

## DIAGRAMA DE GANTT y PERT.

### INDICE

INTRODUCCION .....	1
CONTENIDO .....	2
Características .....	2
Construir un diagrama de Gantt:.....	2
Ejemplo.....	3
PERT Y CPM.....	5
Ejemplo: Aplicación P.E.R.T. ....	7

### INTRODUCCION

#### Diagrama de Gantt:

Los cronogramas de barras o "gráficos de Gantt" fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea de Taylor. Gantt procuro resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. El instrumento que desarrolló permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

**En el eje Horizontal:** un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

**En el eje Vertical:** Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

**Símbolos Convencionales:** En la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario.

Los símbolos básicos son los siguientes:

- Iniciación de una actividad.
- Término de una actividad
- Línea fina que conecta las dos "L" invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
- Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
- Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura.
- Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.

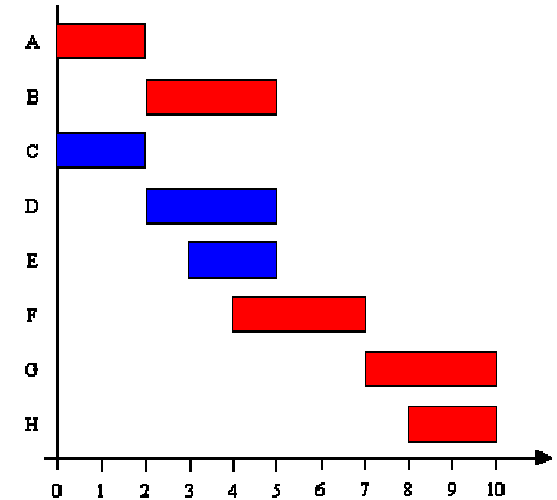
## CONTENIDO

El diagrama de Gantt consiste en una representación gráfica sobre dos ejes; en el vertical se disponen las tareas del proyecto y en el horizontal se representa el tiempo.

### Características

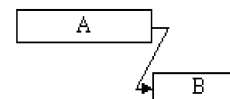
- Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado.
- La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden.
- Los bloques correspondientes a tareas del camino crítico acostumbran a rellenarse en otro color (en el caso del ejemplo, en rojo).

Tarea	Predec.	Duración
A	-	2
B	A	3
C	-	2
D	C	3
E	D <sub>II+1</sub>	2
F	B <sub>FI-1</sub>	3
G	D, E, F	3
H	G <sub>FF</sub>	2

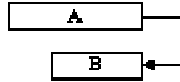


### Construir un diagrama de Gantt:

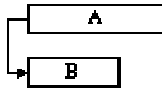
- Dibujar los ejes horizontal y vertical.
- Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
- En primer lugar se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).
- A continuación, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas. En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:
- Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente.



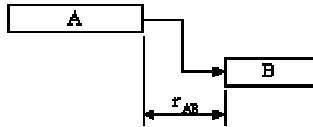
- Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.



- Las dependencias inicio-inicio se representan alineando los inicios de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.

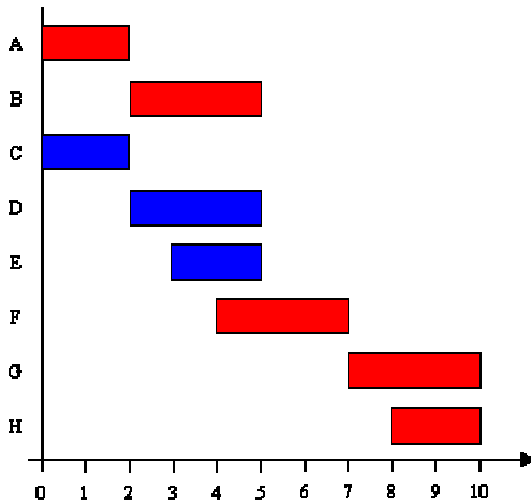


- Los retardos se representan desplazando la tarea dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos.



### Ejemplo

Finalmente, una vez realizados los cálculos del proyecto utilizando un sistema adecuado, como el diagrama PERT o el Roy, resulta conveniente destacar con un color distinto las tareas con margen total 0, para poder identificar con facilidad los caminos críticos.



### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS GRÁFICOS DE GANTT.

La ventaja principal del gráfico de Gantt radica en que su trazado requiere un nivel mínimo de planificación. Los gráficos de Gantt se revelan muy eficaces en las etapas iniciales de la planificación. Sin embargo, después de iniciada la ejecución de la actividad y cuando comienza a efectuarse modificaciones, el gráfico tiende a volverse confuso. Por eso se utiliza mucho la representación gráfica del plan, en tanto que los ajustes (replanificación) requieren por lo general de la formulación de un nuevo gráfico. Para superar esa deficiencia se crearon dispositivos mecánicos, tales como cuadros magnéticos, fichas, cuerdas, etc., que permite una mayor flexibilidad en las actualizaciones. Aún en términos de planificación, existe todavía una limitación bastante grande en lo que se refiere a la representación de planes de cierta complejidad. El Gráfico de Gantt no ofrece condiciones para el análisis de opciones, ni toma en cuenta factores como el costo. Es fundamentalmente una técnica de pruebas y errores. No permite, tampoco, la visualización de la relación entre las actividades cuando el número de éstas es grande.

En resumen, para la planificación de actividades relativamente simples, el gráfico de Gantt representa un instrumento de bajo costo y extrema simplicidad en su utilización. Para proyectos complejos, sus limitaciones son bastantes serias, y fueron éstas las que llevaron a ensayos que dieron como resultado el desarrollo del CPM, el PERT y otras técnicas conexas. Estas técnicas introdujeron nuevos conceptos que, asociados más tarde a los de los gráficos de Gantt, dieron origen a las denominadas "redes-cronogramas".

#### Gráfico de Gantt para seguir la marcha de las actividades:

En este tipo de gráfico se usa el eje vertical para representar actividades, en tanto que los recursos aplicados a cada uno indican, por medio de claves, sobre la línea que representan la duración de la actividad. Consiste, por lo tanto, en una inversión del caso anterior. El eje horizontal permanece como registro de escala de tiempo.

#### Gráfico de Gantt para el control de la carga de trabajo:

Este gráfico es semejante al de la distribución de actividad que tiene por objeto proporcionar el administrador una posición de carga total de trabajo aplicada a cada recurso. Indica el periodo durante el cual el recurso estará disponible para el trabajo (representado por una línea fina) y la carga total de trabajo asignada a este recurso (representado por una línea gruesa).

## PERT Y CPM

Un diagrama de red es cualquiera de las representaciones que vinculan las *actividades* y los *eventos* de un proyecto entre sí para reflejar las *interdependencias* entre las mismas. Una actividad o evento puede presentar interdependencias con actividades o eventos sucesores, predecesores, o en paralelo. Los más importantes son:

**PERT (Program Evaluation and Review Technique)** → **EVENTO** →

Desarrollado por la Special Projects Office de la Armada de EE.UU. a finales de los 50s para el programa de I+D que condujo a la construcción de los misiles balísticos Polaris. Está orientada a los sucesos o eventos, y se ha utilizado típicamente en proyectos de I+D en los que el tiempo de duración de las actividades es una incertidumbre. Dado que las estimaciones de duración comportan incertidumbre se estudian las distribuciones de probabilidad de las duraciones. Con un diagrama PERT se obtiene un conocimiento preciso de la secuencia necesaria, o planificada para la ejecución de cada actividad y utilización de diagramas de red.

Se trata de un método muy **orientado al plazo de ejecución**, con poca consideración hacia al coste. Se suponen tres duraciones para cada suceso, la optimista a, la pesimista b y la normal m; suponiendo una distribución beta, la duración más probable:  $t = (a + 4m + b) / 6$ .

Generalmente se denominan **técnicas PERT** al conjunto de modelos abstractos para la programación y análisis de proyectos de ingeniería. Estas técnicas nos ayudan a programar un proyecto con el coste mínimo y la duración más adecuada. Están especialmente difundidas el PERT y el CPM.

Aplicación de las técnicas PERT:

- Determinar las actividades necesarias y cuando lo son.
- Buscar el plazo mínimo de ejecución del proyecto.
- Buscar las ligaduras temporales entre actividades del proyecto.
- Identificar las actividades críticas, es decir, aquellas cuyo retraso en la ejecución supone un retraso del proyecto completo.
- Identificar el camino crítico, que es aquel formado por la secuencia de actividades críticas del proyecto.
- Detectar y cuantificar las holguras de las actividades no críticas, es decir, el tiempo que pueden retrasarse (en su comienzo o finalización) sin que el proyecto se vea retrasado por ello.
- Si se está fuera de tiempo durante la ejecución del proyecto, señala las actividades que hay que forzar.
- Nos da un proyecto de coste mínimo.

## MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO CPM

### Camino crítico

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que podemos tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios. Es necesario conocer la duración de las actividades.

Este concepto es utilizado por dos métodos:

- Método del tiempo estimado (CPM) La duración de una actividad es la más probable de duración. Tiempo que se emplearía en condiciones normales (m). Situación determinista.
- Método del tiempo esperado (PERT) Determinación probabilística de los tiempos esperados ( $T_e$ ), en función de los siguientes tiempos:
  - Duración más corta (a)
  - Duración más larga (b)
  - Duración más probable (m) (el mismo que en CPM)
  - Duración esperada:  $T_e = (a + 4m + b) / 6$

### Cálculo del camino crítico

1. Calcular  $T_e$  ó m según el método empleado para cada actividad. Se coloca en el grafo encima o debajo de cada flecha.
2. Calcular las fechas "early" -fecha mínima de comienzo de la actividad, MIC del suceso anterior- y "last" -fecha mínima de comienzo de la actividad, MAC del suceso posterior- de las distintas actividades que configuran el proyecto. (calcular el MIC y el MAC de todos los sucesos del proyecto).
3. Cálculo de las holguras.
4. Identificación del camino crítico.

### Holguras

La holgura de una actividad es el margen suplementario de tiempo que tenemos para determinar esa actividad. Las actividades críticas no tiene holgura.

Holgura de un suceso "Hs":	$Hs = MAC \text{ del suceso} - MIC \text{ del suceso}$
Holgura total de una actividad "Ht":	$Ht = MAC \text{ del s.p.} - MIC \text{ del s.a.} - \text{duración tarea}$
Margen suplementario de tiempo de esa actividad sin que se altere el MIC de ninguna actividad crítica.	
Holgura libre de una "Hi":	$Hi = MIC \text{ del s.p.} - MIC \text{ del s.a.} - \text{duración tarea}$
Margen suplementario de tiempo para esa actividad sin que se altere el MIC de cualquier actividad.	
Holgura independiente "Hi":	$Hi = MIC \text{ del s.p.} - MAC \text{ del s.a.} - \text{duración tarea}$
Margen suplementario de tiempo que existe en una actividad si las actividades precedentes terminaran lo más tarde posible, y las actividades posteriores empezaran lo antes posible.	

### Actividades críticas

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico.

En una actividad crítica la fecha "early" coincide con la más tardía de comienzo, y la fecha más temprana de finalización coincide con la fecha "last" de la actividad. La holgura total es 0.

### Ejemplo: Aplicación P.E.R.T.

Programación por camino crítico.

Un proyecto es un conjunto de tareas relacionadas entre sí. Cada tarea tiene algún tipo de prioridad respecto de otra. Es decir existe antecedencia y consecuencia entre las tareas.

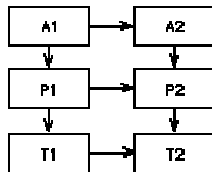
Supongamos el siguiente proyecto:

Se debe tender una línea telefónica a lo largo de una ruta. Para esto se debe:

- hacer agujeros,
- erguir postes y finalmente
- tender la línea.

Con fines operativos dividimos a la ruta en dos sectores (1 y 2). Tenemos un equipo capaz de cavar, otro de postear y otro de tender la línea.

El esquema de prioridades es el que sigue:



Donde:

- A1 : Agujereado del sector 1
- A2 : Agujereado del sector 2
- P1 : Posteo del sector 1
- P2 : Posteo del sector 2
- T1 : Tendido del sector 1
- T2 : Tendido del sector 2

Asegúrese de haber comprendido el esquema.

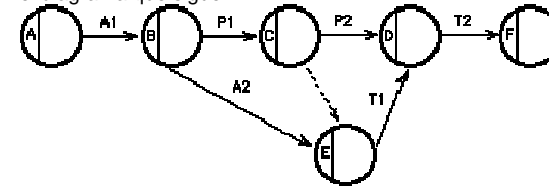
Realizaremos una red, con los conocimientos que tenemos sobre grafos, con la siguiente convención: Las tareas serán simbolizadas por medio de arcos y los sucesos por medio de nodos. Los sucesos denotan el comienzo y la finalización de cada tarea.

Note que cada nodo tiene un nombre n



Luego nombrar a la tarea AB es lo mismo que referirse a la tarea A1.

Una tarea como la CE recibe el nombre de Ficticia (dado que no es real) y se necesita para mostrar la lógica del proyecto. Halle el error en el diagrama que sigue:



Expresé que indica cada uno de estos nodos. (ninguno indica menos de dos sucesos)

Trate de mostrar este mismo proyecto mediante otra gráficas. En todos los casos verifique que se cumpla la lógica del mismo.

Fecha temprana



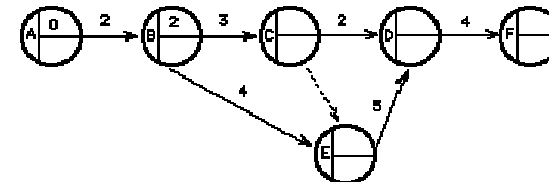
Colocamos las duraciones de cada tarea sobre los arcos correspondientes. Comenzamos el proyecto en el día 0. Comenzamos la tarea AB el día 0. En los ejemplos dados aquí supondremos siempre que la duración está expresada en días.

¿Cuál es la fecha más temprana que puedo estar en el suceso B, para comenzar con BC y BE?

(El suceso B indica la finalización de AB, el comienzo de BC y el comienzo de BE)

Obviamente el día 2, que es el tiempo que tardamos en hacer AB.

La situación queda representada así:

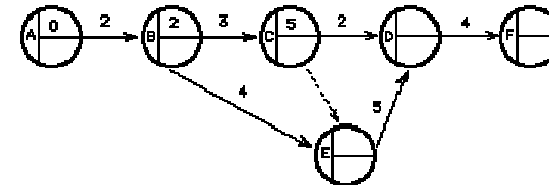


¿Cuál es la fecha más temprana que puedo estar en el suceso C, para comenzar CD?

(El suceso C indica la finalización de BC, el comienzo de CD y el comienzo de ED).

Obviamente el día 5, que es el tiempo que tardamos en hacer BC, más lo que tardamos en B (3 + 2 = 5).

La situación queda representada así:

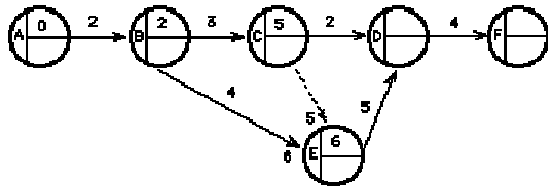


¿Cuál es la fecha más temprana que puedo estar en el suceso E, para comenzar ED?

(El suceso E indica la finalización de ..... y de.....el comienzo de .....).

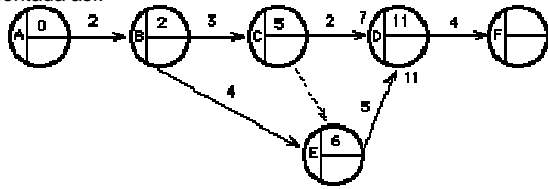
Debemos decidir entre 5 y 6. Determinamos que la fecha más temprana para comenzar ED es 6.

La situación queda representada así:



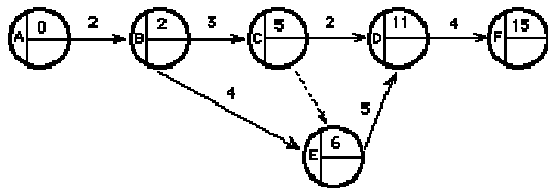
¿Cuál es la fecha más temprana que puedo estar en el suceso D, para comenzar con DF? Dedúzcalo convenientemente.

La situación queda representada así:



¿En que fecha llegamos al suceso F, terminando el proyecto y la tarea DF? Dedúzcalo convenientemente.

La situación queda representada así:

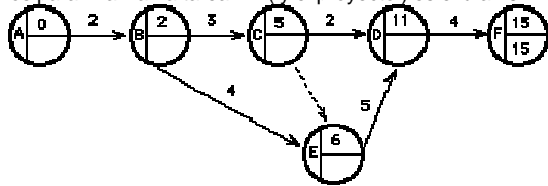


Nuestro proyecto se puede realizar en 15 días. El menor tiempo que necesitamos para realizar el proyecto es de 15 días.

Fecha tardía

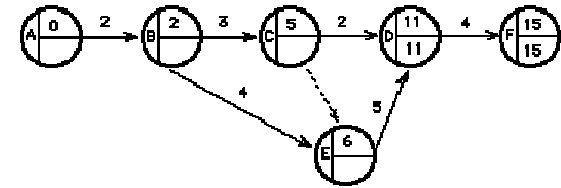


La última fecha que tenemos para finalizar la tarea DF (y el proyecto) es el día 15.

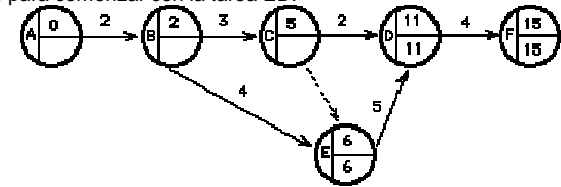


¿Cuál es la fecha tardía para comenzar con la tarea DF? 9. (15 - 4 = 9).

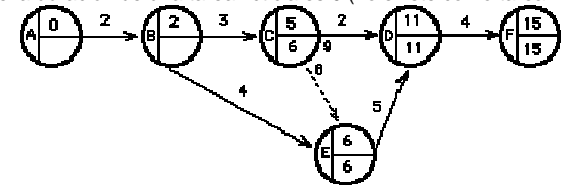
Supongamos que la comienzo el día 12. Entonces: 12 (suceso D) más 4 (duración DF) hace que el proyecto termine el día 16, es decir un día más tarde.



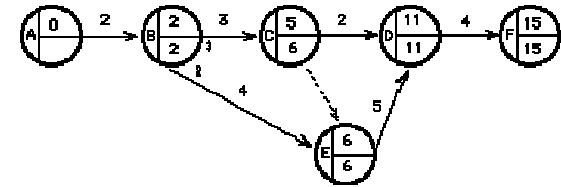
Aplique el mismo criterio para comenzar con la tarea ED.



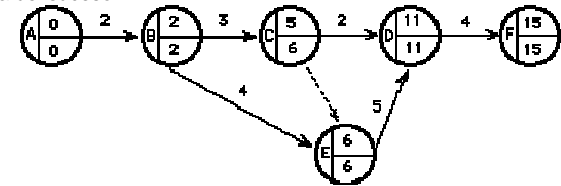
¿Cuál es la fecha tardía para el suceso C? Debemos elegir entre (11 - 2 = 9) y (6 - 0 = 6). Recuerde que la duración de una tarea ficticia es 0 (no existe como tarea real).



Aplique el mismo criterio para hallar la FT de las tareas BC y BE.



Determine la fecha tardía del suceso A.



Analicemos las fechas de la tarea CD

ftc : 5

FTC : 6

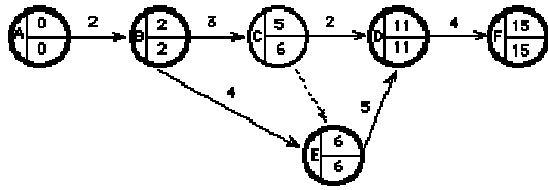
fff : 11

FTF : 11

Analice las tareas restantes con este mismo criterio

Sucesos críticos

Un suceso crítico es aquel cuyas ft y Ft son iguales.



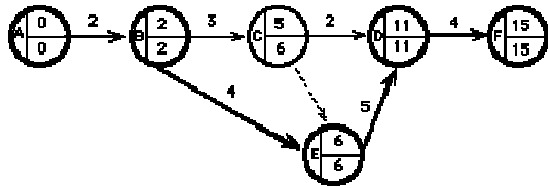
**Tareas críticas**

Son aquellas cuya duración es igual a la diferencia entre los sucesos críticos que la determinan.

Se encuentra entonces el camino crítico. (Subgrafo crítico)

Estas son las tareas que hacen que el proyecto dure 15 días.

Luego si se incrementa la duración de alguna de estas tareas, se incrementará la duración del proyecto.

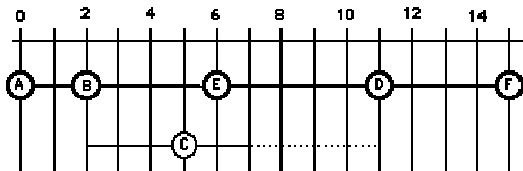


Hasta ahora calculamos tiempos del proyecto. Note que la longitud de los arcos no es proporcional a la duración de a tarea.

Esta proporción se puede mostrar en el diagrama calendario.

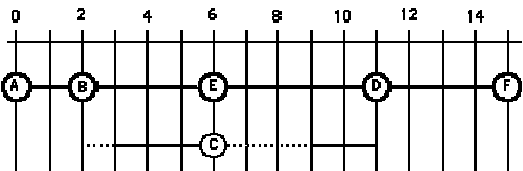
Se construye de la siguiente manera: primero se colocan los sucesos críticos en su fecha correspondiente e inmediatamente se grafican las tareas críticas.

Luego se colocan los otros nodos. En este caso colocamos el nodo C en su ft. El que sigue se denomina Diagrama calendario de ft.

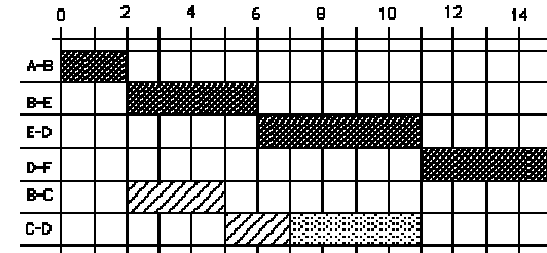


Note el margen de la tarea CD (línea punteada). Indica la cantidad de días que podemos atrasarnos en esa tarea sin atrasar el proyecto.

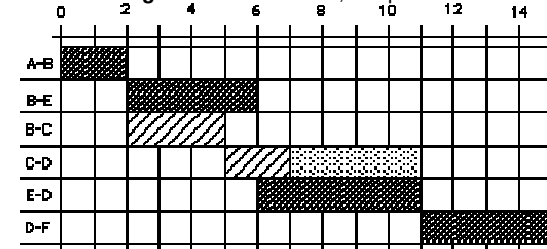
El que sigue es el Diagrama calendario de FT.



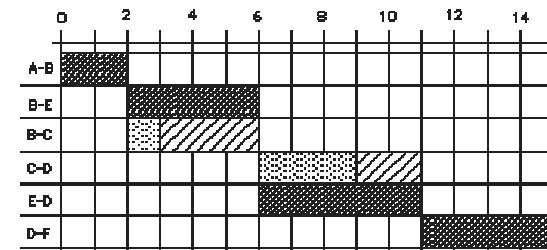
El esquema que sigue se denomina **Diagrama de Gantt** de ft, con prioridad de Camino Crítico.



El esquema que sigue se denomina **Diagrama de Gantt** de ft, con prioridad de fechas



El esquema que sigue se denomina **Diagrama de Gantt** de FT, con prioridad de fechas.



Note que en estos esquemas no aparece la tarea ficticia.

Hasta aquí se ha visto el algoritmo que permite calcular las fechas para cada tarea y al asignar estas duraciones se habló de "tiempo" en forma general.

Sucede, que en particular existen tres tipos de tiempos, que se obtienen en base a la experiencia anterior sobre cada tipo de tarea. Son:

- $T_o$ : Tiempo óptimo  
Es la menor duración histórica de esa tarea.
- $T_m$ : Tiempo modal  
Es la duración de mayor frecuencia histórica de esa tarea.
- $T_p$ : Tiempo pésimo  
Es la mayor duración histórica de esa tarea.

Este documento es una modificación de un artículo aportado por: María Alejandra (<http://geotipolis.com>)

Modificado por: Marcela Daniele – (09-2007)