

Resources and Scheduling

Lecture 7

Agenda

- Scheduling with Activity-on-Arrow Networks
 - Analysis of an Activity-on-Arrow Network
 - Determining the Critical Path of a Software Project
- Resources and Scheduling
 - Time-Limited Scheduling
 - Resource-Limited Scheduling

Analysis of an Activity-on-Arrow Network

Análisis de la Red

- Una vez que la red ha sido dibujada y a cada actividad se le ha asignado una duración estimada, se necesita calcular el **earliest time** -lo más temprano- que podemos llegar a un nodo.
- Luego, necesitamos conocer el **latest time** -lo más tarde- que un nodo puede ser alcanzado.
- En general cada nodo estará asociado con dos tiempos, el **earliest time** y el **latest time**.

Análisis de la red

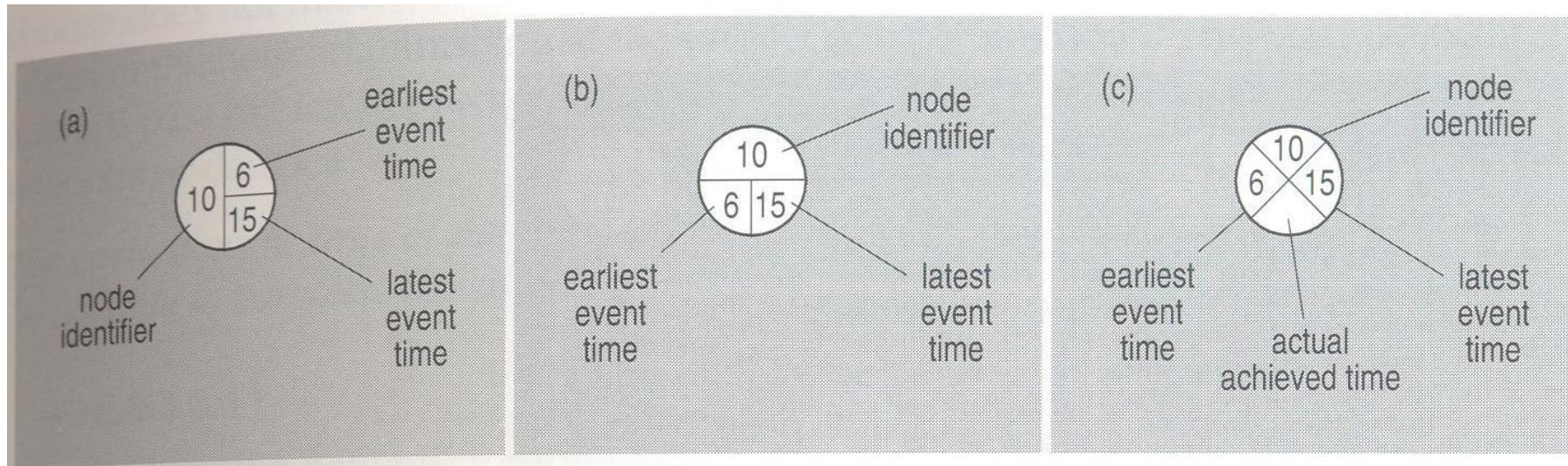


FIGURE 3.14 Using compartments in a node: (a) British Standard 6046; (b) a common arrangement; (c) four compartments

Análisis de la Red

- El *earliest event time* es lo más pronto que un nodo puede ser alcanzado.
- El *latest event time* es lo más tarde que un nodo puede ser alcanzado si el proyecto debe ser completado a tiempo.

Calculating the Earliest Event Time

Calculando Earliest Event Times

- El cálculo del earliest event time para cada nodo es hecho a través del ***forward pass*** a través de la red, iniciando desde el **único nodo de inicio** y terminando en el **único nodo de terminación** del proyecto.
- El ***earliest event time*** en cada nodo es el tiempo en el cual cada actividad predecesora ha sido completada.

Calculando Earliest Event Times

EXAMPLE 3.3 A forward pass

This example performs the forward pass for the network of Figure 3.15. (You may find it helps to use a pencil to fill in the numbers as we go.)

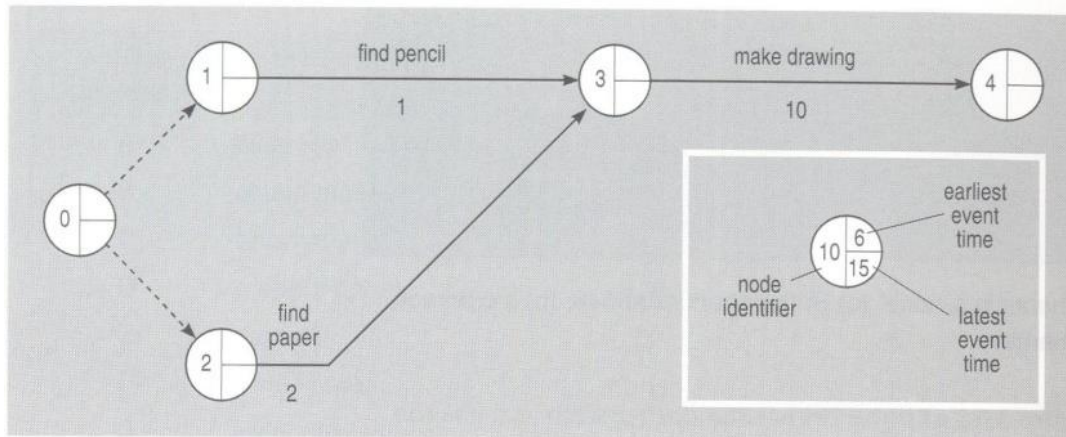


FIGURE 3.15 Ready to start the forward pass

We start with the project start node which has been identified as node 0. As we have not been asked to start the project at a particular time we assume that it will start at time = 0 so we fill in its earliest start time as 0. The dummy activities 0–1 and 0–2 take zero time, so the earliest event times of both these nodes can also be filled in immediately as 0. Now you must select Node 3 as the only node for which all data are available. The earliest time corresponds to the completion of *both* the activities leading to it, that is taking the longer of the two times. The earliest event time will be 2 because it takes longer to find paper than it does to find the pencil. Finally Node 4 has an earliest time 12, calculated from the earliest event time for Node 3 plus the duration of Activity 3–4. The earliest time at which this project can be completed is therefore 12. This completes the forward pass. The result is shown in Figure 3.16.

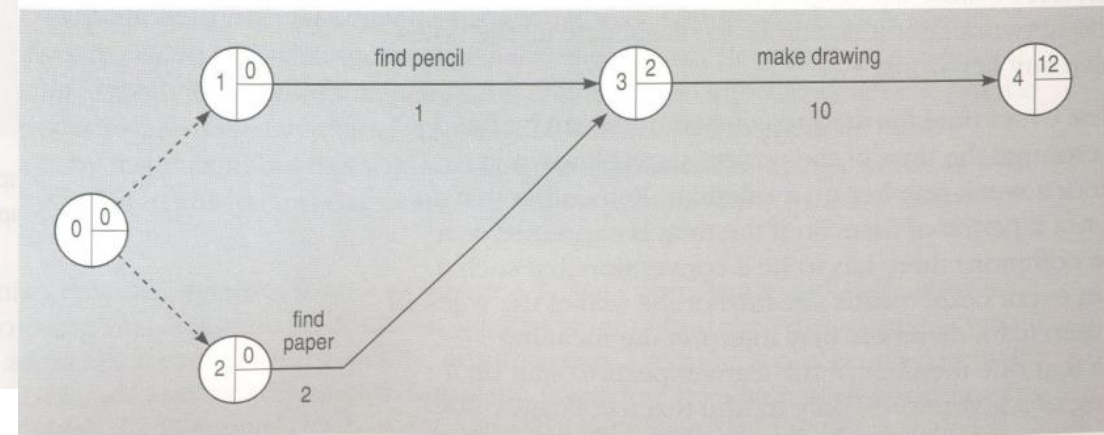
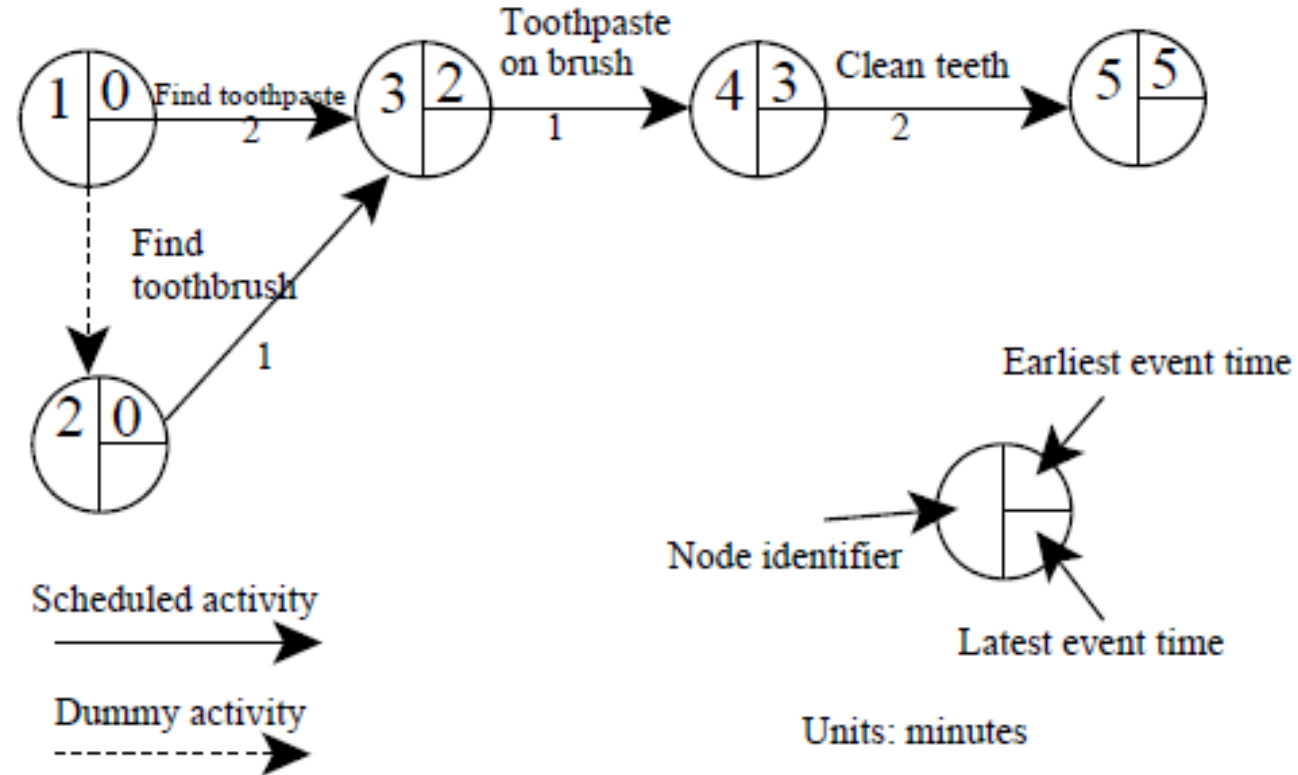


FIGURE 3.16 After the forward pass

Calculando Earliest Event Times



Calculation of the Latest Event Time

Calculando Latest Event Times

- Estos tiempos son calculados en el ***backward pass***.
- Indica cuan rápido el proyecto puede ser terminado.
- Sin embargo, dada una fecha de fin, no solo estamos interesados en saber cuán rápido un proyecto puede ser terminado sino también lo más tarde que cada evento puede ocurrir si el proyecto debe ser terminado en esa fecha.

Calculando Latest Event Times

EXAMPLE 3.4 A backward pass

Consider Figure 3.16 once more. Let's suppose that we will be satisfied if the drawing project is completed within 15 minutes. Setting the required latest project completion time at 15 means entering a latest event time for Node 4 of 15. Working backwards through the network selecting available nodes in turn yields a latest time for Node 3 of $15 - 10 = 5$ and so on for the other nodes. The result appears in Figure 3.17.

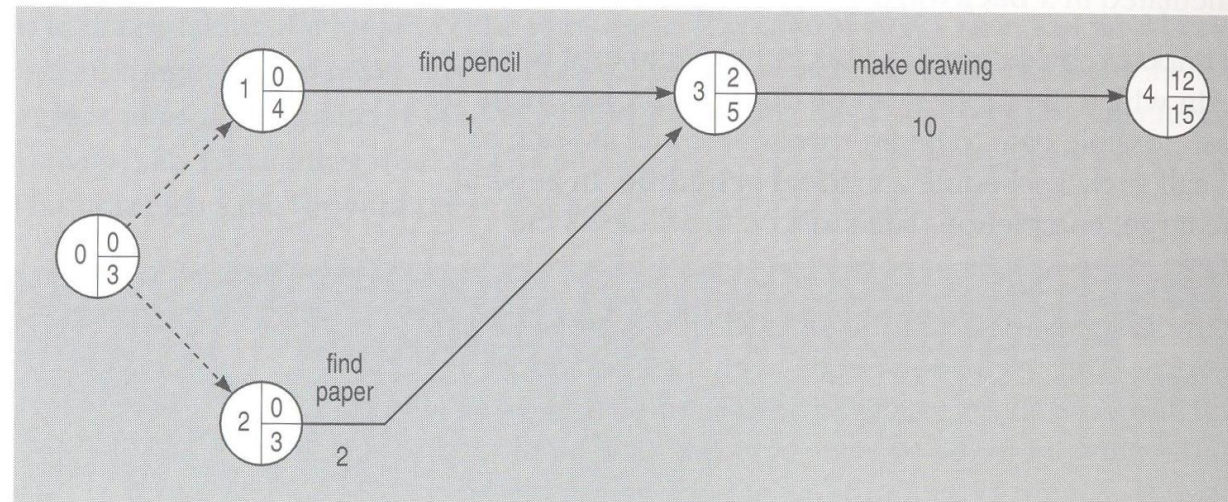
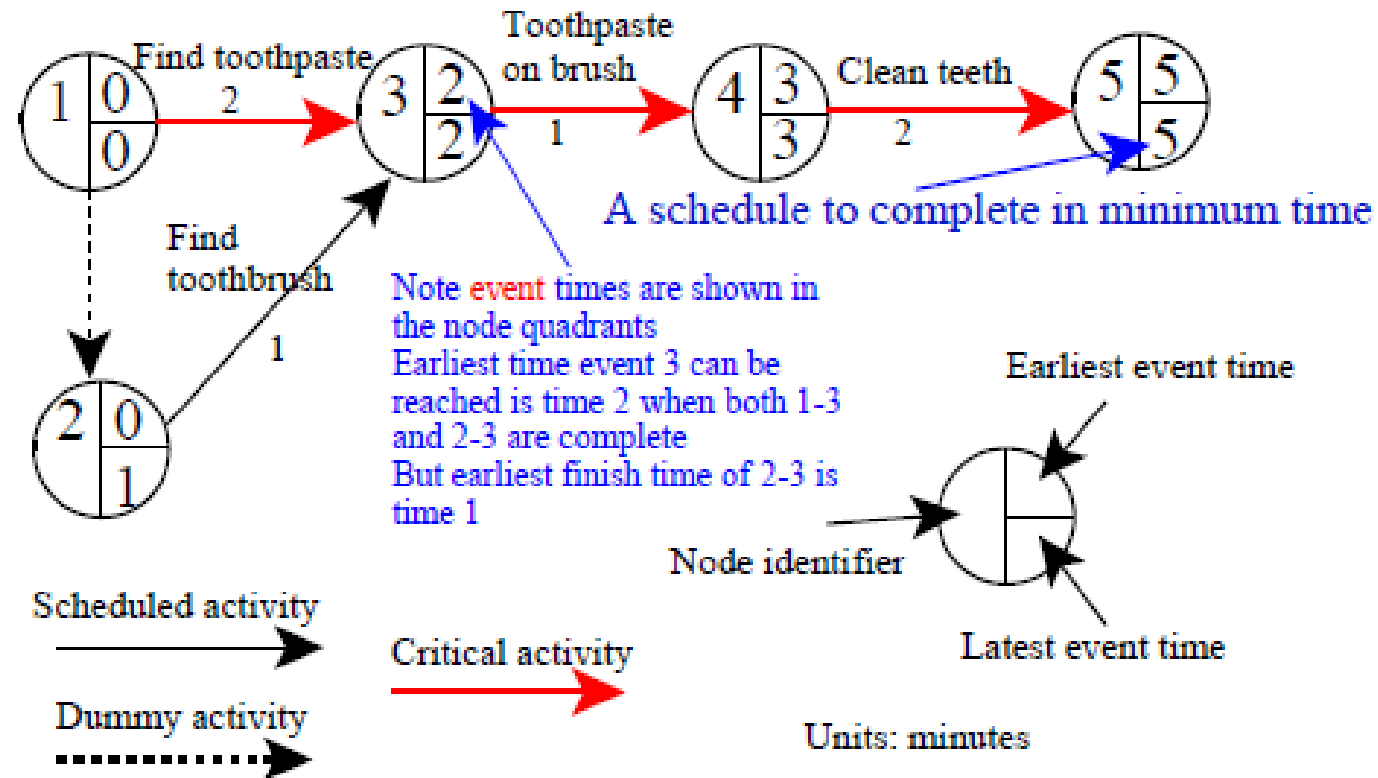
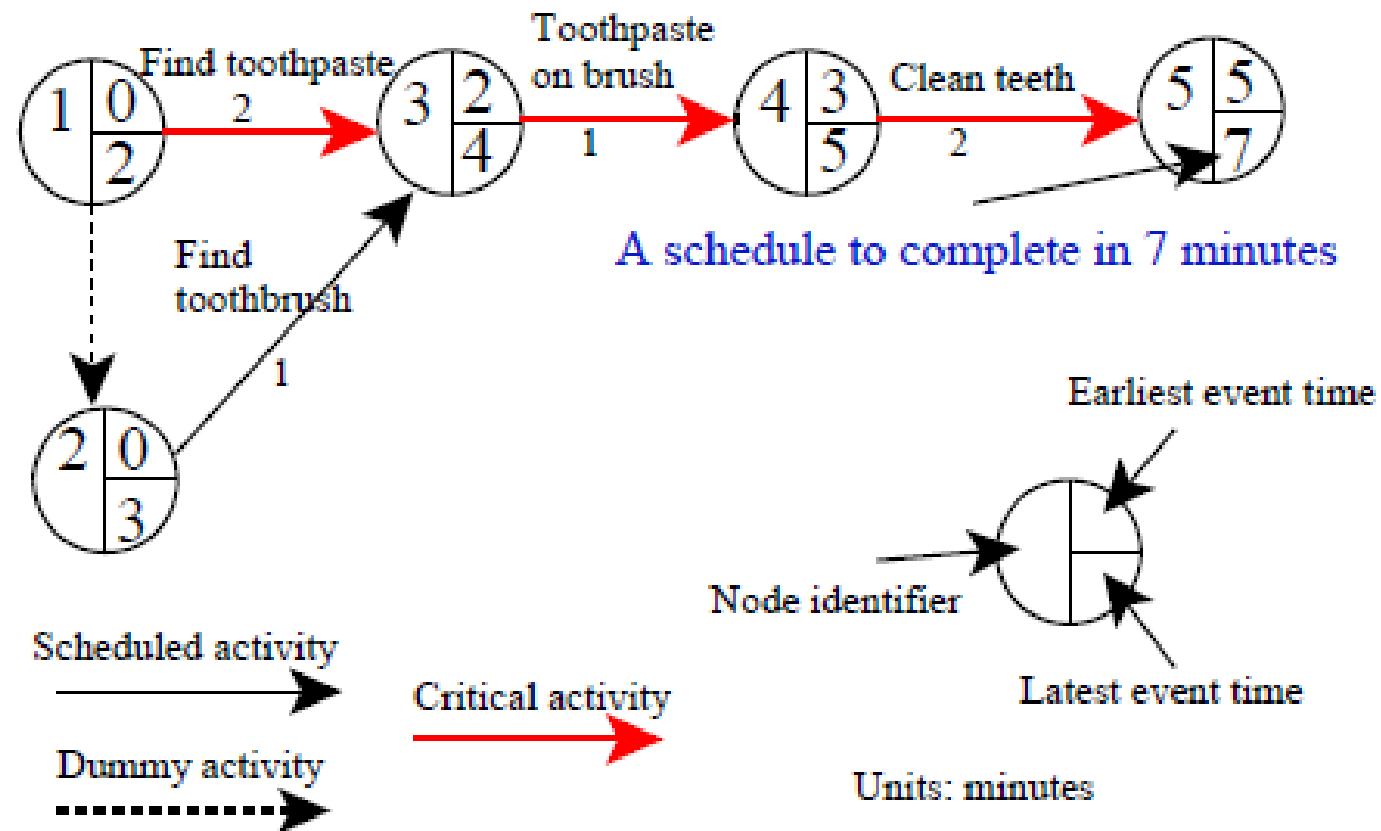


FIGURE 3.17 The drawing project analysed

Calculando Latest Event Times



Calculando Latest Event Times



Critical Path

Calculando EST, EFT, LST, LFT

- **EST (Earliest Start Time)**
 - es el earliest event time del nodo de inicio
- **EFT (Earliest Finish Time)**
 - es el earliest event time del nodo de inicio + duración
- **LST (Latest Start Time)**
 - es el latest event time del nodo de fin - duración
- **LFT (Latest Finish Time)**
 - es el latest event time del nodo de fin

Float y Critical Path

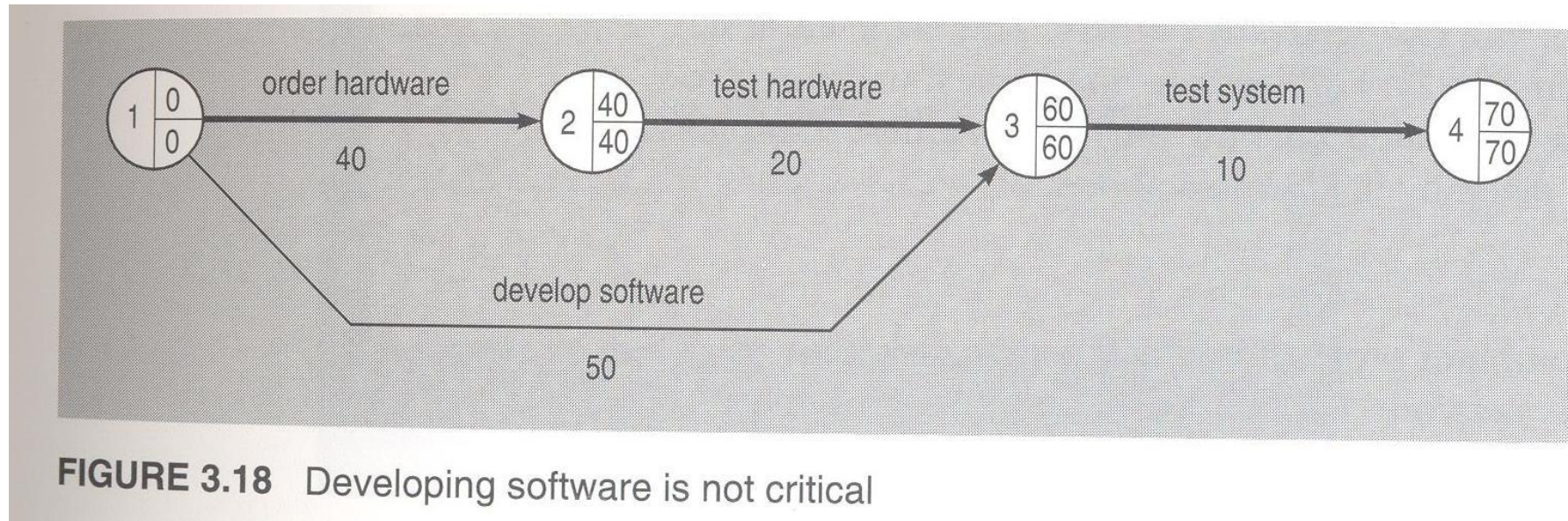
- Algunas actividades podrían incrementar su duración y aún así el proyecto podría completarse en la fecha establecida. Se dice que esas actividades tienen *float*.
- Float es el exceso de tiempo disponible en una actividad al de su tiempo estimado de duración.
- **Path float** o **total float** es el tiempo que una actividad se puede expandir o retrasar su inicio y el proyecto aún se cumplirá en la fecha establecida.

Float y Critical Path

- **Total float = latest time of finish event - earliest time of start event - duration**
- En el ejemplo, la actividad buscar un lápiz tiene un float de 4 minutos: 5-0-1
- Path es cualquier secuencia de actividades que podrían ser descritas siguiendo las flechas de actividades desde el inicio al final del proyecto.

Float y Critical Path

- El ***critical path*** es el path con menos float.



Activity-on-Arrow Network

Consider a project to install a new office system with activities specified as follows:

TABLE 3.4 Installing a new office system

Activity identifier	Description	Staff	Duration (weeks)	Prerequisites
A	prepare offices	2	12	—
B	procure equipment	2	8	—
C	design tests	1	5	—
D	install equipment	4	10	A and B
E	test system	3	10	C and D
F	train users	1	5	A and B

Activity-on-Arrow network

- La red para el proyecto sería:

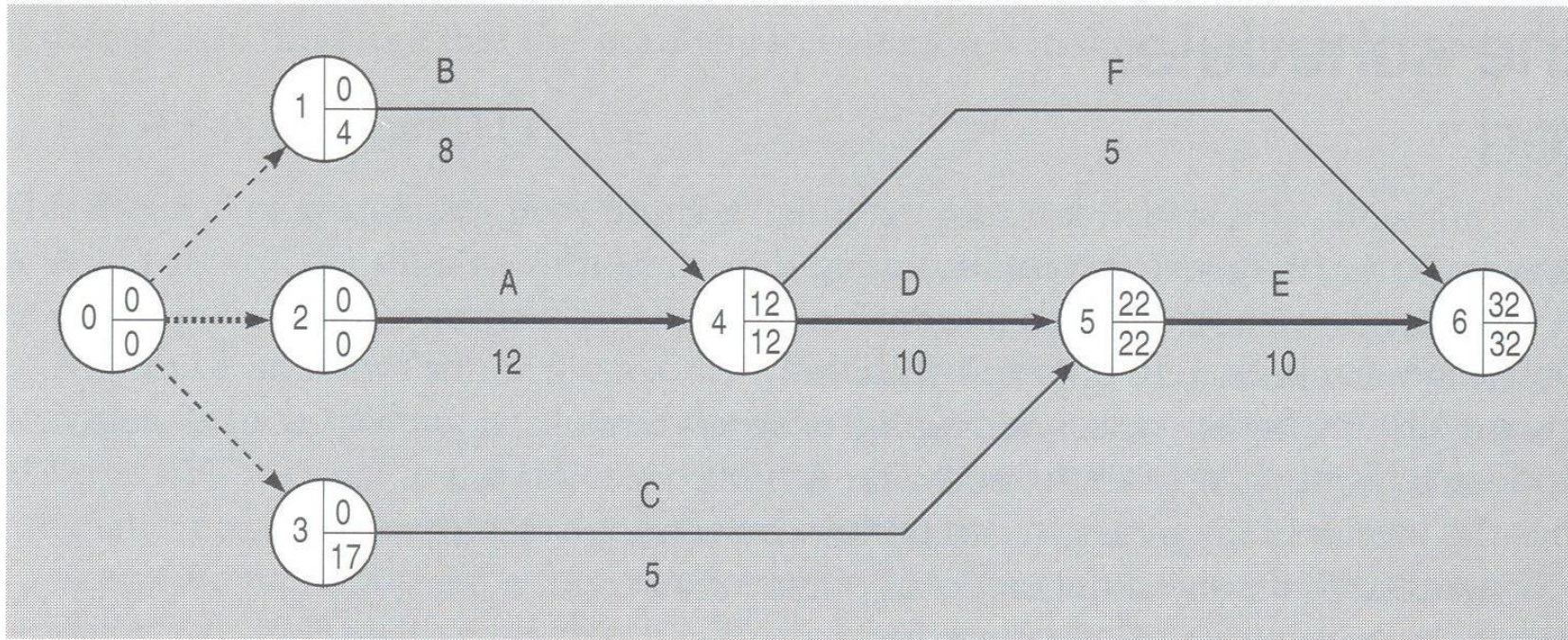


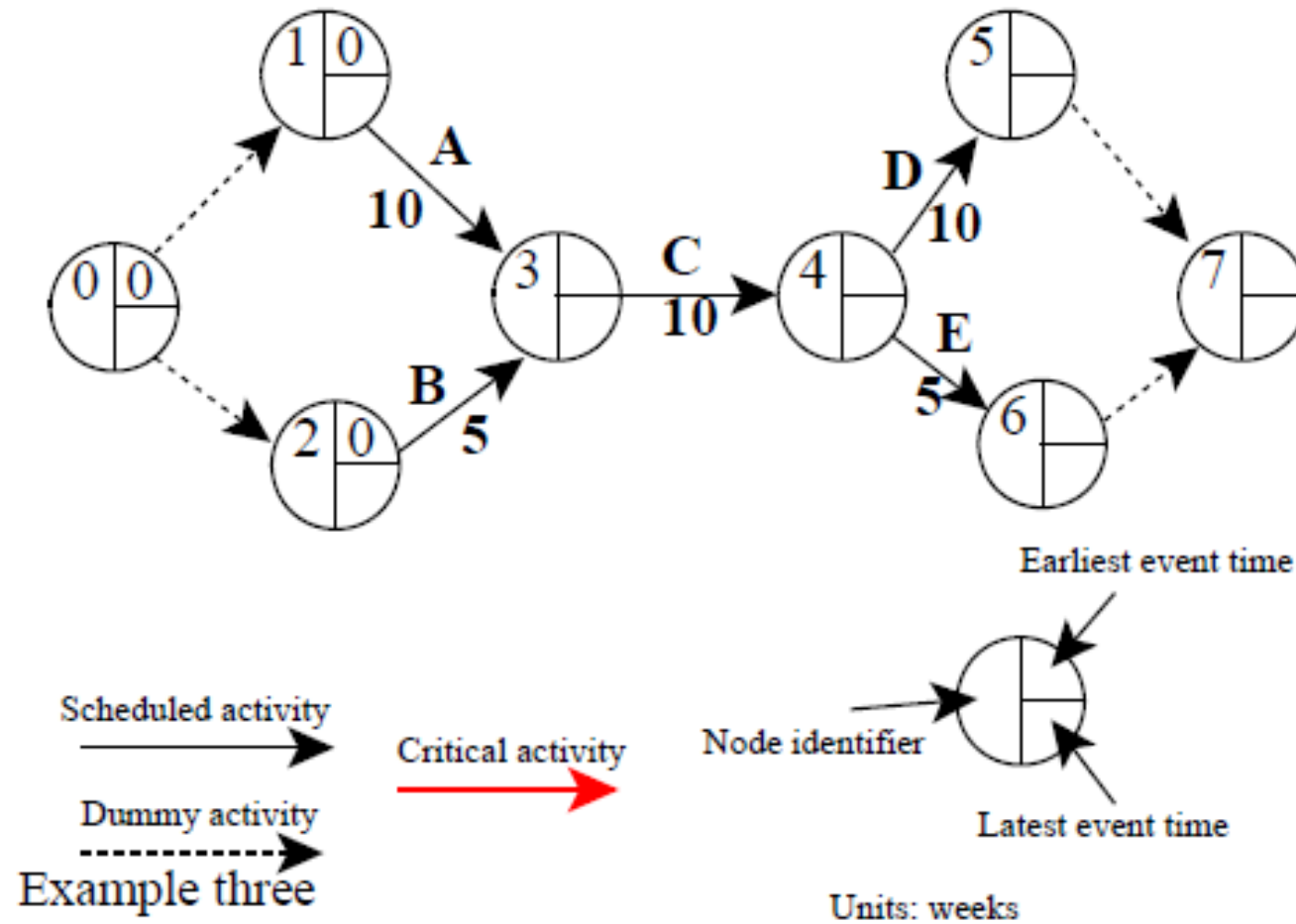
FIGURE 3.26 A network for a new office system

More Examples

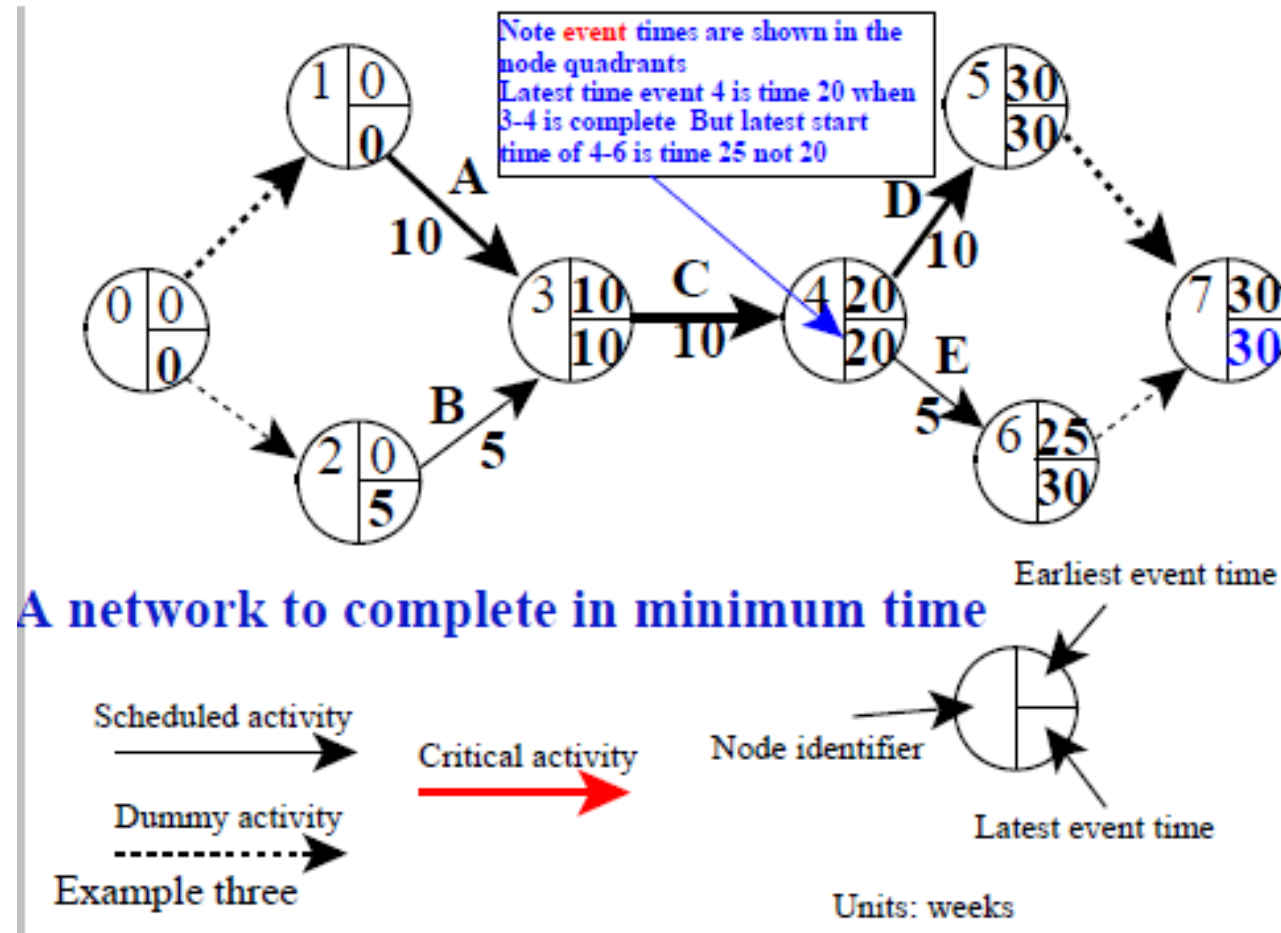
Tabla de datos de actividades Ejemplo 5

Actividad	Duración (semanas)	Dependencia con	Personas
A	10	Ninguna	1
B	5	Ninguna	2
C	10	A y B	2
D	10	C	1
E	5	C	1

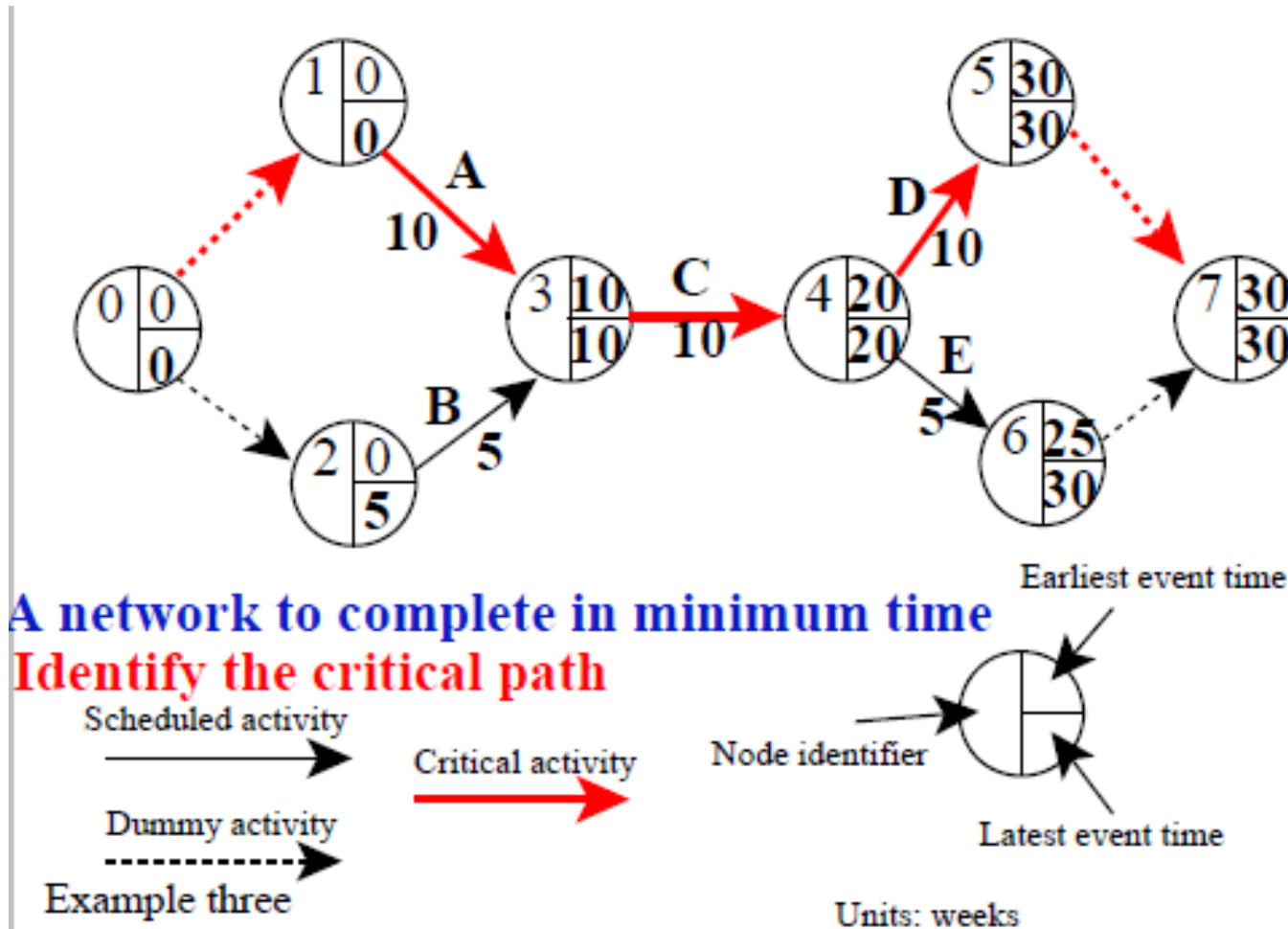
Activity-on-Arrow Networks Ejemplo 5



Activity-on-Arrow Networks Ejemplo 5



Activity-on-Arrow Networks Ejemplo 5

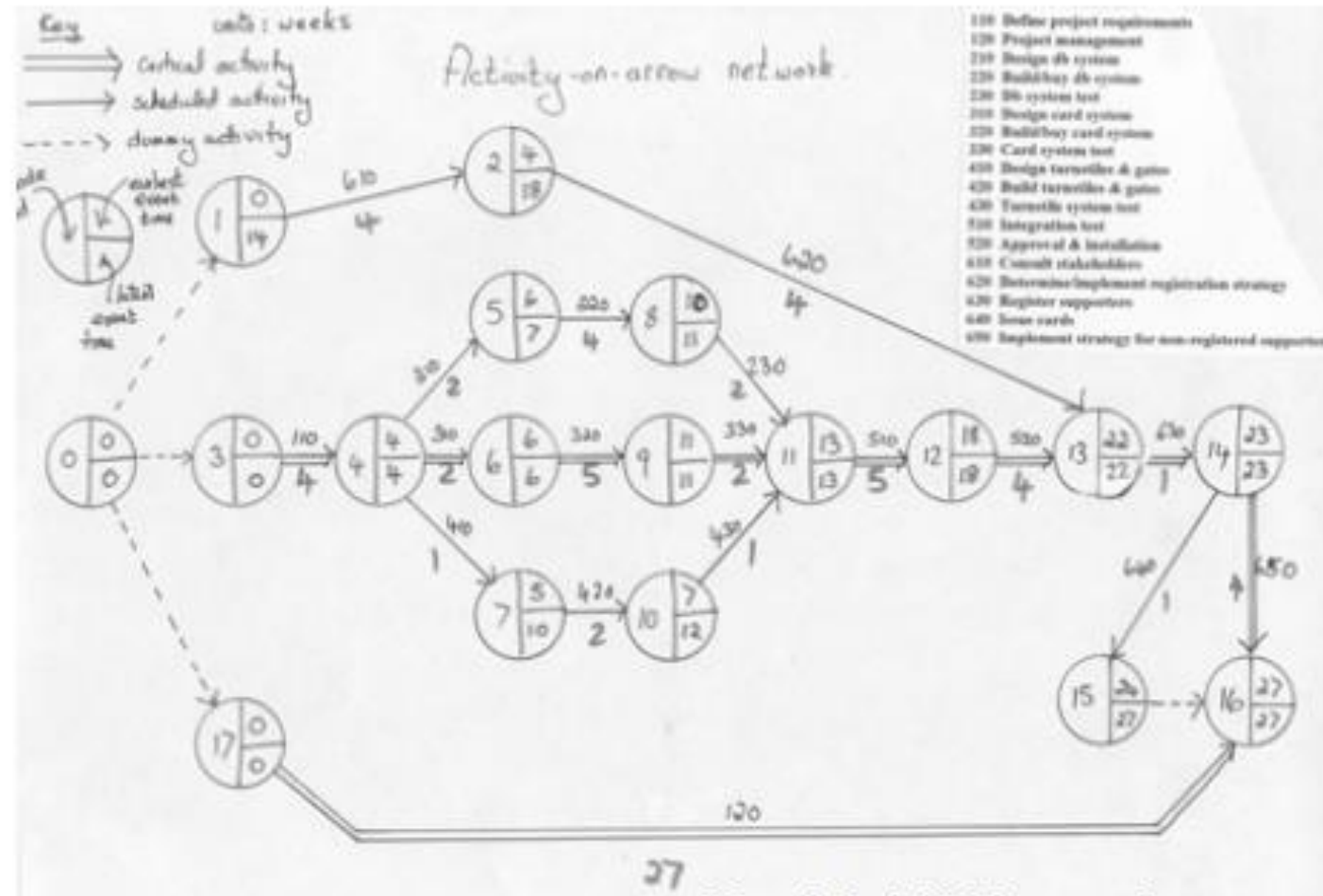


Activity-on-Arrow Networks Ejemplo 5

- Tabla de análisis para la red

	EST	EFT	LST	LFT	FLOAT
A	0	10	0	10	0
B	0	5	5	10	5
C	10	20	10	20	0
D	20	30	20	30	0
E	20	25	25	30	5

Una red completa



Resources and Scheduling

Resources and Scheduling

- En la mayoría de los proyectos **la disponibilidad de recursos es limitada**: incluyendo diseñadores, ingenieros, vendedores, instalaciones compartidas e incluso el flujo de caja.
- En vista que los recursos son finitos sería necesario **programar las actividades** no lo más pronto posible sino en el momento que se haga un mejor uso de los recursos disponibles.

Resources and Scheduling

- Existen dos escenarios posibles:
 - El caso de recursos ilimitados en un tiempo de duración fija para el proyecto.
 - El caso de recursos limitados pero en un tiempo de proyecto flexible.
- En la primera situación es vital **cumplir la fecha de entrega** del proyecto.
 - Por lo tanto el director de proyecto puede contratar personal adicional, pagar sobretiempo, contratar servicios, rentar instalaciones y lo que sea necesario para cumplir la fecha.
- En la segunda situación el director de proyectos **no puede contar con más personal**, ni pagar horas extras, ni contratar más servicios.
 - Por lo tanto estas limitaciones podrían prolongar la fecha de entrega.

Resources and Scheduling

- La primera situación se conoce como **time-limited scheduling**.
- La segunda se denomina **resource-limited scheduling**.
- Si el director de proyecto tiene que enfrentar ambos tipos de limitaciones, se deberá realizar primero un enfoque y luego el otro; intentando buscar una solución compatible.
 - Caso contrario, se deberá negociar opciones de factibilidad con el cliente.

Resources and Scheduling

Consider a project to install a new office system with activities specified as follows:

TABLE 3.4 Installing a new office system

Activity identifier	Description	Staff	Duration (weeks)	Prerequisites
A	prepare offices	2	12	—
B	procure equipment	2	8	—
C	design tests	1	5	—
D	install equipment	4	10	A and B
E	test system	3	10	C and D
F	train users	1	5	A and B

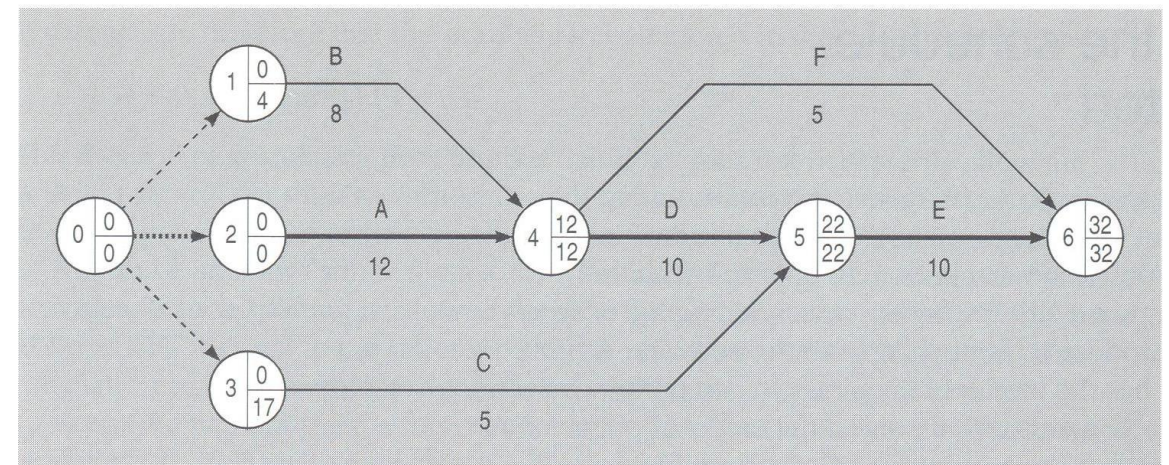


FIGURE 3.26 A network for a new office system

Time-limited Scheduling

Time-limited Scheduling

- Los objetivos de la programación en una situación con limitaciones de tiempo son:
 - Calcular los requerimientos de **recursos** de tal manera que puedan estar **disponibles en el momento indicado**.
 - Programar cada actividad para que la carga de recursos sea tan fluida (nivelada) como sea posible.
- Se denomina **resource smoothing**. Aunque se asume que los recursos son infinitos en una programación limitada por tiempo.

Time-limited Scheduling

TABLE 3.5 Staff required for each activity

Activity identifier	Description	Staff	Duration	Earliest start time	Float	Latest finish time
A	prepare offices	2	12	0	0	12
B	procure equipment	2	8	0	4	12
C	design tests	1	5	0	17	22
D	install equipment	4	10	12	0	22
E	test system	3	10	22	0	32
F	train users	1	5	12	15	32

Time-limited Scheduling

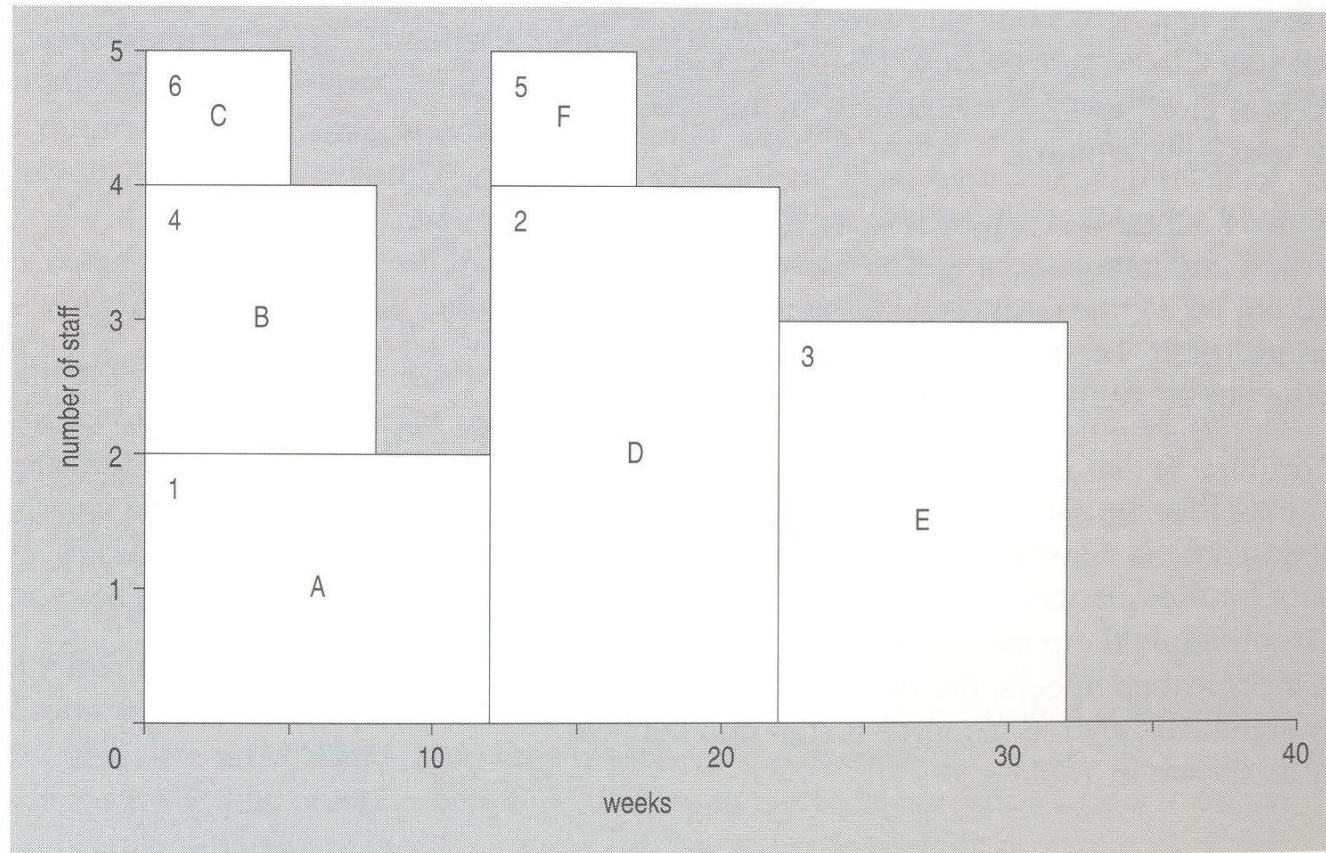


FIGURE 3.28 Initial resource loading chart. Note: the numbers in the top left-hand corner of each block of work show the order in which that block was scheduled.

Time-limited Scheduling

- Los pasos para producir un time-limited schedule son:
 1. Elaborar un diagrama de red de actividades
 2. Elaborar una tabla mostrando para cada actividad el recurso requerido, la duración, EST, float y LFT.
 3. Listar las actividades en orden creciente de float (y en orden de latest finish time para las actividades con el mismo float)
 4. Grafique un initial resource loading chart con cada actividad programada a su earliest start time. **Esto produce un diagrama con las actividades más críticas abajo y las que tienen mayor float arriba.**

Time-limited Scheduling

- Continuación de pasos:
 5. Reordenar las actividades dentro de su float para alcanzar un cuadro tan nivelado como sea posible dentro de las “*reglas*” (es decir, la duración de las actividades no debe ser cambiada en este paso y las dependencias deben ser preservadas)
 6. Use su criterio para interpretar y mejorar la carga por medio del cambio de “*reglas*” (esto es, replantear dependencias y considerar sobretiempo trabajando en el pico).

Time-limited Scheduling

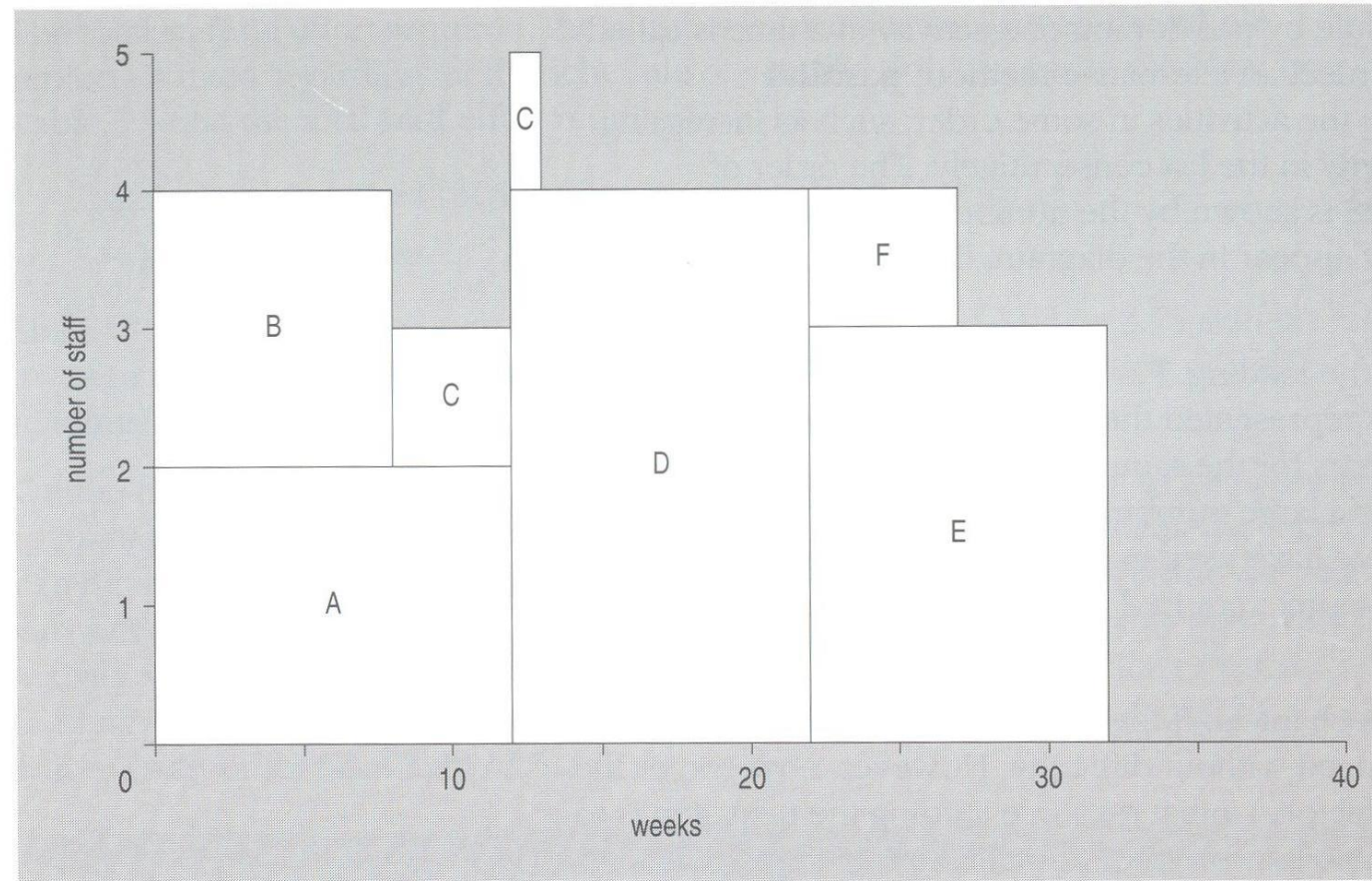
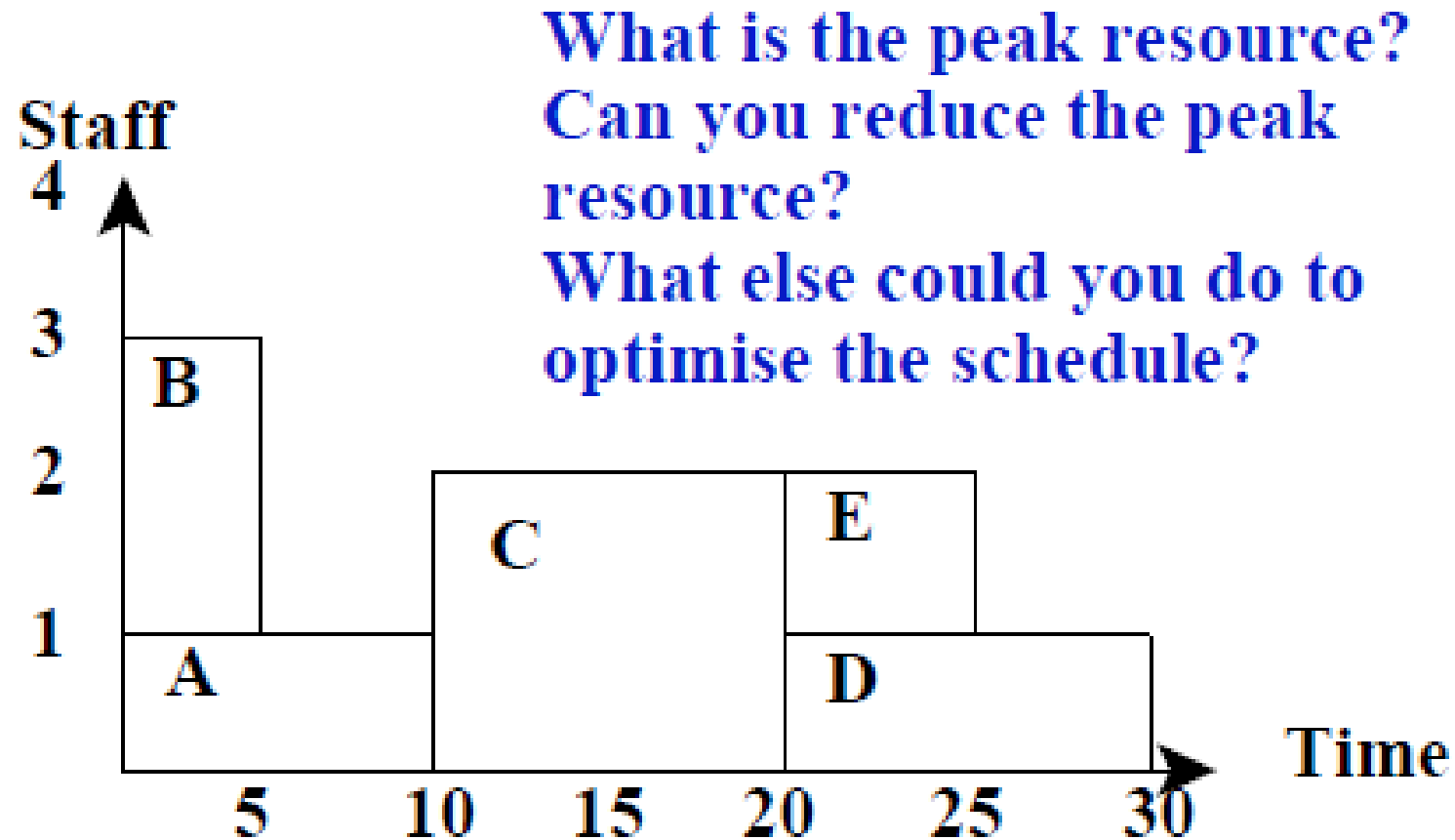
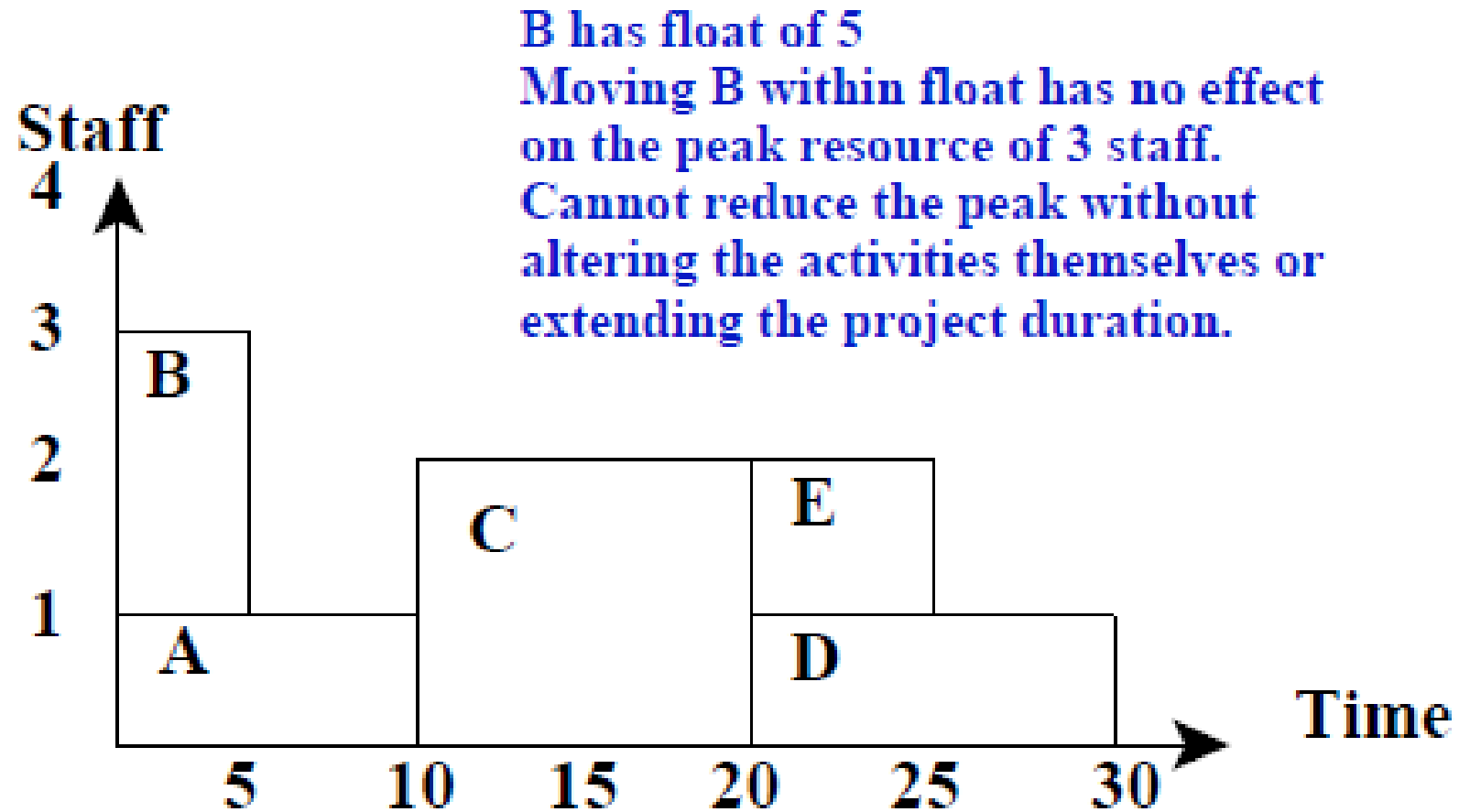


FIGURE 3.29 A smoother loading chart

Time-limited Scheduling Ejemplo 3



Time-limited Scheduling



Resource-limited Scheduling

Resource-limited Scheduling

- **Time-limited scheduling: límite fijo de tiempo**
- **Resource-limited scheduling** es el punto de vista opuesto: debemos ajustar la asignación de recursos con un **límite fijo de recursos**.
- A diferencia del time-limited scheduling, resource-limited scheduling hace uso de conjunto elemental de reglas.

Resource-limited Scheduling

- **Parallel scheduling** [programación en paralelo] es un método de scheduling en el cual las actividades elegibles son consideradas en paralelo.
- **Serial scheduling** [programación serial] es un método de scheduling que considera cada actividad en algún orden predefinido; por ejemplo en orden creciente de float.

Resource-limited Scheduling

- Reglas elementales:
 - **Regla 1:** De entre las actividades elegibles seleccione primero la actividad que tiene el *earliest date* para el **latest start time**. Si varias actividades elegibles tienen el mismo latest start time entonces seleccione primero la que tenga la menor duración. Si aún hay dos o más, entonces otros distintivos tales como escoger la actividad con el mayor requerimiento de recursos podría seguir.

Resource-limited Scheduling

- **Regla 2:** Siempre continuar con una actividad que ya ha sido iniciada hasta que haya sido completada, es decir, actividades no pueden ser interrumpidas.
- **Regla 3:** Nunca permitir a un recurso estar desocupado si hay una actividad elegible que puede ser iniciada.
- **Regla 4:** Una actividad no puede ser iniciada solo con recursos parciales.

Resource-limited Scheduling

TABLE 3.7 Data for each office installation activity

Activity identifier	Activities depended on	Staff	Duration	LST	Float	LFT
A	none	2	12	0	0	12
B	none	2	8	4	4	12
C	none	1	5	17	17	22
D	A and B	4	10	12	0	22
E	C and D	3	10	22	0	32
F	A and B	1	5	27	15	32

Resource-limited Scheduling

TABLE 3.8 Parallel scheduling for the office installation

Time	Free staff	Eligible activities in LST order			Comment
		Activity	Staff	LST	
0	4	A	2	0	accept
		B	2	4	accept
		C	1	17	insufficient staff
8	2	C	1	17	accept
12	3	D	4	12	insufficient staff
		F	1	27	accept
13	3	D	4	12	insufficient staff
17	4	D	4	12	accept
27	4	E	3	22	accept

Resource-limited Scheduling

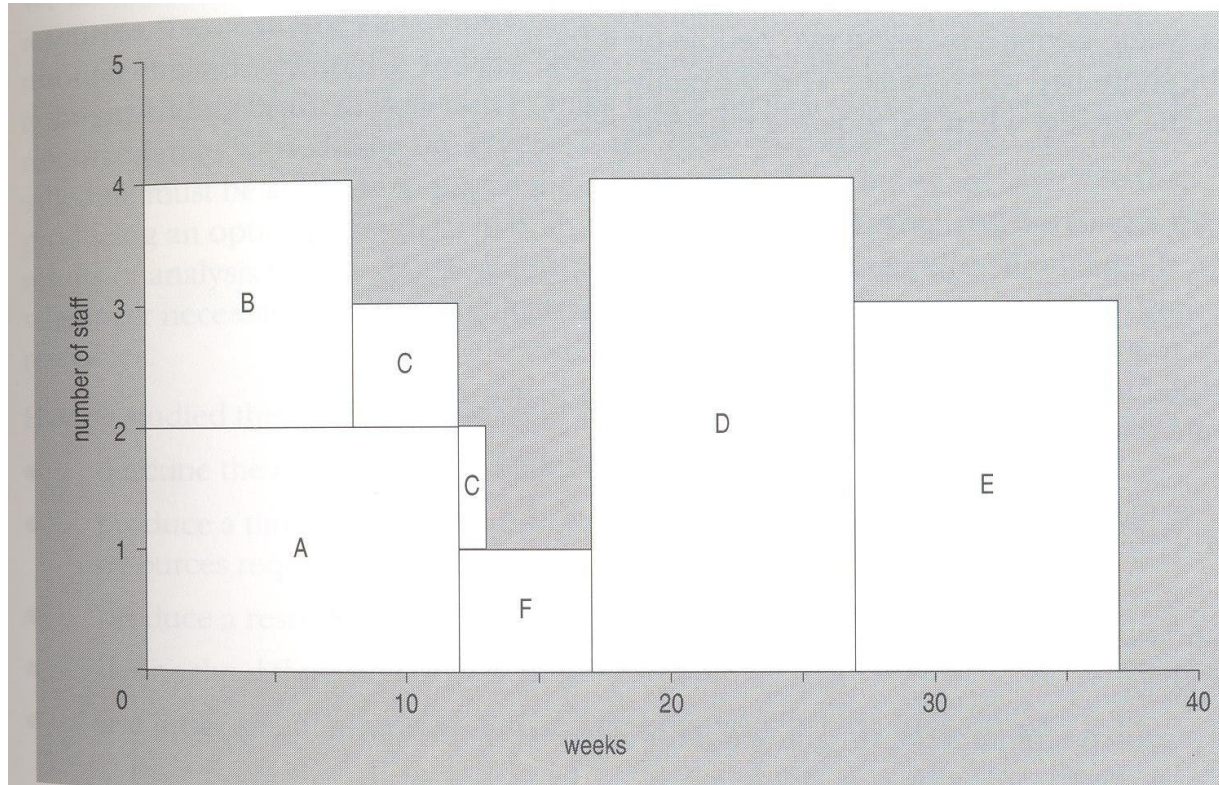


FIGURE 3.30
Schedule produced by the
parallel scheduling rules

Resource-limited Scheduling

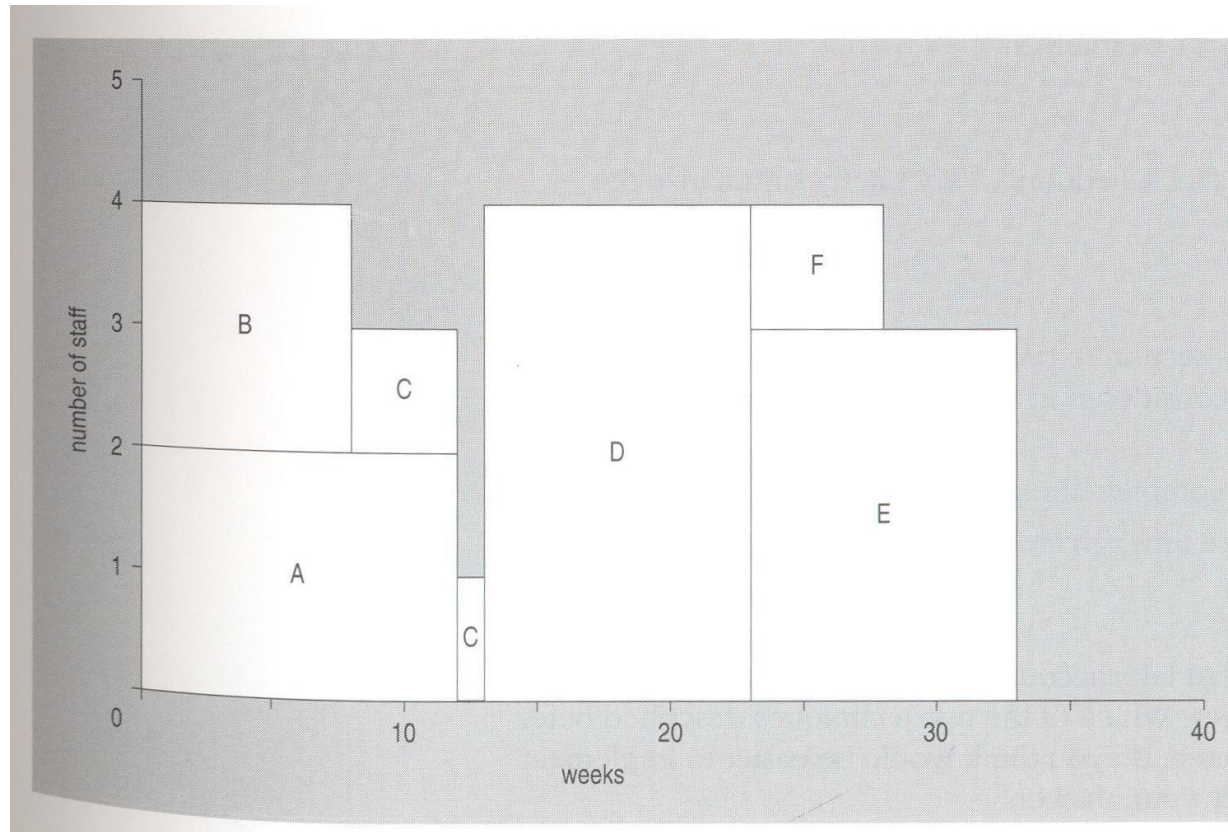
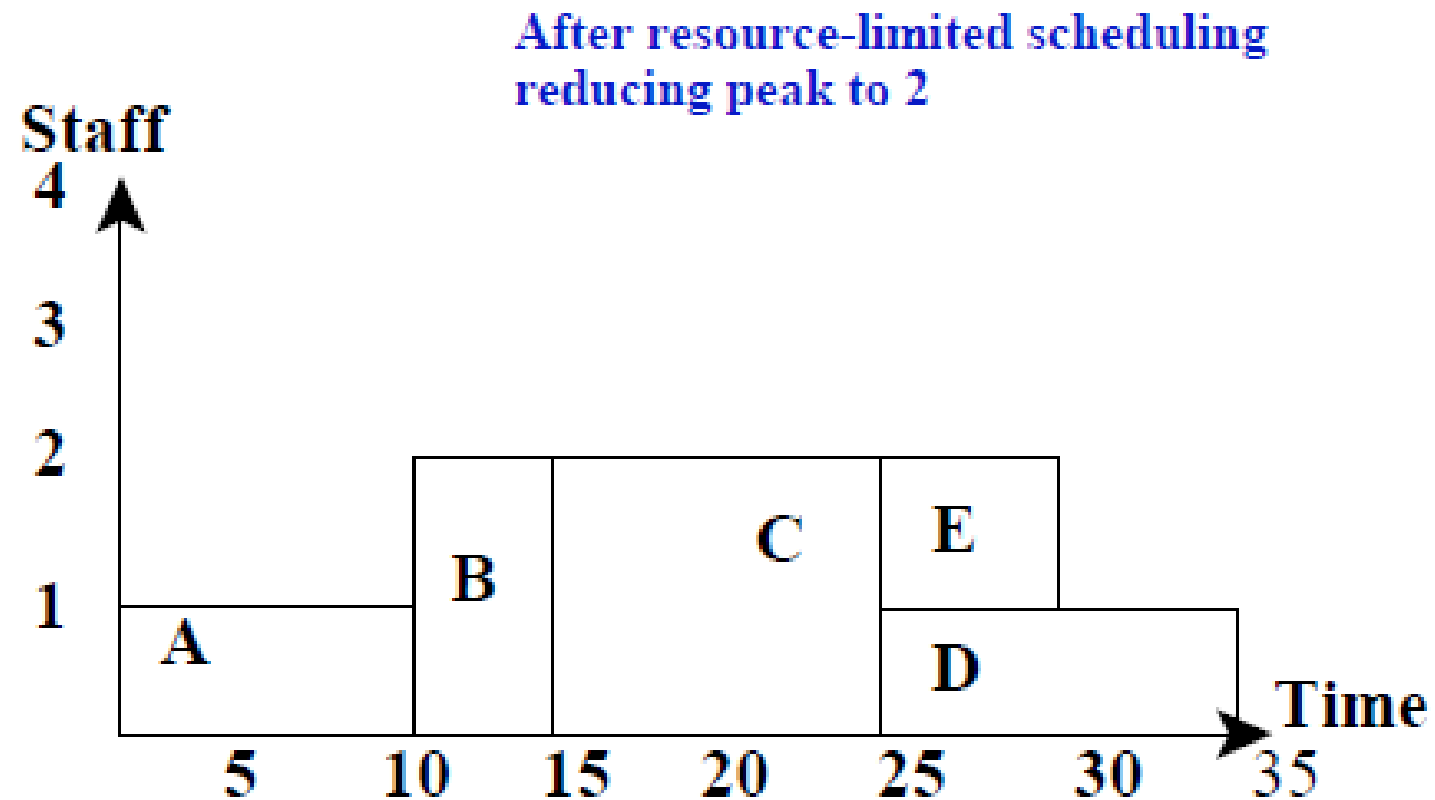


FIGURE 3.31 Resource-limited loading chart with strict limit of four staff

Resource-limited Scheduling

Tiempo	Personas libres	Actividades elegibles en orden de LST	Personas	LST	Comentarios
0	2	A	1	0	Aceptar regla 1
	1	B	2	5	Personas insuficientes regla 4
10	2	B	2	5	Aceptar regla 1
15	2	C	2	10	Aceptar regla 1
25	2	D	1	20	Aceptar regla 1
	1	E	1	25	Aceptar regla 1

Resource-limited Scheduling



Next On

Take Away Points

- Las actividades van en las flechas
- Los eventos van en los nodos
- Earliest event time y Latest event time
- *Identificar unidades y convenciones en los gráficos*
- *Utilizar el menor número de actividades dummies*
- Time-limited vs. Resource limited scheduling
- Las reglas del resource-limited scheduling
- La reducción del recurso pico

Further Reading

- Field and Keller, “Project Management”
 - Chapter 3: Planning

Next Lecture

- Software size and estimation