

# **PROGRAMACION DE OBRAS**

**Ruta crítica.**

Arq. Telmo Azorín

## **Programas**

El objeto de este trabajo es tratar de exponer un problema latente en nuestro medio, que ha impedido la utilización de un instrumento que considero un magnifico auxiliar en la organización de la obra y de gran cantidad de procesos de producción semejantes a la misma. No pretendo, pues sería absurdo, que ésto constituya un tratado sobre programación de obras, ni siquiera sobre las nuevas técnicas de la materia; me daría por satisfecho si contribuyo a conciliar, aunque sólo sea en mínima parte, el divorcio existente entre los investigadores de nuevas técnicas de organización y la gente encargada de aplicarlas al control de obras.

## **Intento de definición de "programación".**

Yo entiendo por programación la previsión de las tareas necesarias y la secuencia en que deben desarrollarse en el tiempo, para el logro de un objetivo previamente conocido.

## **Como se ha realizado la programación de obras.**

La programación de la obra ha sido realizada tradicionalmente por el o los encargados de dirigirla, generalmente gente con gran experiencia en los métodos y sistemas constructivos a emplear y que se ha valido de un diagrama de barras (de Gantt), llamado también calendario de obra, como instrumento de programación.

El conocimiento de la técnica para la elaboración de un programa de barras, no implica la realización de un buen programa; el conocimiento del proceso de producción y la experiencia no pueden ser substituidos por ningún instrumento, éstos sólo serán siempre eso: instrumentos, aunque de gran utilidad cuando son bien empleados.

## **Para que sirve el calendario de obras al residente.**

El calendario de obra es la base para la programación específica de los recursos (humanos, físicos y económicos) necesarios en cada fase del proceso, el residente es responsable de allegar estos recursos a la obra en el momento que se les requiere. Aquí es necesario hacer hincapié en que cualquier sistema que utilicemos para programar, nos sirve como instrumento para representar lo que nosotros prevemos que va a ser el proceso de construcción en los aspectos que consideramos esenciales, y el programa constituye el "Modelo" para representar este proceso y estudiar sus posibilidades.

Ningún "Modelo" es capaz de representar la realidad compleja con todas sus contingencias, por lo tanto, todos los programas deben mirarse con este criterio de flexibilidad, de posibilidad de ajuste y de guía durante el desarrollo de la obra.

Por lo que se ha mencionado, los programas de obra (general y específicos) deben ser para el residente un instrumento de control. Este "Control" comienza con una verificación o comparación de lo que se previó con lo que realmente está sucediendo en la obra. Mediante esta verificación se captan desviaciones, si existieran, posteriormente se analizarán las causas de dichas desviaciones y sus posibles consecuencias, se propondrán alternativas de solución y se pondrá en práctica la más adecuada.

El control sistemático a que debemos tender es aquel que además de proporcionar las herramientas para facilitar el proceso descrito, nos permite modificar estas herramientas durante el proceso y aprovechar las experiencias acumuladas para futuras previsiones (retroalimentación).

## **El método de la ruta crítica.**

Creo que es necesario hacer énfasis en este método porque considero 1o. que el manejo del mismo por los residentes de obra abrirá un camino para la evolución y el estudio de métodos y sistemas que incrementen nuestra eficiencia y permitan la mejor utilización de unos recursos, cada vez más escasos; 2o. que el divorcio del que hablé en un principio no se debe a fallas del sistema, sino fundamentalmente, a la falta de coordinación interdisciplinaria y a un equivocado instinto de protección del trabajo por parte de las personas dedicadas a la programación, que con ello han logrado inutilizar magníficos instrumentos. Esta situación ha convertido al método de la Ruta Crítica en un requisito de concurso para la obtención de contratos de obra (cuanto más complicado, más luce) y cuando la obra se inicia el programa se archiva por inútil, pues la gente que lo realizó no sabe de obra y la gente que sabe de obra no sabe interpretar.

## **Que aporta el método de la ruta crítica a la programación de obras.**

1o. Nos permite representar en un diagrama no sólo "El cuando" deben realizarse las tareas que integran el proceso, sino la relación existente entre estas tareas.

2o. Nos permite separar el plan del programa, es decir, podemos representar primero exclusivamente la secuencia lógica en que se desarrollarán las tareas y luego plantear alternativas en la duración de éstas.

3o. Considerando la relación existente entre el costo y la duración de la obra, este método nos permite estimar la duración para obtener el menor costo. También nos permite estimar el costo mínimo, para la menor duración del proceso de obra.

4o. El nombre "Ruta Crítica" se debe a que este método nos permite determinar cuáles son las tareas que determinan la duración de la obra; la secuencia de estas tareas es lo que se llama Ruta Crítica o Camino Crítico. Las otras actividades tienen holgura, y esta holgura nos permiten distribuir mejor los recursos disponibles durante la duración total de la obra.

Considero que éstas son las ventajas que aporta el método de la Ruta Crítica a la programación de obras, y son considerables. Por otro lado, la posibilidad de hacer programas con 1500 actividades y decir, refiriéndonos a un proceso de un año y medio, qué día vamos a necesitar una caja de clavos, no es el objetivo de la Ruta Crítica, ni es exclusivo de este método, aunque esto haya pretendido alguna gente. Este tipo de ejercicio ha servido para impresionar en determinado momento, pero ha demostrado ser como las afirmaciones del ciego que, estando en un bar, cada vez que oía pasar un caballo, afirmaba rotundamente: "este caballo es blanco", o "éste caballo es negro" aunque no acertaba casi nunca.

## El método de la ruta crítica

El sistema de planeación y programación por el método de la Ruta Crítica fue ideado en el año de 1958, simultáneamente por la marina de los E.E.U.U. para la construcción de los proyectiles "Polaris" y por la compañía de productos químicos Dupont para la construcción de plantas industriales en América Latina.

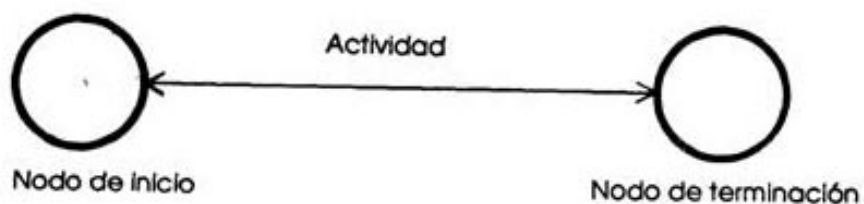
Este método no pretende eliminar el sistema tradicional de programación por medio del Diagrama de Gantt (de barras), pues éste es de gran claridad y fácil entendimiento, inclusive para gente no familiarizada con la programación, como pueden ser los maestros de obra. Sin embargo, el método de la ruta crítica aporta ventajas para la persona encargada de tomar decisiones, pues proporciona una visión más completa del proceso, señalándonos cuáles son las actividades que determinan la duración del mismo y permitiendo el uso racional de los recursos disponibles, así como el mejor control del proceso.

Por las razones mencionadas, consideramos conveniente presentar los resultados obtenidos de la Ruta Crítica, en un diagrama de Gantt.

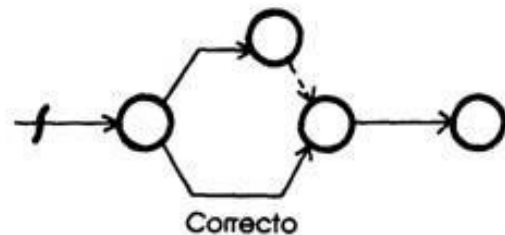
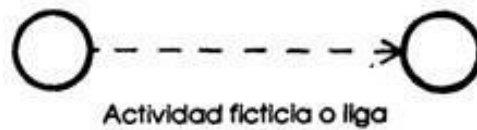
## Las reglas del juego

El método de programación por Ruta Crítica consiste en la representación de un proceso, por medio de un Modelo, llamado "Red" que nos presenta la secuencia en que se deben realizar las actividades que integran el proceso.

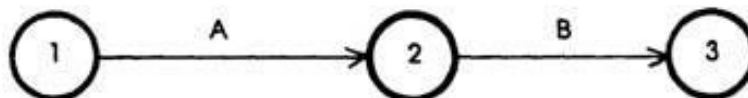
Cada una de estas actividades se representa por una flecha con la punta en la terminación de la actividad. Esta flecha estará limitada por dos círculos llamados "nodos" o "eventos", uno en el inicio y otro en la terminación. Una vez planteada la secuencia por medio de la red, se determina la duración de cada una de las actividades y se procede a la solución del programa, que consiste en encontrar las ocurrencias más próximas y más tardías de cada evento, para obtener la duración del proceso, la identificación de las actividades "críticas" (que determinan esta duración) y las "holguras" del resto de las actividades.



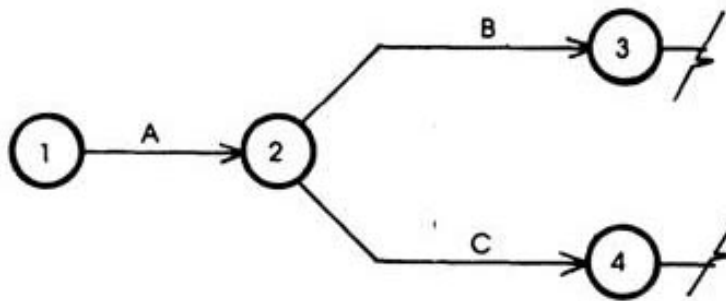
Cuando dos actividades tienen los mismos eventos para su inicio y para su terminación, es necesario el uso de un elemento más, denominado "Liga" ó Actividad Ficticia, que se representa por una flecha punteada, que no consume tiempo ni recursos e indica sólo una relación de actividades. Estas "Ligas" ó Actividades Ficticias" son necesarias también en las ocasiones que se apreciarán adelante.



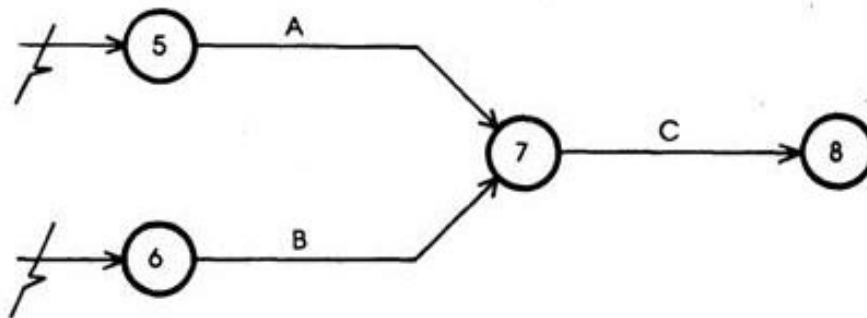
La actividad "B" puede iniciar al terminar la actividad "A"  
A la actividad "B" le precede la actividad "A"



Las actividades "B" y "C" pueden iniciar al terminar la actividad "A".  
 A las actividades "B" y "C" les precede la actividad "A"

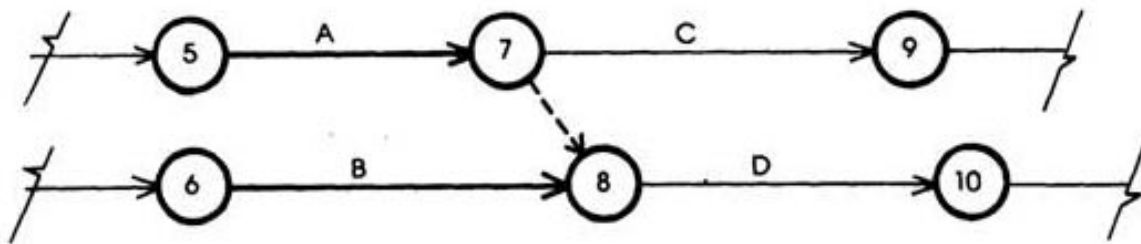


La actividad "C" puede iniciar cuando están terminadas las actividades "A" y "B" ó a la actividad "C" le preceden las actividades "A" y "B".

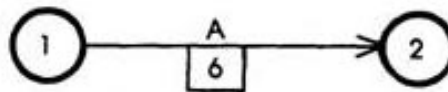




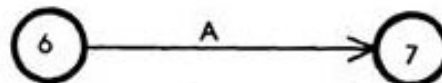
La actividad "C" puede iniciar al terminar la actividad "A" y la actividad "D" puede iniciar cuando estén terminadas las actividades "A" y "B" ó a la actividad "C" le precede la actividad "A" y a la actividad "D" le preceden las actividades "A" y "B".



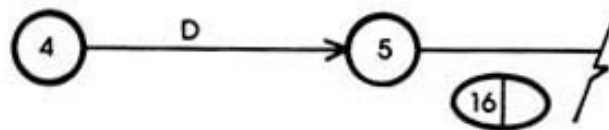
La actividad "A" tiene una duración de 6 días.



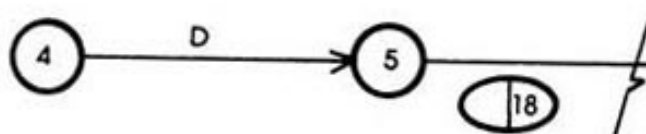
La actividad "A" está limitada por los nodos o eventos 6 y 7 y se representa: A (6-7)



La ocurrencia más próxima del evento 5 es el día 16. La ocurrencia más próxima de un evento constituye la iniciación más próxima (IMP) de las actividades que parten de el mismo.



La ocurrencia mas tardía del evento 5 es el día 18. La ocurrencia mas tardía de un evento constituye la terminación mas tardía (TMT) de las actividades que concurren en él.

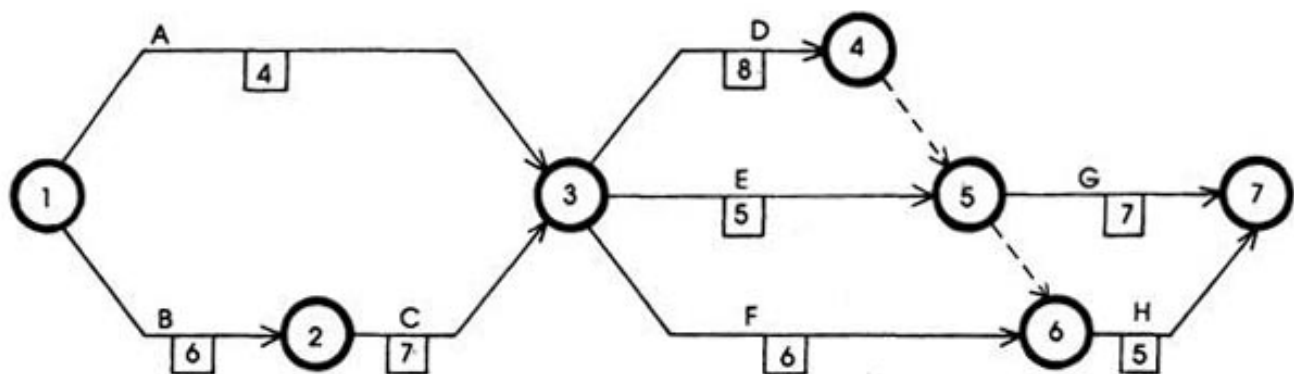


## Ejemplo

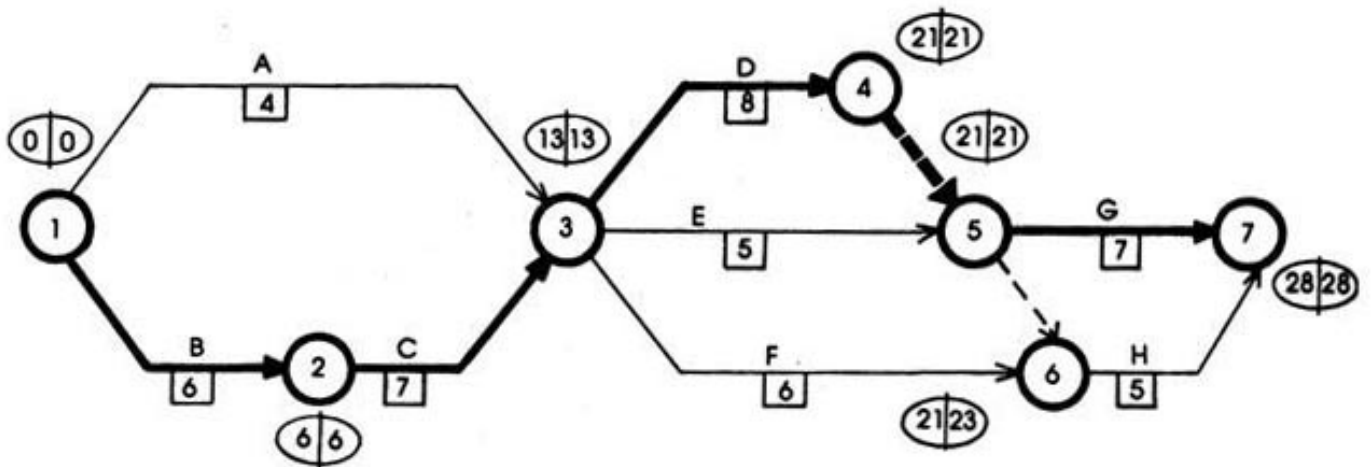
NOTAS: Todo "proceso" tiene un solo inicio y una sola terminación.

Se dice que un evento a ocurrido cuando cuando pueden iniciarse la(s) actividad(es) que parten de él y/o que ha(n) terminado la(s) que a él concurre(n).

Actividad	Actividad precedente	Duración
A	Ninguna	4
B	Ninguna	6
C	B	7
D	A Y C	8
E	A Y C	5
F	A Y C	6
G	D Y E	7
H	D, E Y F	5



Ruta crítica **————**



**Holgura**

Posibilidad de atraso de una actividad sin atrasar el proceso. Existen tres clases:

**Holgura total**

Posibilidad de atraso de una actividad sin atrasar la duración total del proyecto:

$$HT = IMT - IMP \text{ ó } TMT - TMP$$

$$\text{ó } TMT - IMP - D \text{ ó } TMT - (IMP + D)$$

### Holgura libre.

Posibilidad de atraso de una actividad sin impedir la iniciación mas próxima de ninguna de las que le siguen:

$HL = IMP \text{ de actividades siguientes} - IMP - Duración$

$ó = IMP \text{ de actividades siguientes} - (IMP + Duración)$

$ó = IMP \text{ de actividades siguientes} - TMP$

NOTA: Para las actividades que concurren en el nodo de terminación del proceso; la H L será igual a la H T y por lo tanto la H I será igual a 0.

### Holgura de interferencia.

Es la diferencia entre las anteriores

$HI = HT = HL.$

Simbología:

HT = Holgura total.

HL = Holgura libre.

HI = Holgura de interferencia.

IMP = Iniciación más próxima.

TMP = Terminación más próxima.

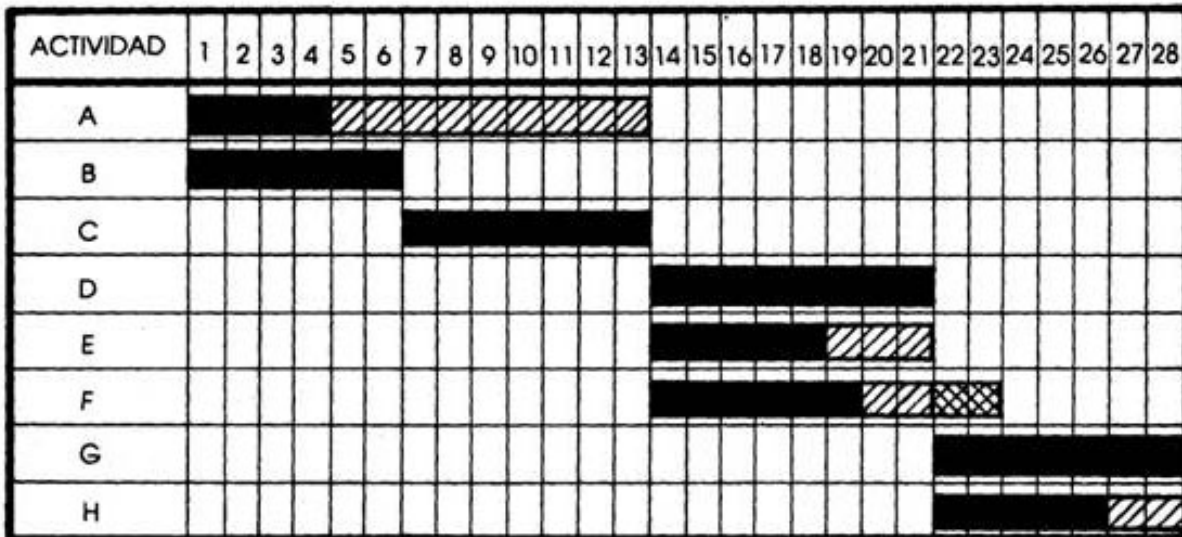
IMT = Iniciación más tardía.

TMT = Terminación más tardía.

D = Duración.

ACTIVIDAD	NODOS	DURACION	IMP	TMP	IMT	TMT	HT	HL	HI	OBSERVACIONES
A	(1-3)	4	0	4	9	13	9	9	0	
B	(1-2)	6	0	6	0	6	0	0	0	Crítica
C	(2-3)	7	6	13	6	13	0	0	0	Crítica
D	(3-4)	8	13	21	13	21	0	0	0	Crítica
E	(3-5)	5	13	18	16	21	3	3	0	
F	(3-6)	6	13	19	17	23	4	2	2	
G	(5-6)	7	21	28	21	28	0	0	0	Crítica
H	(6-7)	5	21	26	23	28	2	2	0	

Programa de Gantt



Simbología

Duración de la actividad con su iniciación más próxima.

Holgura libre.

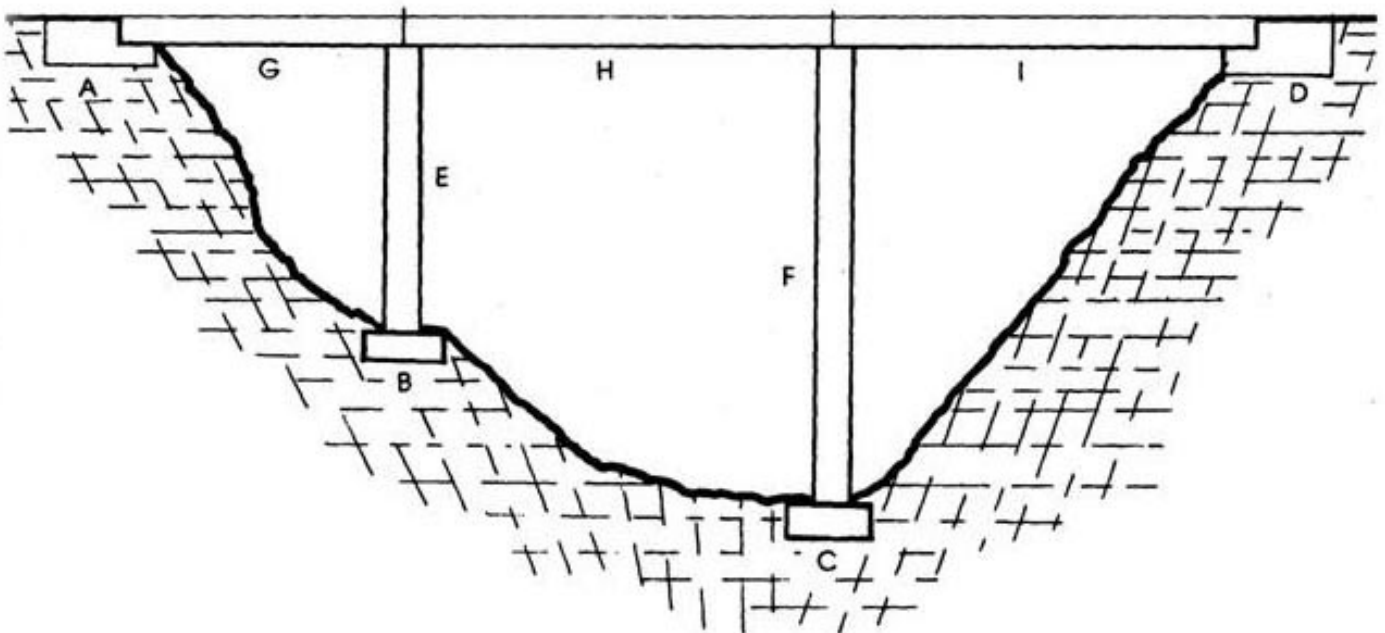
Holgura Interferencia.



## Ejercicio

Programar por el método de Ruta Crítica, la construcción del puente cuyo croquis aparece adelante, considerando que los elementos "A", "B", "C" y "D", serán hechos en obra y los elementos "E", "F", "G", "H" e "I", serán prefabricados.

### Croquis





CLAVE	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	DURACION
Exc A	Excavación cimientto A	Ninguna	5
Exc B	Excavación cimientto B	Ninguna	4
Exc C	Excavación cimientto C	Ninguna	4
Exc D	Excavación cimientto D	Ninguna	6
Con A	Construcción cimientto A	Exc A	10
Con B	Construcción cimientto B	Exc B	8
Con C	Construcción cimientto C	Exc C	8
Con D	Construcción cimientto D	Exc D	10
Mon E	Montaje apoyo E	Con B	4
Mon F	Montaje apoyo F	Con C	5
Mon G	Montaje cajón G	Con A y Mon E	3
Mon H	Montaje cajón H	Mon E y Mon F	5
Mon I	Montaje cajón I	Con D y Mon I	3

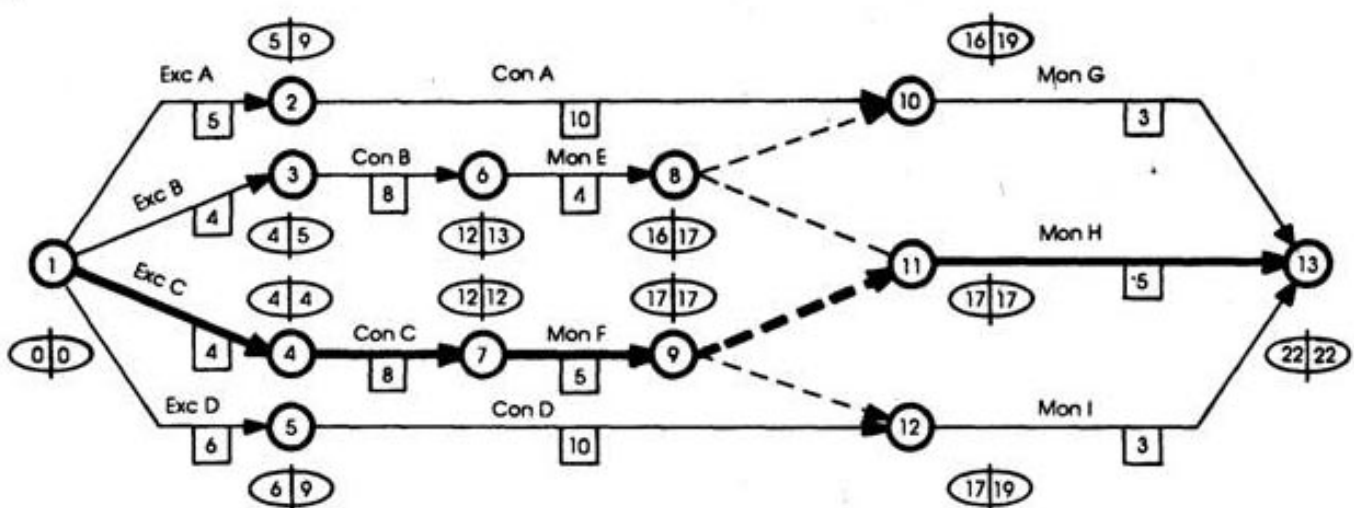
## Solución de la red

### Notas

1. La ocurrencia más próxima de cada evento de terminación resulta de sumar a la ocurrencia más próxima del evento de inicio, la duración de la actividad, cuando a un evento concurren mas de una actividad, se pone el número mayor. En el evento de inicio del proceso, la ocurrencia mas próxima es 0 (cero).

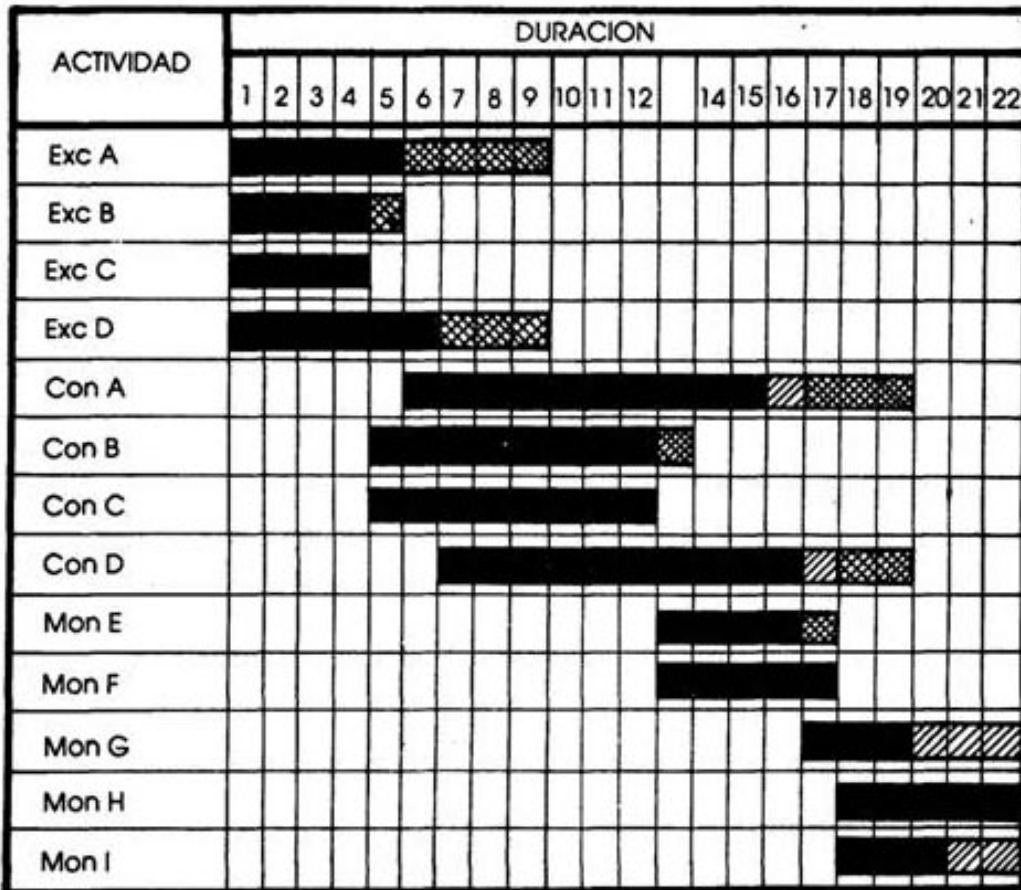
2. La ocurrencia mas tardía del nodo de terminación del proceso se hara coincidir con su ocurrencia mas próxima, pues esta es la duración total. A partir de ahí se obtiene la ocurrencia mas tardía de los nodos anteriores restando la duración de la actividad que parte de él. Cuando de un nodo parte mas de una, se pone el número menor.

3.- La Ruta Crítica (línea gruesa) se obtiene uniendo los nodos cuya ocurrencia mas próxima es igual a su ocurrencia mas tardía, debiendo verificar que la ocurrencia del nodo de inicio mas la duración de la actividad sea igual a la ocurrencia del nodo de terminación.

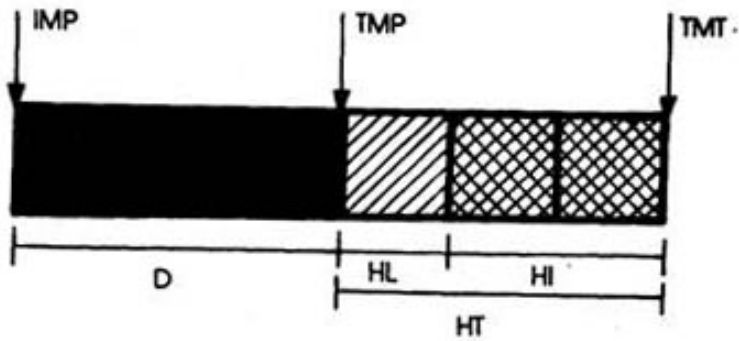


CLAVE	ACTIVIDAD	NODOS	D	IMP	TMP	IMT	TMT	HT	HL	HI	OBSERVACIONES
Exc A	Excavación cimiento A	(1-2)	5	0	5	4	9	4	0	4	
Exc B	Excavación cimiento B	(1-3)	4	0	4	1	5	1	0	1	
Exc C	Excavación cimiento C	(1-4)	4	0	4	0	4	0	0	0	Crítica
Exc D	Excavación cimiento D	(1-5)	6	0	6	3	9	3	0	3	
Con A	Construcción cimiento A	(2-10)	10	5	15	9	19	4	1	3	
Con B	Construcción cimiento B	(3-6)	8	4	12	9	13	1	0	1	
Con C	Construcción cimiento C	(4-7)	8	4	12	4	12	0	0	0	Crítica
Con D	Construcción cimiento D	(5 - 12)	10	6	16	9	19	3	1	2	
Mon E	Montaje apoyo E	(6-8)	4	12	16	13	17	1	0	1	
Mon F	Montaje apoyo F	(7-9)	5	12	17	12	17	0	0	0	Crítica
Mon G	Montaje trabe cajón G	(10-13)	3	16	19	19	22	3	3	0	
Mon H	Montaje trabe cajón H	(11-13)	5	17	22	17	22	0	0	0	Crítica
Mon I	Montaje trabe cajón I	(12-13)	3	17	20	19	22	2	2	0	

Programa de Gantt



**Simbología**



- D = Duración
- IMP = Iniciación mas próxima
- TMP = Terminación mas próxima
- ITM = Iniciación mas tardía
- TMT = Terminación mas tardía
- HT = Holgura total
- HL = Holgura libre
- HI = Holgura de interferencia