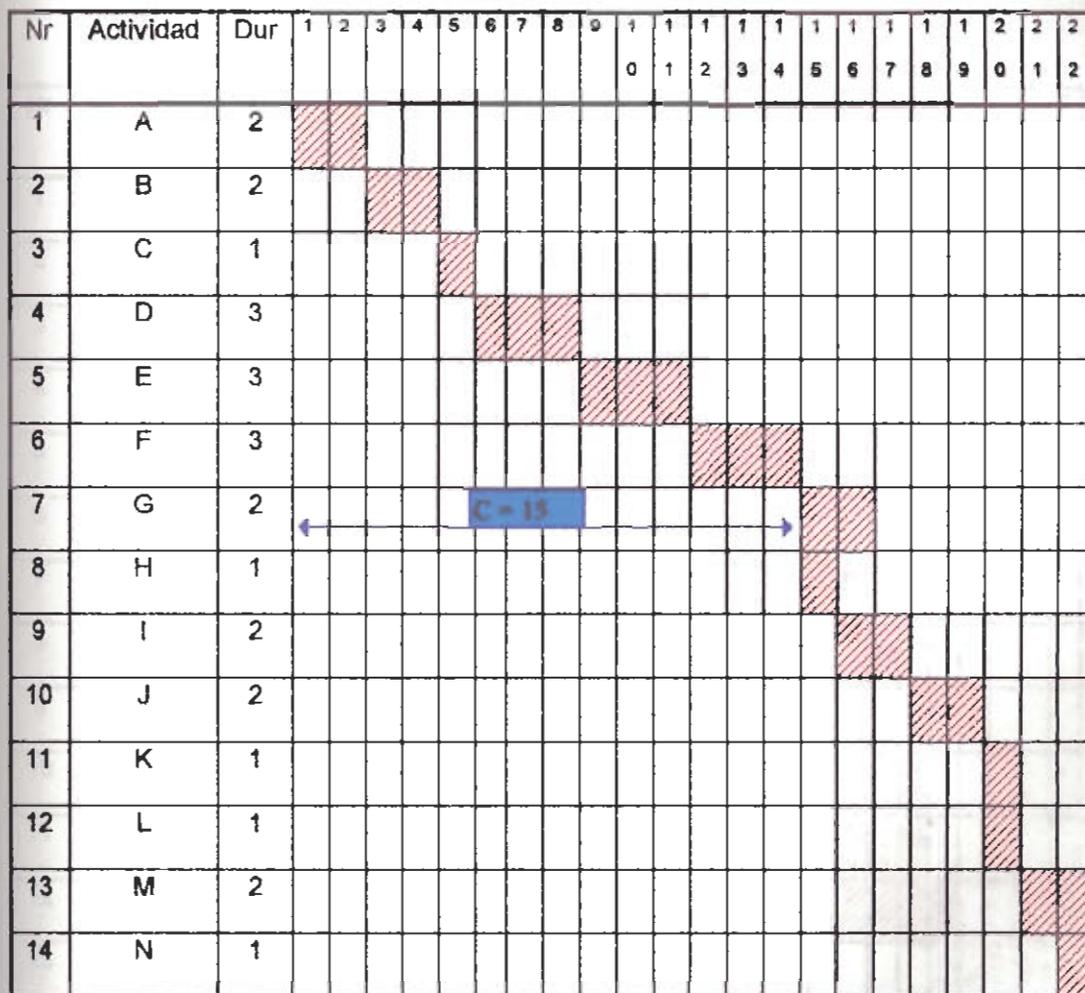


Tabla Nr. 39

GRAFICO DE GANTT, PROGRAMA DE SERIES PARA LAS 30 U.V. POR PAQUETES DE ACTIVIDADES

Nr	Actividad	Dur	U.V.																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Capítulo 1																																	
2	A	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
3	B	18		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18													
4	C	18			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												
5	D	18				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18											
6	Capítulo 2																																	
7	E	18				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18											
8	F	18					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18										
9	Capítulo 3																																	
10	G	18					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18										
11	H	18						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
12	I	18							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18								
13	Capítulo 4																																	
14	J	18								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
15	K	18									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
16	L	18										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
17	M	18											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
18	N	18													1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		

FICHA N.º 11



## CAPITULO VIII

### 8. ADMINISTRACION DE PROYECTOS

Administrar un proyecto, es planear, organizar y manejar actividades y recursos, para un objetivo definido, generalmente con restricciones de tiempo y costos.

La administración de proyectos, es importante en el desarrollo empresarial, bien en lo que se refiere a adecuaciones físicas, como:

- Construcciones civiles
- Construcciones unitarias
- Construcciones masivas
- Montajes de maquinaria
- Montaje de equipos
- Proyectos de tipo administrativo, etc.

En el cual se tienen responsabilidades sobre las actividades y recursos, para el cumplimiento de los objetivos propuestos, y de los resultados dentro de los parámetros establecidos de tiempo y costos.

En todo proyecto, surgen una serie de inquietudes, tales como el tiempo de demora, los costos, actividades críticas del proyecto, los recursos, las

precedencias, etc., por eso es importante seguir paso a paso, la planeación, la programación, la ejecución y el control del mismo.

## 8.1 PASOS A SEGUIR PARA LA PLANEACION Y CONTROL DE PROYECTOS

Para administrar un proyecto, es importante seguir paso a paso los siguientes puntos:

- Determinar el proyecto, crear el proyecto.
- Definir las actividades
- Determinar la secuencia de las actividades
- Dibujar la red
- Determinar los tiempos de las actividades y resaltar la Ruta Crítica.
- Distribución y nivelación de los recursos
- Presupuesto y costos
- Programar el proyecto en mínimo costo
- Realizar la programación definitiva
- Ejecución del proyecto
- Control.

Estos puntos a considerar en la planeación y control del proyecto, se deben guiar siguiendo las fases de administración del proyecto que son:

- Creación del proyecto
- Administración del proyecto
- Elaboración de informes del proyecto.

### 8.1.1. Planeación

Incluye la definición de las actividades o tareas a realizar para el desarrollo del mismo, sus duraciones, asignación de recursos, relación entre las actividades y presupuesto.

Se debe desglosar el proyecto en partes, procesos o actividades necesarias para llevar a cabo el mismo. Determinar la secuencia de las actividades, porque es obvio que no todas las tareas se van a desarrollar en un mismo tiempo, ni en un estricto orden.

La secuencia de las actividades será la exigencia física que determina la interdependencia de las tareas de un proyecto. La secuencia es un factor fundamental en la planeación, razón por la cual el programador del proyecto debe definir en forma conjunta con los expertos y operarios, la secuencia de actividades, antes de seguir adelante, a menos de que por experiencia lo haga por su propia cuenta.

Las ventajas de la planeación del proyecto por métodos de ordenamiento, como los vistos en capítulos anteriores, nos permiten asimilar en forma breve y visual, el alcance del proyecto.

Los problemas y dificultades previsibles podrán ser resueltos antes de que realmente ocurran. El trabajo se puede planear en el orden en que debe hacerse o podría hacerse, logrando una adecuada coordinación entre el trabajo y las entregas de material, facilidad de equipo y disponibilidad de capital.

### 8.1.2. Programación

Cuando al proyecto se le asocia el factor tiempo, es decir cuando se termina la duración de las diferentes actividades, y cuando se calcula su fecha de terminación.

Terminado el dibujo de las redes, habremos adquirido una visión global del proyecto, y se habrá terminado la etapa de Planeación.

Debemos entonces averiguar otros datos que serán de gran importancia para obtener la programación óptima, que nos consuma el mínimo de dinero y por lo tanto, el máximo de utilidad. Veremos entonces:

- El tiempo en que se realizarán las actividades

- La disponibilidad y la preselección del personal que intervendrá en el proyecto
- Estimación de costos
- Equipos y materiales que se utilizarán
- Restricciones y condiciones especiales, como tiempo limitado para realizar el proyecto
- Valor global de inversión, etc.

Toda programación, tiene tres componentes fundamentales:

- **Actividades:** que tienen secuencias y relaciones de interdependencia.
- **Calendario:** que define para todo el proyecto o para un grupo de recursos, los días hábiles de trabajo.
- **Recursos:** las personas los equipos y materiales involucrados en el desarrollo de las tareas.

### 8.1.3. Control

Presentación de informes periódicos destinados a las personas interesadas en el proyecto y con distintos niveles de detalle, comparar lo programado con lo realizado y hacer las modificaciones necesarias de acuerdo a las circunstancias. Importantísimo para el seguimiento de las diferentes etapas del mismo.

## CAPITULO IX

### 9. CONTROL

#### 9.1. CONTROL DE PROYECTOS

Para dar inicio a un proyecto y lograr un adecuado manejo de él es necesario preparar un programa de actividades que permita conducir y dirigir las distintas acciones, que logren materializarlo.

Los programas de proyectos como herramientas de dirección son fundamentales y por tal razón al inicio de éstos se invierte gran cantidad de horas profesionales en su preparación.

Para que los programas tengan validez como herramienta de dirección, es requisito indispensable hacerles un seguimiento durante el tiempo que transcurre el proceso, con el objeto de verificar el comportamiento en el tiempo; este proceso se llama *Control de Proyectos*. De lo anterior se desprende que la preparación de un programa no tiene sentido, si no se ha previsto implementarle un sistema de control.

El control de proyectos, es la técnica para medir y monitorear el progreso hacia los objetivos del proyecto, y tomar, en caso necesario, las acciones para lograr estos objetivos. La misión del control es de ser un proceso que tiende a verificar y corregir.

El control de un proyecto, está fuertemente condicionado al plan del proyecto, inicialmente establecido antes de que se ponga en marcha el plan, está sujeto a alteraciones en el curso del proyecto, y forma la base de comunicación acerca del mismo, durante su ciclo de vida.

El control de proyectos también es una herramienta de dirección y cumple un papel importante en la administración; permite obtener información y respuestas fundamentales para la marcha adecuada de los proyectos.

### **9.1.1. Objetivo del Control**

El objetivo básico de un sistema de control es proporcionar información cuantitativa acerca del comportamiento de un programa, en relación a los acontecimientos reales que se suceden en un proyecto. Es importante destacar, que un programa es la estimación de un desarrollo futuro de un proyecto, ejecutado antes de su inicio y se califica como bueno o malo, en la

medida en que se ajuste o refleje con fidelidad, los acontecimientos reales que se presenten en relación a un proyecto específico.

Genéricamente, en el control de la producción se tienen los siguientes requerimientos:

- Se establecen normas como parámetros de referencia. Si el parámetro es mayor que la norma, se están desperdiciando los recursos; y si los parámetros son menores que la norma establecida, se debe corregir.
- En cuanto a la ejecución, se debe verificar el proceso de producción, no sólo en forma cuantitativa, sino también forma cualitativa.
- Corregir: es decir tomar las medidas necesarias para evitar la desviación que se está presentando en lo ejecutado con respecto a la norma, bien sea por encima o por debajo de ésta, para poder tomar las acciones a corregir.

El sistema de control proporciona una medida en un instante determinado durante el desarrollo de un proyecto, de las variaciones entre lo proyectado a través de un programa y los acontecimientos reales. Esta medida es una información fundamental para la dirección de un proyecto y su posterior desarrollo, ya que dependiendo del grado de magnitud de las variaciones, representa lo alejado del programa respecto a la realidad, o la coincidencia con éste.

## 9.2. CLASES DE CONTROLES

Encontramos básicamente 2 clases de controles:

- Controles técnicos
- Controles administrativos

### 9.2.1. Controles técnicos

En todo proceso constructivo, se involucran una gran cantidad de controles técnicos, que dependiendo de la magnitud del proyecto pueden variar, pero que generalmente cumplen con los mismos parámetros. Dentro de los controles técnicos, podemos mencionar entre otros, los siguientes:

- Materiales
- Equipos
- Mano de obra
- Calidad:
  - Materiales
  - Equipos
  - Actividades y procedimientos
  - Estabilidad de trabajos ejecutados
  - Mano de obra, etc.
- Presupuestos

- Costos
- Programación, etc.

### 9.2.2. Controles administrativos

Que involucran aspectos administrativos dentro del proceso constructivo, y que son tan importantes como los controles técnicos. Dentro de los controles administrativos, entre otros podemos citar los siguientes:

- Supervisión de las cotizaciones
- Compras y suministros
- Existencias de almacén
- Procedimientos administrativos
- Vigilancia del proyecto
- Control de gastos administrativos
- Controles jurídicos
- Controles financieros, etc.

Todos estos controles, tanto técnicos como administrativos son de vital importancia para el desarrollo del proyecto; nos dedicaremos en este manual a los controles de programación, que lógicamente y de alguna forma va ligado con los demás controles, pues el proceso constructivo es uno solo.

### 9.3. ASPECTOS BASICOS DEL CONTROL

Uno de los objetivos primordiales del control de programación, es establecer con rapidez y facilidad, los cambios que se puedan presentar en el programa, para entrar a tomar las medidas correctivas, evitando que ésta se altere.

En Programación, el elemento de referencia, es el **Programa de Construcción**, en el cual previamente se deben de haber establecido:

- Las tareas
- Los recursos
- Las fechas
- Los tiempos
- Los rendimientos, etc.

En el proceso de construcción, es decir en el avance de la obra, el control establece correcciones, permitiendo que las actividades estén dentro de los parámetros establecidos. En general se dice : si se va adelante del programa, va bien el proceso, no siempre es así, pero es válido; si se lleva atraso, se deben tomar medidas de corrección. Las correcciones tienden a ser de varios tipos:

**Administrativas:** En el proceso de contratación, plazos de los contratos, oportunidad en la celebración de los contratos, etc.

Toma:

**Financieras:** en donde se puede verificar si hay un flujo mayor o menor de recursos.

**De construcción:** que se da principalmente en función de los recursos, humanos y técnicos.

Los niveles del control, deben ser de supervisión y en forma rigurosa, siguiendo unas fases, en las cuales se establecen normas, se verifica su ejecución y se corrigen desviaciones.

#### 9.4. ELEMENTOS BASICOS DEL CONTROL

Para llevar a cabo un proceso de control, se deben tener en cuenta algunos requerimientos importantes, para que puedan ser claros y objetivos, por lo anterior, el proceso de control se puede dividir en 4 pasos principales, que los podemos considerar como, elementos básicos de control:

- El proceso de toma de datos
- El proceso de información
- Análisis de resultados y presentación de propuestas
- Toma de decisiones.

### 9.4.1. Proceso de Toma de Datos

Durante el proyecto, se debe recopilar información sobre lo que está sucediendo, es decir, información real. El proceso de toma de datos, es la materia prima del control; si hay falla en la toma de las muestras, no se producirá un buen resultado en el control, por eso, el proceso de toma de datos debe ser:

- Veraz
- Claro
- Oportuno.

**1. Veraz:** el proceso de toma de datos es demasiado importante, por eso debe ser un proceso directo y efectivo.

La toma o recolección de muestras o datos, debe hacerse directamente en el sitio en donde se está desarrollando el proceso constructivo, recorriendo paso a paso dicho proceso y verificando que se esté dando su ejecución en forma adecuada, correcta y siguiendo los parámetros establecidos en el programa de construcción. La información debe ser fiel y representativa de lo que efectivamente está sucediendo en un proceso. Por eso no se deben hacer tomas subjetivas, es decir tomas a distancia, pues el resultado final no sería el realmente esperado, a través de estimaciones visuales o indirectas.

**2. Claro:** la información debe ser precisa, es decir, debe entregar con nitidez aquellos aspectos o elementos que sean relevantes y determinantes para la marcha del proyecto. Cabe destacar que lograr esta característica no es fácil, ya que en un proyecto se produce gran cantidad de información.

Para la toma de datos, se debe tener una metodología clara, por eso es importante que este proceso sea uniforme, y para ello es fundamental que se puedan diseñar determinados formatos, que tengan la suficiente claridad con respecto a los datos que allí se recolectarán.

**3. Oportuno:** Esta característica es muy importante, ya que de la disposición oportuna de la toma de muestras, dependerán las decisiones que se tomen para la marcha futura del proyecto. La eficacia de un control en muchos casos, sólo depende de esta característica, siendo en ocasiones preferible perder en precisión y exactitud, en pro de la oportunidad.

El control es una actividad que se realiza permanentemente durante el desarrollo de un proyecto, por eso es importante establecer que si se quiere lograr un equilibrio entre los costos que se encuentran involucrados en cada control y el logro de un medio eficaz para la dirección del proyecto, se debe buscar la periodicidad de control, compatible con la duración estimada del proyecto.

Dependiendo de la magnitud del proyecto, el proceso de toma de datos puede ser:

- **Diario:** recogiendo diariamente información importante acerca del proyecto, en el desarrollo de sus actividades.
- **Semanal:** Consiste en la recopilación de todos los datos de control diario recogidos durante la semana, el cual indica las operaciones que han sido terminadas durante ese período en cada una de las unidades de trabajo, las cuales han sido convenientemente identificadas en los cuadros de programación.
- **Mensual:** Consiste en la recopilación de todos los datos recogidos diaria y semanalmente.

La periodicidad en el proceso de toma de datos es fundamental; generalmente la forma más adecuada de realizar la recolección, además de ser la más utilizada, a la vez que actual, es la toma de datos en forma semanal, de todas y cada una de las actividades o tareas del proceso constructivo.

#### **9.4.2. Proceso de Información**

La recopilación continua de información para el control de proyectos, se debe realizar con la misma periodicidad, que el proceso anterior, bien sea por medio de registros gráficos, o por medio de cuadros de presentación de resultados.

Para realizar este proceso, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Información importante acerca del proyecto
- Información acerca de actividades y bloques o paquetes de actividades
- Indicaciones de las desviaciones
- Fechas de iniciación y terminación reales de las tareas
- Duraciones y costos reales de las actividades
- Horas trabajadas por día, por actividad del proyecto
- Entradas reales de recursos, etc.

En el proceso de información, es importante el diseño de formatos claros, y de fácil interpretación, por ello es fundamental que tengan algunos parámetros, en donde podamos ver los siguientes puntos:

- Que se puedan registrar en todos los datos tomados, las cantidades programadas y ejecutadas en el período y acumulado de cada uno de los diferentes períodos.
- Tomar siempre unidades de medida prácticas, tales como:
  - unidades de vivienda
  - locales
  - módulos
  - tramos
  - metros lineales, cuadrados, etc.

- Es importante que todas las tareas o actividades a controlar, puedan tener para efectos de control, la misma unidad de medida. Como por ejemplo, en una urbanización, unidades de vivienda; en la construcción de redes de acueducto y alcantarillado, tramos o metros lineales, etc.
- Debe siempre relacionarse las tareas ejecutadas, con el modelo de referencia, es decir, lo programado con lo ejecutado, y establecer comparativos, para poder ver el avance del mismo proceso, y poder calcular las desviaciones.

#### **9.4.3. Análisis de Resultados y Presentación de Propuestas**

Para realizar el control de un proyecto es necesario que se pueda contar con personal que pueda asumir las diferentes funciones y actividades que éste exige, el que agrupado constituye una organización para el control. La cantidad de personal que se dedique a estas tareas, dependerá fundamentalmente del tamaño de la obra o proyecto.

Lo normal es que el personal dedicado a estas labores sea el mínimo necesario, sin embargo, crecen durante los períodos de control, ya sea porque se contrata personal adicional, o porque personal que está en la línea de producción, asume estas funciones.

La organización para el control, al igual que para la programación, es una asesoría a la dirección del proyecto y por lo tanto no está en la línea de la producción. Normalmente ambos grupos, Programación y Control, constituyen uno solo que cumplen ambas funciones.

Es importante tener claro lo anterior, porque en ocasiones se confunde responsabilidades respecto del resultado de la producción, atribuyéndosele a la organización de programación y control, aquellas que no tiene, ya que su gestión sólo se limita a proporcionar información, que obviamente redundará en las decisiones que afectarán la producción.

La organización de control y programación entonces analiza los resultados obtenidos en los procesos de toma de datos e información y propone las acciones a tomar, con respecto al proceso que se ejecuta, acciones preventivas o correctivas según el caso.

#### **9.4.4. Toma de Decisiones**

Con base en los análisis de los resultados presentados por la organización encargada de la programación y el control, es necesario precisar como sirven éstos a la Dirección de Proyectos, para la toma de decisiones.

Estas propuestas generan toma de decisiones que se pueden dar a diferentes niveles, como pueden ser:

- Dirección
- Interventoría
- Constructor
- Contratistas, etc.

Siempre y cuando estos reportes sean ajustados a los niveles que corresponden, se toman las decisiones que se aplicarán al proyecto, por parte principalmente de la Dirección del proyecto, en los diferentes niveles mencionados y en bien del proceso que se encuentra en ejecución. Al obtener entonces la información correcta, es posible obtener conclusiones válidas, que permitan tomar decisiones que aseguren la correcta marcha del proyecto.

Cualquiera que sea la situación que arroje un control, dichos antecedentes se traducirán en decisiones que tendrán de una u otra forma repercusión sobre las variables básicas, como son el plazo o el costo.

La manera como esta influencia se manifieste, dependerá de las causas que estén produciendo el resultado, y de las decisiones que se tomen en torno a ellas. Lo anterior se manifestará a través de una modificación o alteración del

plan previamente establecido, ya que de dicho plan, dependerá el logro de los objetivos o metas finales.

Si las metas fueron previstas que se cumplirían con un cierto programa o plan, de variar éste o no comportarse según lo esperado, lo más probable es que si no se introducen variaciones, no es posible asegurar el cumplimiento de dichas metas.

Es importante y necesario entonces introducir modificaciones a los programas o planes, cuando éstos dejan de ser una herramienta eficaz para la Dirección de un Proyecto, y por lo tanto no se aseguran el cumplimiento de las metas u objetivos presentadas en ellos. De lo anterior surgen dos modalidades básicas para la modificación de programas, conocidas como:

- Actualización de programas
- Reprogramación.

## **9.5. CONTROLES DE PROGRAMACION**

Para la elaboración de controles de programación, es importante que la organización encargada de la programación y el control, diseñe formatos que nos puedan mostrar claramente la manera de realizar los procesos de toma de datos y de información.

Los controles gráficos son una herramienta complementaria y de fácil realización; se pueden realizar en dos formas primordialmente:

- Control por porcentaje
- Control por colores.

Es bueno complementar los anteriores controles por porcentaje o colores, con cuadros de resultados que nos demuestren en forma numérica, y tanto en unidades como en porcentaje, las tomas de datos realizadas, y estableciendo comparativos con el modelo de referencia, que es el programa de construcción.

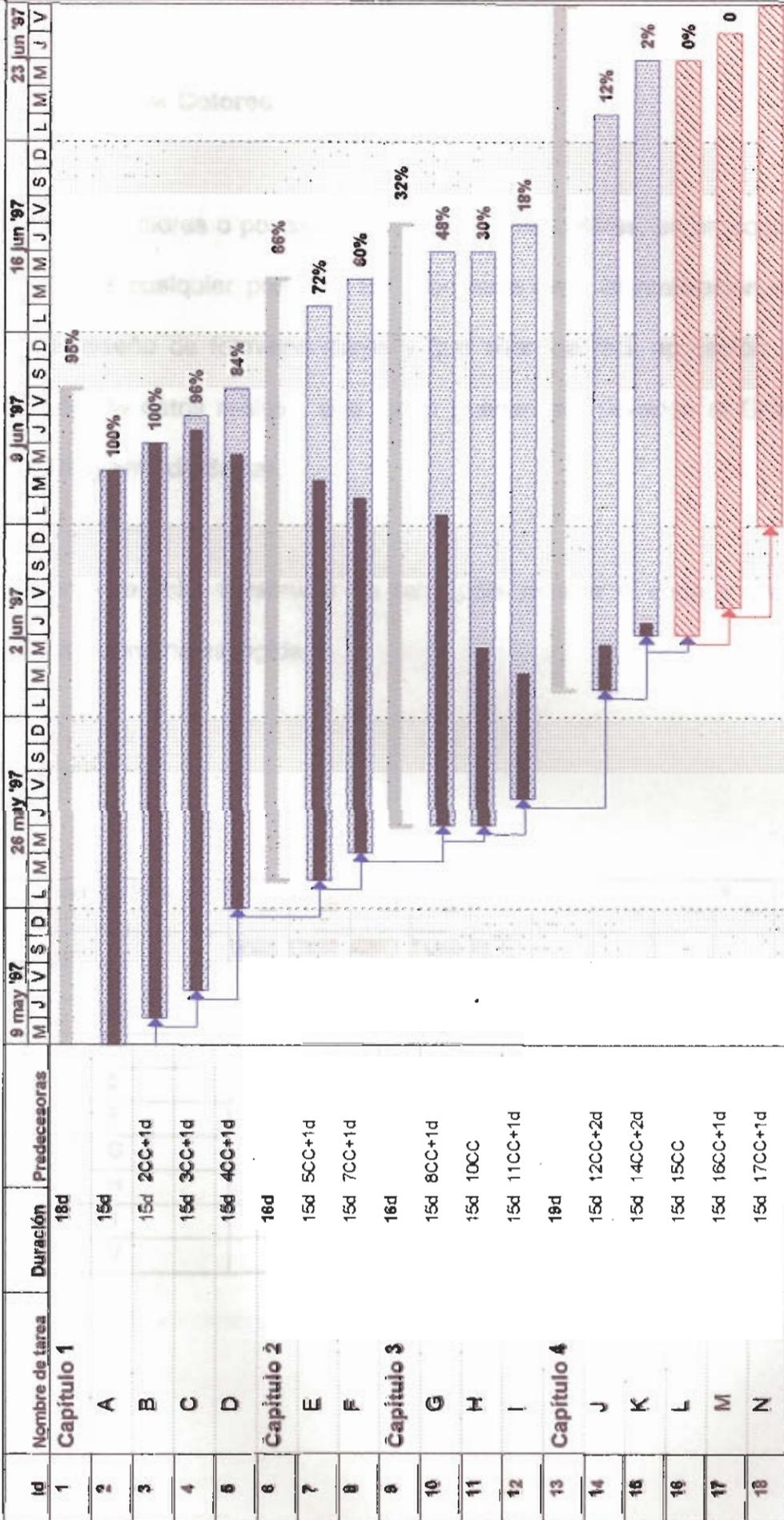
#### **9.5.1. Control por Porcentaje.**

El control por porcentaje de obra ejecutada se puede realizar mediante el gráfico de barras, indicando en él, el porcentaje de obra realizada en el proceso de construcción con respecto a lo plasmado en el programa. Existe hoy en día *software* como el *Microsoft Project* de gran ayuda para la realización de dicho proceso.

Veamos a continuación un ejemplo en la tabla Nr. 41.



TABLA NR. 41  
DIAGRAMA DE GANTT SERIES 30 U.V.



### 9.5.2. Control por Colores

El control por colores o por secuencia semanal de colores, es un control fácil de adaptar a cualquier proceso. Es importante para la realización de este control el diseño de formatos claros y que sean de fácil aplicación para la recolección de datos reales, que luego puedan ser llevados al Gráfico de *Gantt* o Diagrama de Barras.

Previamente se debe determinar un color para realizar el corte o avance de obra en una semana escogida.

Tabla Nr. 42

Nr.	Actividad \ Semana	1 	2 	3 	4 	5 	6 	7 	8 	9 	10 
1	A										
2	B										
3	C										
4	D										
5	E										
6	F										
7	G										
8	H										
9	I										
10	J										

### 9.5.3. Diseño de Formatos

Para la realización de un control de un proyecto, es importante que el controlador, se diseñe sus propios formatos de control. Estos deben ser claros.

Se pueden diseñar formatos para controlar, por ejemplo:

- Avance de obra
- Control equipo
- Control mano de obra
- Control materiales, etc.

Son innumerables la cantidad de formatos que se pueden obtener, de acuerdo a los requerimientos del proceso y a la iniciativa del grupo de control o de la persona encargada de llevar el control.

#### 9.5.3.1. Formato Corte de Obra Programacion

Utilizando el método de control de secuencia semanal de colores, podemos diseñar un formato, en el cual en forma más detallada podremos controlar un avance de obra de un proceso determinado. Por ejemplo, tomando como base la tabla anterior (Ver Tabla Nr. 42), podemos obtener un formato con las siguientes características:

- Que contenga el número de las actividades o identificación de las mismas.
- La actividad o bloque de actividades a controlar.

- El número de unidades a controlar, bien sea de vivienda, locales, medida etc.
- El número del corte a realizar
- La fecha en que se realizó el corte.
- El color determinado para realizar el control

Tenemos como ejemplo: Un proyecto de 15 u.v. que se realizan en 10 actividades que van desde la A, hasta la J.

Tabla Nr. 43

Nr.	Actividad \ casa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Fecha	#	Color
1	A	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	mayo 16/97	1	■
2	B	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■				mayo 23/97	2	■
3	C	■	■	■	■	■	■	■	■			■					mayo 30/97	3	■
4	D	■	■	■	■	■	■	■	■								junio 4/97	4	■
5	E	■	■	■	■														
6	F	■	■																
7	G	■																	
8	H																		
9	I																		
10	J																		

Es importante destacar, que en el formato anterior, se determina con exactitud, el control de actividades en cada unidad, es decir, se sabe en que unidad se ejecutó determinada actividad, tal caso de identificación es difícil verlo en el diagrama de *Gantt*, en donde se contabilizan sólo las unidades, pero no se sabe exactamente cual es.

### 9.5.3.2. Formato de Cuadro de Resultados

Como ya se mencionó antes, es importante en la presentación de cuadros, el referenciar lo programado, lo ejecutado y establecer un comparativo entre éstos; igualmente importante es registrar todo lo anterior en el período como en el acumulado. El formato de cuadro de resultados que se presenta a continuación, puede servir como modelo para la recolección de información, teniendo en cuenta que es el controlador quien se debe diseñar sus propios cuadros de control.

Tabla Nr. 44

Nr.	ACTIVIDAD	Nr. unid.	UNIDADES				PORCENTAJE			
			Prog. Per.	Prog. Acum.	Ejec. Per.	Ejec. Acum.	Prog. Acum.	Ejec. Acum.	Cump. Per.	Cump. Acum.
1	A									
2	B									
3	C									
4	D									
5	E									
6	F									
7	G									
8	H									
9	I									
10	J									
		X	a	b	c	d	e	f	g	h

Con convenciones:

X = número de unidades de vivienda

a = Programado período o semana, en unidades

b = Programado acumulado en unidades

c = Ejecutado período o semana, en unidades

d = Ejecutado acumulado en unidades

e = Programado acumulado en porcentaje

f = Ejecutado acumulado en porcentaje

g = Cumplimiento período o en la semana, en porcentaje (rendimiento)

h = cumplimiento acumulado en porcentaje (rendimiento).

Con base en el formato Programa de obra establecido en el Diagrama de *Gantt*, y con un formato diseñado para realizar corte de obra, se efectúan los cálculos para llevarlos al cuadro de resultados o de presentación, modelo de la Tabla Nr. 44, de la siguiente forma:

- Para las columnas **a**, **b**, **c** y **d**, se toman directamente del Diagrama de *Gantt*, de acuerdo a la semana de corte que se esté ejecutando, ejemplo: tomando como base el diagrama de *Gantt* de la tabla Nr. 42, de un proyecto de 15 unidades de vivienda (uv.), con una velocidad de 3 uv/ semana, vamos a realizar un corte de la semana 3.

- Para calcular **a= programado período en unidades**, en este caso semana 3, recogemos del diagrama de *Gantt*, el número de u.v. que se tienen programadas para las diferentes actividades, ejemplo:

- Actividad A = 3 u.v.
- Actividad B = 3 u.v.
- Actividad C = 3 u.v.
- Actividad D = 3 u.v.
- Actividad E = 3 u.v.
- Las demás actividades no se encuentran programadas en esta semana.

- Para calcular **b= programado acumulado en unidades**, se toman el número de unidades programadas en las diferentes actividades hasta la semana del corte realizado, en el diagrama de *Gantt*, es decir semana 3 y anteriores, ejemplo:

- Actividad A = 9 u.v.
- Actividad B = 6 u.v.
- Actividad C = 6 u.v.
- Actividad D = 3 u.v.
- Actividad E = 3 u.v.
- Las demás actividades no se han programado hasta esta semana 3.

- Para calcular **c= ejecutado período en unidades**, se toma como base el corte realizado y pintado con el color previamente seleccionado para

efectuarlo, no importando en la semana que se encuentre programado. Se puede tomar directamente del formato de corte (ver tabla Nr. 43), o del diagrama de *Gantt*. Ejemplo:

- Actividad A = 2 u.v.
  - Actividad B = 3 u.v.
  - Actividad C = 3 u.v.
  - Actividad D = 4 u.v.
  - Actividad E = 2 u.v.
  - Las demás actividades no se ejecutaron en este período.
- Para calcular **d= ejecutado acumulado en unidades**, se toman las unidades pintadas con los diferentes colores seleccionados para realizar cortes en cada una de las **semanas o períodos**; puede ser desde el formato de corte o desde el Diagrama de *Gantt*. Ejemplo:

- Actividad A = 10 u.v.
  - Actividad B = 8 u.v.
  - Actividad C = 6 u.v.
  - Actividad D = 4 u.v.
  - Actividad E = 2 u.v.
  - Las demás tareas no se han ejecutado hasta el presente período.
- Para calcular **las columnas e, f g y h**, en donde en el cuadro de resultados se trabaja con **porcentajes**, se realiza de la siguiente forma:

- **e= programado acumulado en porcentaje:  $e = (b / X) * 100$ :** es decir, programado acumulado en porcentaje es igual, a programado acumulado en unidades, dividido por el número de unidades y el resultado multiplicado por cien (100) para convertir unidades en porcentaje.
- **f= ejecutado acumulado en unidades:  $f = (d / X) * 100$  :** es decir, ejecutado acumulado en porcentaje es igual a ejecutado acumulado en unidades, dividido por el número de unidades, y el resultado se multiplica por cien (100) para convertir las unidades en porcentaje.
- **g= cumplimiento período en porcentaje:  $f = (c / a) * 100$  :** es decir cumplimiento período en porcentaje es igual ejecutado período en unidades, dividido programado período en unidades, y el resultado multiplicarlo por cien (100) para convertir las unidades en porcentaje.
- **h= cumplimiento acumulado en porcentaje:  $h = (d / b) * 100$  :** es decir, cumplimiento acumulado en porcentaje es igual a ejecutado acumulado en unidades, dividido programado acumulado en unidades, y el resultado multiplicarlo por cien (100), para convertir las unidades en porcentaje.

Es importante destacar que con este formato de cuadro de resultados, sólo estamos realizando control del programa de obra, que lo denominamos también avance de obra.

Este modelo no sólo es aplicable para el control de unidades de vivienda como en el ejemplo anterior, programación rítmica o serial, sino también con ello podemos controlar programas unitarios o específicos de construcción, programas de urbanismo, procesos administrativos, etc. Lo importante es que la unidad de medida sea práctica, es decir que sea la misma para todas las tareas a controlar en el proyecto.

En el formato estudiado podemos destacar los siguientes puntos:

- Se está registrando lo programado en el período y en el acumulado.
- Se está registrando lo ejecutado o realizado en el período y en el acumulado.
- Se establece un comparativo entre lo programado y lo ejecutado.

Como podemos ver, el cuadro es simple y de fácil manejo, tanto cuando se realiza en forma manual y más aun si se cuenta con la ayuda de una hoja electrónica. Cuando se realiza en una hoja electrónica, sólo dos datos o cuatro, son calculados manualmente, programado y ejecutado período en unidades, y posiblemente programado y ejecutado acumulado en unidades, los demás datos se pueden realizar por medio de fórmulas, como las vistas en el ejemplo anterior. Lo importante es que se debe tomar el Programa de Obra, como modelo de referencia.

Tabla Nr. 45

Nr.	ACTIVIDAD	Nr. unid.	UNIDADES				PORCENTAJE			
			Prog. Per.	Prog. Acum.	Ejec. Per.	Ejec. Acum.	Progr. Acum.	Ejec. Acum.	Cump. Per.	Cump. Acum.
1	A	15	3	9	2	10	60.00	66.66	66.66	111.11
2	B	15	3	6	3	8	40.00	53.33	100.00	133.33
3	C	15	3	6	3	6	40.00	40.00	100.00	100.00
4	D	15	3	3	4	4	20.00	26.66	133.33	133.33
5	E	15	3	3	2	2	20.00	13.33	66.66	66.66
6	F	15	-	-	-	-	-	-	-	-
7	G	15	-	-	-	-	-	-	-	-
8	H	15	-	-	-	-	-	-	-	-
9	I	15	-	-	-	-	-	-	-	-
10	J	15	-	-	-	-	-	-	-	-
	X		a	b	c	d	e	f	g	h

En la tabla Nr. 45 se presentan los resultados de los cálculos realizados en los ejemplos anteriores.

#### 9.5.4. Control Programa de Obra con Presupuesto

El control desde la perspectiva de la dirección de proyectos se orienta principalmente a las variables plazo y costo.

Para lograr una adecuada cuantificación de estas variables en un proyecto compuesto de gran cantidad de actividades y acciones de naturaleza diferente,

es necesario en primer término buscar un factor común que se encuentren en todas y cada una de las actividades que componen el proyecto a considerar.

Para las variables básicas ya definidas existen estos factores, por medio de los cuales es posible establecer una metodología del control:

- En cuanto al plazo (tiempo), el factor común se obtiene de los recursos y niveles de utilización de ellos en cada actividad.
- En cuanto al costo, se recurre a la valorización monetaria de todos los recursos y elementos necesarios para que una actividad sea realizada.

Al programa de obra establecido, es importante para efectos de realizar un control de programación y avance de obra, involucrar el Presupuesto de obra, destacando con lo anterior que se controlará el programa de obra con respecto al presupuesto, no será entonces un control ni al presupuesto, ni un control de costos.

Para efectos de realizar un control de programación con presupuesto, incluimos este último al programa, calculando porcentajes de incidencia con respecto al mismo. Dichos porcentajes de incidencia pueden ser:

- Porcentaje de incidencia de cada tarea con respecto al presupuesto total.
- De esta forma estamos incluyendo dentro del cuadro de resultados, todas las actividades del programa y del presupuesto.



Convenciones:

X = número de unidades de vivienda

a = Programado período o semana, en unidades

b = Programado acumulado en unidades

c= Ejecutado período o semana, en unidades

d= Ejecutado acumulado en unidades

e= Programado acumulado en porcentaje

f = Ejecutado acumulado en porcentaje

g= Cumplimiento período o en la semana, en porcentaje (rendimiento)

h= cumplimiento acumulado en porcentaje (rendimiento).

Y= % de incidencia ( con respecto al presupuesto total).

#### 9.5.4.1. Calculo de Porcentajes de Incidencia

Tomaremos como ejemplo, un proyecto de compuesto por 36 u.v., con una velocidad de construcción de 5 uv/sem., y una duración típica de 1 día para cada tarea.

Cada actividad en el programa de obra, la agruparemos en subcapítulos y estos subcapítulos los agruparemos en capítulos o paquetes de actividades. Ya sabemos entonces como realizaremos el programa de construcción tomando como ejemplo, ejercicios anteriores de este manual. A cada tarea le

asignamos el presupuesto de obra, y procedemos entonces a calcular los porcentajes de incidencia.

Como ya agrupamos las tareas en subcapítulos, calcularemos primero los porcentajes de incidencia de cada actividad con respecto al subcapítulo correspondiente. Cada subcapítulo, nos representa el cien por ciento (100%), y cada tarea perteneciente al subcapítulo se le calculará su porcentaje de lo que representa en el mismo.

Para ello, diseñaremos un formato, en donde podamos calcular los porcentajes de incidencia de cada tarea con respecto al subcapítulo correspondiente, y como complemento a éste, se le involucran lo programado y ejecutado en unidades, registrando tanto el período como el acumulado. Ver Tabla Nr. 47. Este formato nos puede alimentar posteriormente el cuadro de resultados, haciendo más ágil el cálculo. Ver Tabla Nr. 48.

En el cuadro de resultados de la tabla Nr. 48, se calculará entonces el segundo porcentaje de incidencia. Este porcentaje de incidencia será de cada subcapítulo, con respecto al presupuesto, es decir, lo que me representa cada subcapítulo con base en el presupuesto total del proyecto.

Tabla Nr. 47

DESCRIPCION	Presupuesto (miles)	% incidencia	Programado Período	Programado Acumulado	Ejecutado Período	Ejecutado Acumulado
<b>SUBESTRUCTURA</b>	<b>11.690</b>					
<b>Preliminares</b>	<b>1.850</b>	<b>100%</b>				
localización y replanteo	1.200	65%				
Nivelación y descapote	650	35%				
<b>Fundaciones</b>	<b>7.930</b>	<b>100%</b>				
Excavación fundaciones	2.485	31%				
Armado fundaciones	2.345	30%				
Vaciado fundaciones	3.100	39%				
<b>Desagues</b>	<b>1.460</b>	<b>100%</b>				
Excavacion desagues	365	25%				
Colocación tubería desagues	850	58%				
Construcción CE + CI	245	17%				
<b>Sobrecimientos</b>	<b>450</b>	<b>100%</b>				
Sobrec. + Impermeabilización	450	100%				
<b>MAMPOSTERIA</b>	<b>18.995</b>					
<b>Mampostería 1er. nivel</b>	<b>8.635</b>	<b>100%</b>				
Mampostería interna 1er. nivel	5.890	68%				
Mampostería fachada 1er. nivel	2.145	25%				
Dinteles 1er. nivel	600	7%				
<b>Mampostería 2do. nivel</b>	<b>10.360</b>	<b>100%</b>				
Mampostería interna 2do. nivel	6.150	59%				
Mampostería fachada 2do. nivel	2.300	22%				
Dinteles 2do. nivel	700	7%				
Cuchillas	1.210	12%				
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>15.455</b>					
<b>Losas</b>	<b>9.990</b>	<b>100%</b>				
Formado losas	1.200	12%				
Armado losas	3.350	34%				
Instalaciones sanitarias losa	235	2%				
Instalaciones eléctricas losa	190	2%				
Revisión + vaciado losa	4.560	46%				
Fraguado + desencofrado losa	455	5%				
<b>Dovelas</b>	<b>905</b>	<b>100%</b>				
Dovelas 1er. nivel	345	38%				
Dovelas 2do. nivel	560	62%				
<b>Escalafas</b>	<b>2.010</b>	<b>100%</b>				
Guarderas escalafas	210	10%				
Inst. escalafas prefabricadas	1.800	90%				
<b>Vigas techo</b>	<b>2.550</b>	<b>100%</b>				
Vigas en bloque	1.900	75%				
Cintas cuchilla	650	25%				
<b>CUBIERTA</b>	<b>4.930</b>					
<b>Cubierta</b>	<b>4.930</b>	<b>100%</b>				
Armazón cubierta	2.100	43%				
Colocación teja A.C.	2.230	45%				
Colocación canoas y ruanas	600	12%				
<b>INSTALACIONES</b>	<b>7.050</b>					
<b>Instalaciones eléctricas</b>	<b>4.450</b>	<b>100%</b>				
Inst. eléctricas 1er. nivel	1.800	40%				
Inst. eléctricas 2do. nivel	1.900	43%				
Inst. eléctricas por piso	750	17%				
Instalaciones abasto	1.350	100%				

Inst. abasto	1.350	100%				
Cerrajería	1.250	100%				
Inst. marcos	450	36%				
Inst. ventanas	800	64%				
<b>PISOS+ FORROS</b>	<b>5.085</b>					
<b>Pisos</b>	<b>3.885</b>	<b>100%</b>				
Entresuelo	650	17%				
Arenilla piso 1er. y 2do. nivel	385	10%				
Inst. baldosa 1er. y 2do. nivel	2.150	55%				
Pisos baños	700	18%				
<b>Forros</b>	<b>1.200</b>	<b>100%</b>				
Forros baños	550	46%				
Forros cocina	650	54%				
<b>ACABADOS</b>	<b>9.750</b>					
<b>Alas + chapas</b>	<b>900</b>	<b>100%</b>				
Alas + chapas	900	100%				
<b>Vidrios</b>	<b>800</b>	<b>100%</b>				
Vidrios	800	100%				
<b>Muebles especiales</b>	<b>1.860</b>	<b>100%</b>				
Col. poyo + lavadero	650	35%				
Aparatos sanitarios	1.210	65%				
<b>Inst. eléctricas</b>	<b>1.550</b>	<b>100%</b>				
Alambrado eléctrico	650	42%				
Aparatos eléctricos	900	58%				
<b>Pinturas</b>	<b>2.800</b>	<b>100%</b>				
Broncopintura cielos y muros	1.800	64%				
Pintura cerrajería	1.000	36%				
<b>Resanes + aseo</b>	<b>1.850</b>	<b>100%</b>				
Resanes finales	1.000	54%				
Aseo	850	46%				
<b>TOTAL</b>	<b>72.985</b>					



Es importante también calcular las unidades de vivienda correspondientes a cada subtotal, que están integradas en el capítulo, tomando como base las unidades de vivienda o de medida, según el caso, como el 100%, y de acuerdo a su porcentaje de incidencia, que corresponde a la sumatoria de los porcentajes de incidencia de los subcapítulos, se realiza por medio de una regla de tres, para calcularlos. Ver Tabla Nr. 48.

#### **9.5.4.2. Calculo del Cuadro de Resultados.**

Para trabajar en el cuadro de resultados, realizamos los siguientes pasos:

##### **1.) Programado en unidades de vivienda:**

Tomamos como ejemplo el subcapítulo de Fundaciones, que comprende 3 tareas o actividades:

- Excavación fundaciones que tiene un porcentaje de incidencia de 31%, y en la semana de corte correspondiente, se encuentran 5 u.v. programadas.
- Armado fundaciones, que tiene un porcentaje de incidencia de 30%, y en la semana de corte se encuentran 5 u.v. programadas.
- Vaciado de fundaciones que tiene un porcentaje de incidencia de 39%, y en la semana correspondiente, se encuentran 4 u.v. programadas.

Para realizar el cálculo, tenemos:

Fundaciones:

- Exc. Fundaciones =  $5 \text{ u.v.} \cdot 31\% / 100$  (para convertir porcentaje en unidades) = 1.55 u.v.
- Arm. Fundaciones =  $5 \text{ u.v.} \cdot 30\% / 100$ . O lo que es lo mismo  $5 \text{ u.v.} \cdot 0.30$ . esto es igual a 1.5 u.v.
- Vac. Fundaciones =  $4 \text{ u.v.} \cdot .39 = 1.56 \text{ u.v.}$
- El total para este subcapítulo será entonces la sumatoria de cada una de las tareas =  $1.55 \text{ u.v.} + 1.5 \text{ u.v.} + 1.56 \text{ u.v.} = 4.61 \text{ u.v.}$  (valor calculado que va al cuadro de resultados).

En esta forma se realiza para todos los subcapítulos a controlar.

## 2.) Programado acumulado en unidades:

Es decir, todo lo que se lleva programado hasta la semana en que se realiza el corte. De igual forma que el caso anterior, es la sumatoria de cada una de las tareas, multiplicado por su porcentaje de incidencia:

Fundaciones:

- Exc. Fundaciones =  $23 \text{ u.v.} \cdot 0.31 = 7.13 \text{ u.v.}$
- Arm. Fundaciones =  $22 \text{ u.v.} \cdot 0.30 = 6.6 \text{ u.v.}$
- Vac. Fundaciones =  $21 \text{ u.v.} \cdot 0.39 = 8.19 \text{ u.v.}$
- El total =  $7.13 + 6.6 + 8.19 = 21.92 \text{ u.v.}$

## 3.) Ejecutado período en unidades:

Es la sumatoria de lo realizado en cada tarea en la semana del corte, multiplicado por su porcentaje de incidencia. Es importante destacar que si se está trabajando en la parte gráfica con control por secuencia semanal de colores, serán las tareas cortadas en el formato y en el diagrama de *Gantt*, realizadas en la semana, cortadas con el color asignado para realizarlo, no importando en cual semana se encuentre programada:

Fundaciones:

- Exc. Fundaciones = 6 u.v. \* 0.31 = 1.86 u.v.
- Arm. Fundaciones = 3 u.v. \* 0.30 = 0.9 u.v.
- Vac. Fundaciones = 3 u.v. \* 0.39 = 1.17 u.v.
- El total = 1.86 + 0.9 + 1.17 = 3.93 u.v.

#### **4.) Ejecutado acumulado en unidades:**

Para realizar el cálculo de las unidades acumuladas, se toman las tareas realizadas hasta la semana del corte y que han sido ejecutadas y cortadas con los colores previamente asignados para cada corte; se multiplican de igual forma por su porcentaje de incidencia, y el subcapítulo será la sumatoria de todas las tareas:

Fundaciones: =

- Exc. Fundaciones = 25 \* 0.31 = 7.75 u.v.
- Arm. Fundaciones = 21 \* 0.30 = 6.3 u.v.
- Vac. Fundaciones = 20 \* 0.39 = 7.8 u.v.

- El total de este subcapítulo =  $7.75 + 6.3 + 7.8 = 21.85$  u.v.

### 5.) Subtotales en unidades:

Para calcular los subtotales de cada capítulo, que corresponden a programado y ejecutado en período y acumulado, todo en unidades, se trabaja de la siguiente forma:

El subtotal del capítulo es igual a la sumatoria de cada uno de los subcapítulos, multiplicados por su porcentaje de incidencia correspondiente, y luego dividido por cien para convertir porcentajes en unidades. Ejemplo:

El Capítulo de Subestructura comprende los subcapítulos de:

- Preliminares
- Fundaciones
- Desagües
- Sobrecimiento

Cada uno de estos subcapítulos, tiene un porcentaje de incidencia calculado con respecto al presupuesto del proyecto, al multiplicar cada uno de ellos por su valor en unidades y sumarlos, nos dará el resultado del subtotal o del capítulo, ejemplo:

Subestructura =

- Preliminares \* % de incidencia, +
- Fundaciones \* % de incidencia, +
- Desagües \* % de incidencia, +

- Sobrecimiento \* % de incidencia

Reiterando lo que antes se mencionó, se realiza entonces **para programado período, programado acumulado, ejecutado período y ejecutado acumulado**, todo en unidades.

### **6.) Totales en unidades:**

Para calcular los totales de programado y ejecutado, tanto en el período como en el acumulado en unidades, es igual a la sumatoria de todos los subtotaes o capítulos.

### **7.) Programado y ejecutado acumulado en porcentaje:**

Para calcular programado acumulado en porcentaje, y ejecutado acumulado en porcentaje, se realiza de igual forma como lo desarrollamos cuando calculamos el control de programación, por medio de las siguientes fórmulas:

Programado acumulado en porcentaje:

$$e = (b / X) * 100$$

estar a lo ejecutado acu

Ejecutado acumulado en porcentaje:

$$f = (d / X) * 100$$

Este proceso, se realiza para calcular todos los subcapítulos, los capítulos (subtotales), y los totales.

### **8.) Cumplimiento período y acumulado en porcentaje:**

Para calcular en el cuadro de resultados el cumplimiento período y el cumplimiento acumulado en porcentaje, se desarrolla de la misma manera como cuando se calculó en el control de programación, con las siguientes fórmulas:

Cumplimiento período en porcentaje:

$$g = (c / a) * 100$$

Cumplimiento acumulado en porcentaje:

$$h = (d / b) * 100$$

El proceso anterior, lo realizamos para todas los subcapítulos, los capítulos (subtotales) y los totales.

### **9.) Diferencia Ejecutado - Programado en porcentaje:**

Para el cálculo de la diferencia de lo ejecutado con respecto a lo programado, será restar a lo ejecutado acumulado en porcentaje, lo programado acumulado en porcentaje, en la fila de los totales del cuadro de resultados.

mo que se refiere a:

### **10.) Total período y Total acumulado:**

expresión matemática:

Para calcular el total período y el total acumulado gastado con respecto al presupuesto y según avance de obra, se toma cada uno con respecto al número de unidades ejecutadas totales.

Para valor gastado en el período será multiplicar el número de unidades ejecutadas totales, columna **c**, por el valor del presupuesto y dividirlo por el número total de unidades, **X**.

Para el valor gastado acumulado, multiplicar el número de unidades ejecutadas totales, columna **d**, por el valor del presupuesto y dividirlo por el número total de unidades, **X**.

El proceso anterior, los 10 pasos a seguir para la presentación final en un cuadro de resultados, los podemos ver a continuación en las Tablas Nrs. 49 (Formato de cálculo) y 50 (cuadro de resultados).

#### **9.5.4.3. Curvas de Control**

Cuando un proyecto se encuentra en desarrollo. Tiene que cumplir un programa que se refleja en la curva de avance físico programado y se van produciendo los acontecimientos reales, que son presentados a través de la curva de avance físico real.

Tabla Nr. 49

DESCRIPCION	Presupuesto (miles)	% incidencia	Programado Periodo	Programado Acumulado	Ejecutado Periodo	Ejecutado Acumulado
<b>SUBESTRUCTURA</b>	<b>11.690</b>					
Preliminares	1.850	100%				
localización y replanteo	1.200	65%	5	25	6	25
Nivelación y descapote	650	35%	5	24	6	25
<b>Fundaciones</b>	<b>7.930</b>	<b>100%</b>				
Excavación fundaciones	2.485	31%	5	23	6	22
Armado fundaciones	2.345	30%	5	22	3	22
Vaciado fundaciones	3.100	39%	4	21	3	21
<b>Desagues</b>	<b>1.460</b>	<b>100%</b>				
Excavación desagues	365	25%	4	23	5	20
Colocación tubería desagues	850	58%	4	23	5	20
Construcción CE + CI	245	17%	4	23	4	20
<b>Sobrecimientos</b>	<b>450</b>	<b>100%</b>				
Sobrec. + Impermeabilización	450	100%	4	20	4,5	20
<b>MAMPOSTERIA</b>	<b>18.995</b>					
<b>Mampostería 1er. nivel</b>	<b>8.635</b>	<b>100%</b>				
Mampostería interna 1er. nivel	5.890	68%	4	15	3	16
Mampostería fachada 1er. nivel	2.145	25%	4	15	3	16
Dinteles 1er. nivel	600	7%	4	15	4	16
<b>Mampostería 2do. nivel</b>	<b>10.360</b>	<b>100%</b>				
Mampostería interna 2do. nivel	6.150	59%	3	10	4	9
Mampostería fachada 2do. nivel	2.300	22%	2	9	4	8
Dinteles 2do. nivel	700	7%	2	8	4	8
Cuchillas	1.210	12%	2	8	4	8
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>15.455</b>					
<b>Losas</b>	<b>9.990</b>	<b>100%</b>				
Formado losas	1.200	12%	3	12	4	11
Armado losas	3.350	34%	3	12	4	11
Instalaciones sanitarias losa	235	2%	3	12	4	11
Instalaciones eléctricas losa	190	2%	3	12	4	11
Revisión + vaciado losa	4.560	46%	3	12	4	10
Fraguado + desencofrado losa	455	5%	2	10	3	9
<b>Dovelas</b>	<b>905</b>	<b>100%</b>				
Dovelas 1er. nivel	345	38%	4	15	5	16
Dovelas 2do. nivel	560	62%	3	10	4	9
<b>Escalas</b>	<b>2.010</b>	<b>100%</b>				
Gualderas escalas	210	10%	5	15	2	13
Inst. escalas prefabricadas	1.800	90%	4	14	2	12
<b>Vigas techo</b>	<b>2.550</b>	<b>100%</b>				
Vigas en bloque	1.900	75%	1	2	2	2
Cintas cuchilla	650	25%	1	2	2	2
<b>CUBIERTA</b>	<b>4.930</b>					
<b>Cubierta</b>	<b>4.930</b>	<b>100%</b>				
Almacén cubierta	2.100	43%	1	1	2	2
Colocación teja A.C.	2.230	45%	1	1	2	2
Colocación canoas y ruanas	600	12%	0	0	0	0
<b>INSTALACIONES</b>	<b>7.050</b>					
<b>Instalaciones eléctricas</b>	<b>4.450</b>	<b>100%</b>				
Inst. eléctricas 1er. nivel	1.800	40%	4	12	5	15
Inst. eléctricas 2do. nivel	1.900	43%	2	6	2,5	6
Inst. eléctricas por piso	750	17%	2	2	2	2
Instalaciones abasto	1.350	100%				

Inst. abasto	1.350	100%	4	8	6	7
Cerrajería	1.250	100%				
Inst. marcos	450	36%	2	2	3	3
Inst. ventanas	800	64%	1	1	2	2
<b>PISOS+ FORROS</b>	<b>5.085</b>					
<b>Pisos</b>	<b>3.885</b>	<b>100%</b>				
Entresuelo	650	17%	3	3	2	2
Arenilla piso 1er. y 2do. nivel	385	10%	2	2	1	1
Inst. baldosa 1er. y 2do. nivel	2.150	55%	0	0	1	1
Pisos baños	700	18%	0	0	1	1
<b>Forros</b>	<b>1.200</b>	<b>100%</b>				
Forros baños	550	46%	1	1,5	0	0
Forros cocina	650	54%	0	0	0	0
<b>ACABADOS</b>	<b>9.780</b>					
<b>Alas + chapas</b>	<b>900</b>	<b>100%</b>				
Alas + chapas	900	100%	1	1	0	0
<b>Vidrios</b>	<b>800</b>	<b>100%</b>				
Vidrios	800	100%	1	1	0	0
<b>Muebles especiales</b>	<b>1.860</b>	<b>100%</b>				
Col. poyo + lavadero	650	35%	1	1	0	0
Aparatos sanitarios	1.210	65%	0	0	0	0
<b>Inst. eléctricas</b>	<b>1.550</b>	<b>100%</b>				
Alambrado eléctrico	650	42%	1	1	0	0
Aparatos eléctricos	900	58%	0	0	0	0
<b>Pinturas</b>	<b>2.800</b>	<b>100%</b>				
Broncopintura cielos y muros	1.800	64%	1	1	0	0
Pintura cerrajería	1.000	36%	0	0	0	0
<b>Resanes + aseo</b>	<b>1.850</b>	<b>100%</b>				
Resanes finales	1.000	54%	1	1	0	0
Aseo	850	46%	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>72.965</b>					



Lo corriente es que ambas curvas sean distintas, ya que su coincidencia normalmente es fortuita, por tal razón entre ambas curvas habrá diferencias, que aportan antecedentes para la toma de decisiones.

En la figura Nr. 65, se muestra el control de avance físico del proyecto en la que aparecen la curva de avance programado y la curva de avance real.

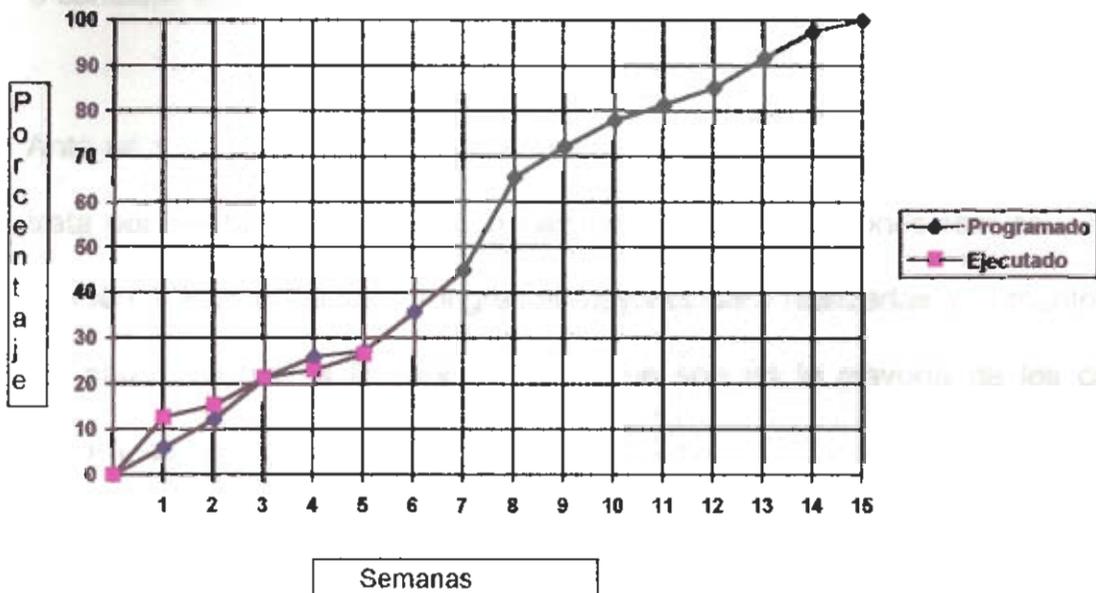
Cuando la curva real se encuentra por debajo de la programada, significa que el proyecto se encuentra atrasado en una magnitud igual a la diferencia entre el valor que toman ambas curvas en el período de control específico que se analiza. Y cuando la curva real se encuentra por encima de la programada, el proyecto se encuentra adelantado, en magnitud igual a la diferencia entre el valor de las curvas.

Para realizar entonces la gráfica de las curvas de control, debemos tomar los puntos de estas curvas, se presentan 2 opciones:

- La primera opción será tomar para la curva de avance físico programado, el valor calculado en el programado acumulado en porcentaje; para la curva del avance físico real, se tomará el dato calculado en ejecutado acumulado en porcentaje. Columnas e y f, del cuadro de resultados de la tabla Nr. 50, en la fila de cálculo de totales.

- La segunda opción es tomar para las curvas de avance físico programado y real, será tomar los datos calculados en programado acumulado y ejecutado acumulado en unidades, columnas **b** y **c**, en la fila de los totales del cuadro de resultados.

Figura Nr. 65



Las curvas de control de avance físico, programada y real, nos pueden mostrar atraso o adelanto, y permiten detectar el problema; queda pendiente es encontrar las soluciones para que el proyecto retorne a lo originalmente previsto, pues puede ser tan nocivo adelantarse demasiado, como atrasarse, pues se pueden estar desperdiciando recursos, si el adelanto es grande, o genera traumatismos al proyecto si va muy atrasado.

Cuando el programa muestra un atraso, que puede ser significativo para la marcha del proyecto, es importante determinar también las variables que lo están generando y a través de ellas, tomar las medidas que permitan superarlo. Un atraso generalmente se puede haber ocasionado por rendimientos menores, déficit de mano de obra, aumentos en especificaciones o cambios, suministros que no llegan a tiempo, etc.

Ante un atraso, no todos los factores tiene la misma importancia, ya que si se trata por ejemplo de aumento o cambio en especificaciones técnicas, éstos pueden ir acompañados de ingresos mayores para realizarlas y aumentos en los plazos, debido a las obras extras que son en la mayoría de los casos imposibles de prever.

Si se trata de un déficit de mano de obra, se deben revisar las cuadrillas especializadas de trabajo, si son las correctas o no, o si se están trabajando con los que originalmente se proyectó, entonces se debe entrar a subsanar el problema, cuidando que al aumento de mano de obra, no sature el espacio de trabajo y entonces sea más nocivo.

Si se trata de rendimientos, el problema entonces será más grande, ya que este problema sólo es posible resolverla con una mayor cantidad de recursos, que pueden en cierta forma generar una pérdida económica para el proyecto, y

de no haber mejoría en ellos, se puede volver casi que imposible, recuperar el tiempo perdido en la ejecución y cumplir los objetivos propuestos en el proyecto.

No siempre que un control muestre un atraso, se deben aumentar los recursos para superarlo, se deben analizar entonces todos los factores que intervienen, y con evaluaciones precisas de todos éstos presentar las propuestas para que se puedan tomar decisiones sobre el programa, ya que un atraso al inicio del proyecto se puede lograr superar con facilidad; pero si es al mediar la obra o hacia el fin de la misma, normalmente requiere mayores recursos que nos generan altos costos para recuperar el tiempo.

En términos generales es bueno en la mayoría de los casos contar con un adelanto en el programa de obra, porque nos puede permitir flexibilidad sobre futuros imprevistos y que éstos se puedan superar sin afectar el tiempo total del proyecto.

No obstante, al igual que el atraso de obra, el adelanto se debe analizar desde el punto de vista de las variables que lo determinan, pues puede estar generando gastos innecesarios de recursos. Un adelanto puede deberse a cantidades de obra reales menores a las previstas y podemos estar sobredimensionando recurso de maquinaria, mano de obra, materiales, etc. Si

se debe a mejores rendimientos, el adelanto se traducirá en ventaja y beneficio para el proyecto. Es importante entonces al plazo involucrarle la variable costo, porque puede el adelanto estar generando un aumento a los gastos presupuestados.

Concluyendo, es importante analizar profundamente los datos que se presentan en los cuadros de control, y hacer del control, una herramienta fundamental en la administración de proyectos, para que vayan en beneficio de ésta, en la medida en que se constituya en apoyo al desarrollo del programa.

**BIBLIOGRAFIA**

ALONSO SEBASTIAN, Ramón. Técnicas de programación y control de proyectos. Universidad Politécnica de Madrid. 1996.

HED, Sven R. Manual de planificación y control de proyectos. 1981.

MEJIA ESCOBAR, Edgar. Apuntes básicos de programación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1982.

*MICROSOFT CORPORATION. Microsoft Project. Sistema de planificación de proyectos. Manual del usuario.*

SANCHEZ A, Javier Ignacio. Introducción a los métodos de ruta crítica PERT y CPM. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2 ed. 1987.

**SANTANA LARENAS, Gerardo.** Planificación y control de obras de construcción.

Paraninfo S.A. Madrid. España. 1988.

**SILVA FAJARDO, Alvaro.** Organización, programación y control de obras. Centro

Colombiano de la Construcción.

**ZEA GOMEZ, Jairo A.** Curso básico de Winproject. Memorias. Medellín. 1994.