

M
A
1966

JORNADAS TECNICAS SOBRE EL METODO PERT

DOCUMENTACION: Texto Básico

0

EL PERT. QUE ES Y COMO SE USA

Por : Justo de la Cueva Alonso

INTRODUCCION

El Pert (Program Evaluation and Review Technique) tiene ahora 15 años de edad. Surgió como la respuesta a un reto compuesto a partes iguales por el miedo, la ansiedad y la complejidad de un problema grave y urgente con un elevado margen de incertidumbre técnica y material. El "bip-bip" del Sputnik ruso supuso una salvaje sacudida a la seguridad de la "ciudad alegre y confiada" que eran los Estados Unidos en 1957. A su seguridad militar y a su seguridad en sí mismos. Los rusos demostraban una superioridad tecnológica y, por ende, militar. Y los U.S.A. comenzaron dos frenéticas carreras simultáneas:

Una la del espacio, para recuperar el terreno perdido. Otra la de compensar, a corto plazo, la desventaja militar. La única alternativa para esta última era acelerar el proyecto "Polaris". Pero ello suponía resolver tres problemas para los que aún no se había encontrado solución: un submarino atómico operacional, un proyectil (el "Polaris") que se pudiera disparar en inmersión con un alcance eficaz de 1.000 a 1.500 Kms. y un procedimiento de localización de posiciones que permitiese utilizar la capacidad del submarino atómico para permanecer sumergido largos periodos de tiempo y que hiciera posible disparar el "Polaris" en inmersión "atinando". Aún más grave que el cúmulo de problemas técnicos aún irresueltos era el problema de coordinación y concesión adecuada de prestaciones en esfuerzo y recursos económicos a las 3.000 empresas diferentes proveedoras del proyecto. Los expertos calculaban, con optimismo un plazo de años como imprescindible para tener listo el proyecto. Era demasiado.

Y la Navy inventó el Pert. Y se ganó un año de tiempo. Un precioso año.

Los efectos de este éxito del Pert tuvieron como consecuencia que la Administración U.S. exigiera a sus contratistas como requisito la presentación, junto a una oferta, de la red Pert correspondiente. La técnica se perfeccionó, se modificó, se diversificó y se extendió por todo el mundo.

En España fue dada a conocer por primera vez hace 10 años por la Escuela de Organización Industrial que organizó el 1º y 2º Cursos Seminarios sobre Pert, impartidos por los señores Christensen y Morehouse que habían participado en las primeras aplicaciones del método. Hay ya notables publicaciones españolas sobre el método y lo emplean con asiduidad empresas de ingeniería, arquitectura y obras públicas. Son muy numerosos los Empresarios y directivos de empresa que han seguido cursos o seminarios sobre Pert.

Sucede, sin embargo, que siendo relativamente numerosos los empresarios, directores y gerentes españoles que "saben" Pert son muy escasos los que lo "usan" habitualmente. Esa es la razón por la que el Instituto de Estudios Profesionales superiores de Colegio Universitario "San Pablo" (C.E.U.), adscrito oficialmente a la Universidad Complutense de Madrid, organice unas Jornadas Técnicas no sólo para "enseñar el Pert" sino para "enseñar a usarlo"



Mi relación con el Pert

En Marzo de 1963 asistí con otros 27 técnicos y directivos de - empresas y organismos privados y públicos al II Curso Seminario sobre PERT de la Escuela de Organización Industrial. Aprendí el PERT. y lo usé. A la sazón era Secretario Técnico de Estudios de CARISTA NACIONAL Y en mi calidad de tal ostentaba la Jefatura de Redacción del Plan C.C.B. y la Secretaria General de la Comisión Nacional del Plan C.C.B. Ello suponía la coordinación de 5.000 colaboradores en toda España, el - engarce de 66 Comisiones Diocesanas del Plan, 11 Equipos regionales, 7 Comisiones y 18 Seminarios Nacionales, la realización de 9.200 Encuestas de Municipios y 6.768 monografías descriptivas de zona y la obtención manipulación y tratamiento estadístico de más de tres millones de datos. Hice un PERT. El primer PERT aplicado a la investigación sociológica - y a la redacción de un libro. El libro es el "Plan C.C.B." (Euramérica . 1965). Constaba de dos tomos con 881 páginas de 337 x 242 mm. Y los - tomos de pruebas de imprenta llegaron diez minutos antes de la sesión - plenaria de la Asamblea General de CARITAS ESPAÑOLA en que debían exhibirse.

Desde entonces he hecho más de un centenar de redes PERT. Las he aplicado para duplicar las ventas de una publicación periódica en 40 - días, para organizar en 20 días el stand de una Empresa en una Feria - Internacional de Muestras (y obtener el 2º premio entre 5.000 exposito-- res), para ganar un concurso de adjudicación de un estudio de mercado - con nuestra aleatoria en toda España y realizarlo en 36 días, para produ- cir un documental cinematográfico en color en 22 días, para organizar - Ruedas de Prensa, Campañas de Relaciones Públicas, etc. etc.

Es mi propósito que cuando acaben las Jornadas los participantes en ellas sepan "usar el PERT".



JUSTO DE LA CUEVA ALONSO



1.- SUPUESTOS TEORICOS Y DEFINICIONES DE LOS ELEMENTOS BASICOS.

Advertencia previa: Las palabras utilizadas en el "lenguaje PERT" tienen unos significados precisos que pueden ser y de hecho son (servidumbre - obligada por el origen anglosajón de la técnica PERT) totalmente diferentes de los empleados en el lenguaje vulgar. Por ello es importante asimilar bien las definiciones que a continuación se proporcionan para cada uno de los elementos empleados en la técnica PERT.

1.1. ACTIVIDAD.

1.1.0.	Actividad es	"UN ACTO NECESARIO PARA ALCANZAR UN CIERTO OBJETIVO EN EL AMBITO DE UN PROYECTO Y CARACTERIZADO POR UNA DURACION"
--------	-----------------	---

Empleemos la "vieja" técnica escolástica de explicación de los términos: "Un acto necesario para alcanzar un cierto objetivo". Por ejemplo: la elaboración del cuestionario de un estudio de mercado, es una "actividad".

Objetivo	el cuestionario de un estudio de Mercado
Acto necesario para alcanzar el objetivo	La elaboración del cuestionario.
en el ámbito de un proyecto	El cuestionario del estudio de Mercado constituye un objetivo <u>inmerso en el ámbito del proyecto</u> "Estudio de Mercado"
y caracterizado por una duración.	La elaboración del cuestionario ("acto necesario" - actividad- "para alcanzar un cierto objetivo" -el cuestionario-) dura un tiempo determinado, - <u>tiene una duración</u> "está caracterizada por una - duración".

!OJO! En PERT, también es "actividad" el tiempo de espera de aquel material que se ha encargado anteriormente, aunque esta espera sea totalmente pasiva, y no se hagan reclamaciones, comprobaciones, etc. Por ejemplo: es "actividad" la espera de los impresos del cuestionario que se han encargado al equipo central por un equipo regional al que se le han perdido los suyos.

- Objetivo: Recepción por el equipo regional de los impresos del cuestionario.
- Acto necesario: esperar la llegada de los cuestionarios una vez hecha la ("actividad") petición o el encargo.
- en el ámbito de un proyecto "Estudio de Mercado" es el proyecto en cuyo ámbito está situada la actividad de esperar los impresos.
- Caracterizado por una duración: la espera de los impresos se caracteriza por una duración para el equipo regional.

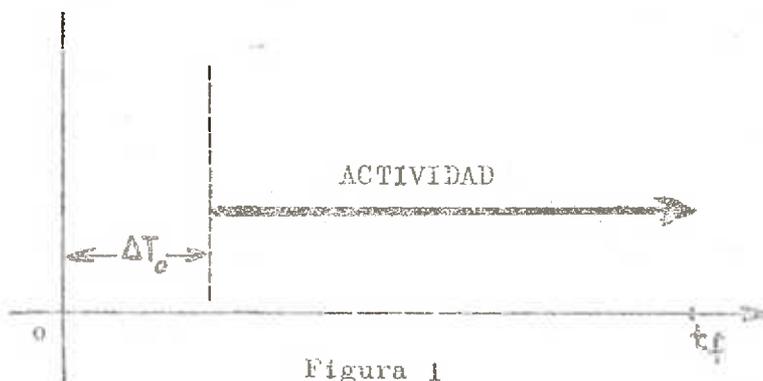


Figura 1

1.1.1. LA "ACTIVIDAD" EN EL PERT TIEMPOS.

Es importante subrayar uno de los elementos de la definición de "ACTIVIDAD" que acabamos de examinar. El de que una actividad es un acto ... "caracterizado por una duración".

En efecto, hay varios tipos de Metodo PERT. El que fue primeramente desarrollado, el que fue la base a partir de la cual evolucionaron y se desarrollaron los otros, el que estamos aquí explicando es el llamado PERT TIEMPOS. Su característica fundamental es la de que las "actividades" se miden y caracterizan exclusivamente por el tiempo que duran

Es evidente que hay múltiples dimensiones en las que una actividad puede considerarse. Por seguir con el ejemplo la elaboración del cuestionario de un estudio de mercados dependerá de la destreza y entrenamiento profesional del elaborador, de la complejidad del problema, del grado de información previa de que disponga, del incentivo que para el elaborador suponga la remuneración que va a obtener, del tipo de requisitos técnicos que se le hayan exigido, etc. Pues bien, todos esos parámetros por los que podría ser caracterizada la actividad se reducen, en el PERT TIEMPOS, a un solo común denominador: el tiempo que va a durar la actividad

Supongamos que la actividad contemplada sea la de abrir una zanja. -- Todos recordamos los viejos problemas escolares ("si siete hombres tardan dos días en abrir una zanja, ¿cuanto tardarán veinte hombres?"). Evidentemente no habrá que tener en cuenta solo el n° de hombres sino otros muchos datos: si emplean solo picos y palas o una perforadora y una excavadora; la dureza del terreno; la edad y el vigor físico de los hombres, etc. etc. Nada de eso se contempla analíticamente en el PERT TIEMPOS. Se tiene en cuenta sí, pero sin téticamente. Sintetizado en el tiempo que dura el abrir la zanja :

Repitámoslo. Dentro del Pert, lo que caracteriza a una actividad es su duración.

Precisamente eso es lo que nos permite, dentro de una red PERT, sumar o restar actividades tan disímiles como el calculo de la órbita de un satélite y el acarreo de sacos de cemento. Las dos actividades han sido reducidas "al tiempo que duran." Y eso es lo que nos permite operar con ellas.

Dentro de una red PERT, lo que nos interesa de una actividad son únicamente dos cosas:

LA FECHA EN QUE COMIENZA

EL TIEMPO QUE DURA

Es evidente que la combinación de esos dos datos nos proporciona la fecha final de la actividad.

En el ámbito de una red PERT se suele igualar a cero la fecha inicial del proyecto. De esa forma la fecha en que comienza una actividad cualquiera - se puede expresar por la cantidad de tiempo transcurrido en el proyecto. De esa forma los dos datos que definen a una actividad quedan expresados así:

- 1) LA FECHA EN QUE COMIENZA = TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE QUE COMENZO EL PROYECTO
- 2) TIEMPO QUE DURA LA ACTIVIDAD.

La fecha final de la actividad de que se trate nos vendrá dada por la suma de esos dos datos.

Repitamos de nuevo que "el tiempo que dura la actividad" es el tiempo que esperamos que dure la actividad habida cuenta de los recursos disponibles - para ejecutarla.

Una actividad única se representaría como en la figura 1.

Δt_0 representa el tiempo transcurrido desde el comienzo del proyecto
 t_f es la fecha final de la actividad. Igual a la suma de Δt_0 más T_e
(el tiempo esperado o previsto para la actividad)

1.1.2. CADENA DE ACTIVIDADES

Supongamos ahora una cadena de actividades en la que cada una de ellas no puede empezar hasta que este terminada totalmente la anterior. Siguiendo nuestro ejemplo sea la siguiente cadena: decidir elaborar el cuestionario de un estudio de mercado, elaborar el cuestionario, imprimirlo, hacer la prueba (el pre-test) del cuestionario, rectificar el cuestionario, imprimir el cuestionario definitivo, distribuirlo a los entrevistadores, etc.

La fecha final de una actividad de esta cadena es, por definición, la fecha inicial de la siguiente. Si conocemos o estimamos el tiempo esperado para cada actividad, la fecha final de la cadena de actividades vendrá dada por la suma de los tiempos esperados de todas ellas mas el tiempo transcurrido dentro del proyecto en el momento de comenzar la primera de las actividades de la cadena

1.1.3. Consideremos la cadena de actividades de la fig. 2.

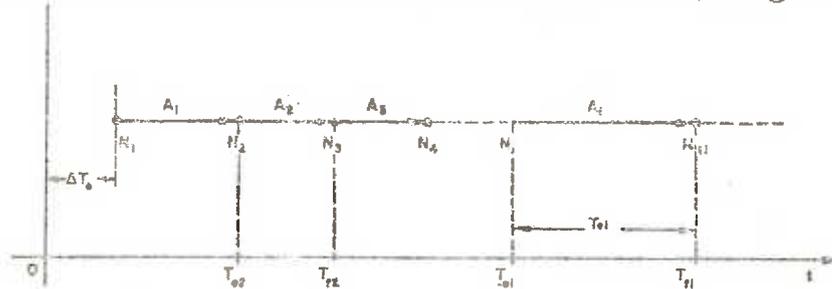


FIGURA 2

Las actividades A_2 y A_3 por ejemplo, tienen en común el nudo N_3 que puede considerarse tanto la fecha final de la actividad A_2 tanto como el instante en que comienza la actividad A_3 .

Queda claro, pues, como una representación del tipo de la fig. 2 expresa rigurosamente que la actividad A_2 no puede comenzar antes de que esté totalmente terminada la actividad precedente (A_1) y generalizando más una actividad cualquiera A_i no puede comenzar antes de que se hayan terminado todas las actividades que concurren en N_1 .

El "TIEMPO ES EL COMUN DENOMINADOR AL CUAL SE REDUCEN TODOS LOS OTROS PARAMETROS QUE CARACTERIZAN UNA ACTIVIDAD" (disponibilidad de medios, personal, posibilidades, técnicas, nivel organizador), que influyen en la valoración de su duración.

1.1.4. Resumiendo:

- una actividad queda definida por la fecha de comienzo y por su duración.
- Su fecha final está en función de la suma de estos dos terminos.
- La fecha de comienzo, a su vez, está en función de la duración de las actividades precedentes.
- Una actividad se representa mediante una flecha.
- Una actividad puede consistir en un proceso, una tarea, un suministro, un tiempo de espera o simplemente, una interdependencia entre dos sucesos.

1.2. SUCESO (NUDO).

Los puntos como $N_1, N_2 \dots N_i$ de la fig. 2 que representan los instantes del comienzo o del fin de las actividades, se representan, para mayor comodidad gráfica, con círculos que se llaman nudos.

1.2.1. Definimos el suceso o nudo de la siguiente forma:

SUCESO O NUDOS	EL INSTANTE QUE MARCA EL FIN DE LAS ACTIVIDADES QUE EN EL CONCURREN Y EL PRINCIPIO DE LAS QUE PARTEN DE EL.
----------------------	---

o también,

SUCESO O NUDOS	EL INSTANTE FINAL DE UNA ACTIVIDAD
----------------------	------------------------------------

Consecuentemente, el criterio de sucesión de nudos consecutivos está determinado por el sentido en el cual se desarrolla la actividad, y por las uniones lógicas de dependencia temporal entre las distintas actividades.

Este sentido está graficamente representado por la flecha que especifica (veáanse figs. 3 y 4) cual de los



FIGURA 3

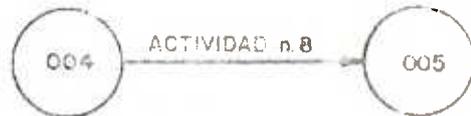


FIGURA 4

dos nudos que delimitan la actividad debe considerarse como punto de partida y cuál como punto final.

1.2.2. Los sucesos, por si mismos, no implican tiempo alguno. Los sucesos se producen de forma instantánea. Los impresos han llegado o no han llegado. Una orden está dada o no está dada.

Un suceso no supone ^{gasto} de tiempo ni de recursos.

Para que los sucesos se realicen es necesario que se realice una actividad.

1.3. RETICULO (RED).

1.3.1. Obsérvese que hasta ahora sólo hemos hablado de "CADENA" de actividades, caracterizada por el hecho de que cada uno de sus nudos es el instante final o de partida de UNA SOLA Actividad.

Puede, sin embargo, ocurrir que en un nudo E_h concurren más de una actividad.

En este caso no podemos hablar de "cadena" sino de "retículo" o de "red".

En este caso, si tenemos en cuenta la definición de

nudo como "instante desde el cual es posible comenzar la actividad sucesiva, se advierte que el nudo E_n puede verificarse sólo cuando se hayan realizado completamente todas aquellas actividades que terminan en E_n

Las fechas en que se terminen estas actividades serán generalmente distintas y entonces corresponden a E_n la mayor de estas.

Por ejemplo:

La actividad A_7 consiste en enviar los "sobres de la encuesta de Municipios" a los párrocos y Secretarios de Ayuntamiento, y serán:

- A_6 Introducir en los "sobres de la encuesta" el cuestionario con los datos diocesanos rellenos.
- A_5 Escribir en los sobres la dirección de los párrocos y Secretarios y pegar los sellos.
- A_4 Introducir en los sobres las cartas del Director Nacional y del Director Diocesano anunciando la visita.

Es evidente que aunque los sobres (con sus sellos y su dirección) estén acabados el 15 de enero y el 18 del mismo mes se acaben de introducir en ellos las cartas, si los cuestionarios no pueden introducirse en los sobres hasta el 25 de Enero (porque hasta esa fecha, que es la mayor entre todas las que completan las actividades que llegan al nudo E_4 , será la que determine el comienzo de A_7 .

Por lo tanto, en este caso, como fecha de comienzo para la actividad A_7 se deberá fijar el 25 de enero.

1.3.2. Conviene resaltar las diferencias esenciales entre las figuras 5 y 6 y las precedentes, 2 y 1.

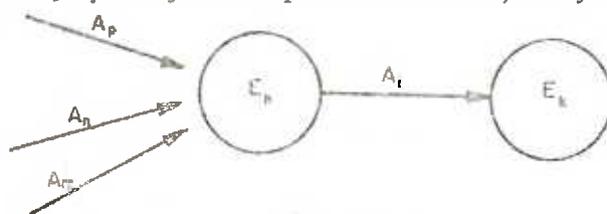


FIGURA 5

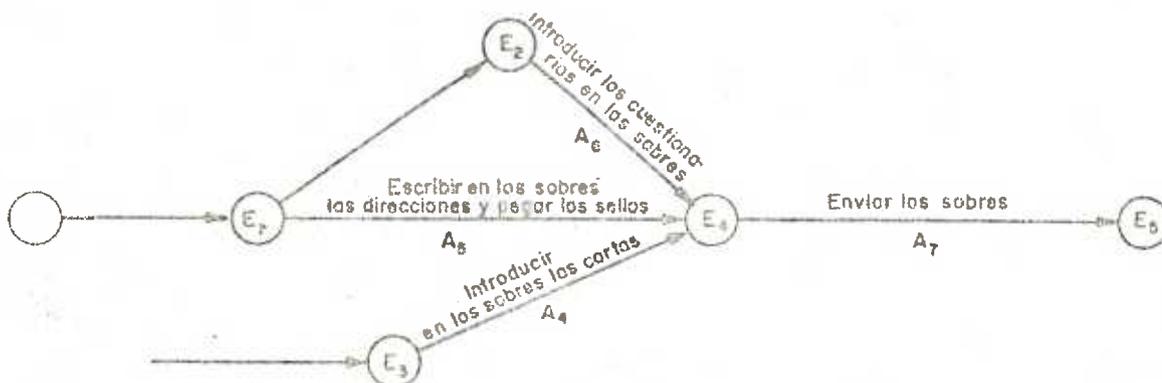


FIGURA 6

- a) En las figuras 5 y 6 no existe ya relación alguna entre los índices que representan una numeración progresiva de los nudos y los relativos a las actividades, además;
- b) no se representa ya el eje de los tiempos

Primera diferencia:

En una red:

En una cadena de actividades el número total de nudos es siempre igual al número de actividades \pm más 1.

- en un nudo pueden concurrir o partir más de una actividad.
- el número de actividades es generalmente mayor que el número de nudos.
- como máximo, el número de actividades puede ser igual al número de todas las combinaciones posibles de todos los nudos, dos a dos.

Segunda diferencia:

Para comprender claramente la segunda diferencia vamos a considerar una red elemental en la que hemos señalado la duración de las distintas actividades (fig. 7).

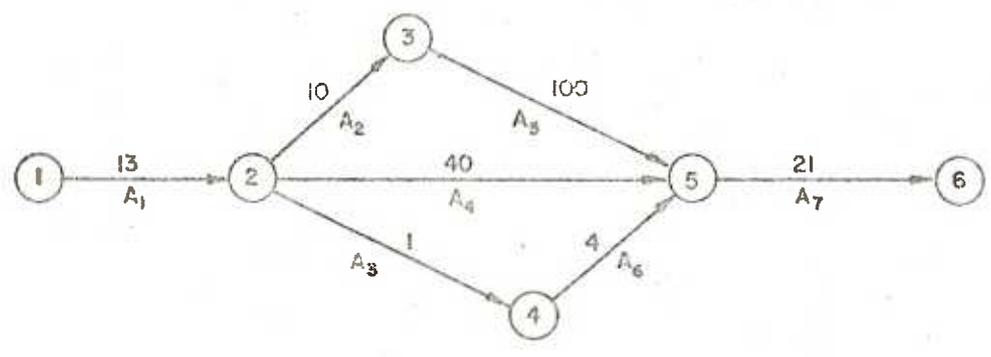


FIGURA 7

Se puede observar cómo no es posible referirse a ninguna escala temporal representada no sólo sobre el eje de las abscisas ni siquiera en ninguna otra recta del plano.

Por ello, la flecha que representa la actividad, debe considerarse solamente como un medio gráfico que sirve para representar un sentido direccional, en relación con las sucesiones temporales que expresa.

Toda duración, que establece el valor representativo de la flecha (actividad) es una función por sí misma sin uniones de ninguna clase con los períodos de duración de otras actividades.

Esto significa que no se verifican las condiciones de congruencia física de la red en un espacio tridimensional: existe solamente una congruencia lógica de uniones funcionales numéricas.

Una actividad, por consiguiente, puede estar también representada por una línea curva o quebrada cualquiera, si esto resulta graficamente cómodo. LA ÚNICA CONDICIÓN QUE HAY QUE RESPETAR ES QUE SIEMPRE SEA POSIBLE IDENTIFICAR LOS RESPECTIVOS NUDOS DE COMIENZO Y FIN.

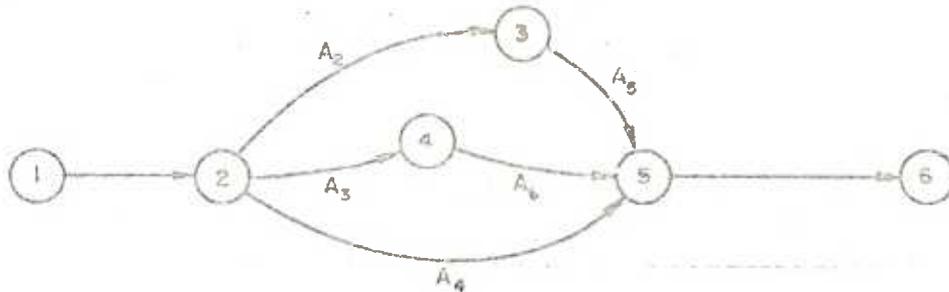


FIGURA 8

Por ejemplo, no hay ninguna razón que impida representar el gráfico de la fig. 7 como viene indicado en el gráfico de la fig. 8.

- 1.3.3. Con excepción del primero y del último, a cada nudo de una red llegan y de cada nudo parten una o varias actividades (flechas).

Sólo hay un primer nudo, representativo del origen del proyecto, al que no llega ninguna actividad (flecha). Pero puede haber varios nudos, que representan los objetivos finales del proyecto, de los que no parta ninguna actividad (flecha).

Si designamos cada suceso a nudo por un número, cada actividad (flecha) puede designarse por el número del suceso en que se inicia (i) y el del suceso en que termina (j).

- 1.3.4. Numeración de los nudos de la red.

Cuando el proceso de los cálculos de tiempos, que luego veremos, se hace manualmente los números i y j pueden ser cualesquiera.

Cuando el proceso de los cálculos de tiempos se hace con un ordenador (con un "cerebro electrónico" por emplear el término vulgarizado) es condición necesaria que $i < j$, o sea, que el número del nudo en que se inicia cada actividad, sea menor que el número del nudo en que termina. Aunque el cálculo manual puede hacerse sin que esta condición se cumpla, como quiera que se hace más fácilmente si se cumple, conviene que siempre $i < j$.

NO ES NECESARIO QUE SEAN NÚMEROS NATURALES CONSECUTIVOS.

Incluso no sería conveniente en una red con muchas actividades (cada vez que se añadiera una nueva actividad o se quisiera expresar una relación de ordenación entre dos nudos que inicialmente no estuviera prevista, sería preciso borrar la numeración inicial y hacer nueva). Conviene por ello que, cuando se tra

ta de proyectos complejos en que pueden aparecer actividades no previstas inicialmente, se dejen huecos en la numeración de los nudos, asignándoles, por ejemplo números múltiplos de cinco o de diez, para que sea posible mantener el orden sin modificar toda la numeración cuando sea preciso introducir nuevas actividades.

MODO DE NUMERAR LOS NUDOS CUMPLIENDO LA CONDICION $i < j$

- a) Se numera con (1) el nudo origen
- b) Se numeran los nudos en que terminan las actividades que parten del nudo (1) siempre que no llegue a ellos otra actividad precedente de un nudo no numerado todavía.
- c) Se siguen poniendo números ~~es~~ crecientes (consecutivos o no) a los nudos que estén sin numerar, con la condición de que no llegue a ellos ninguna flecha precedente de nudos no numerados todavía.

1.3.5. Actividades ficticias o virtuales.

Hemos convenido que cada actividad está definida por dos números, los de los nudos comienzo y fin de la actividad. Para que esa definición sea unívoca es preciso que no haya más de una actividad definida por un par de números.

Para cumplir esta condición es para lo que se introducen en la red las actividades ficticias o virtuales.

Actividad ficticia o virtual.

ES LA ACTIVIDAD QUE NO EXIGE NINGUN GASTO DE TIEMPO, DE TRABAJO NI DINERO.

Por ejemplo la figura 9, es incorrecta.

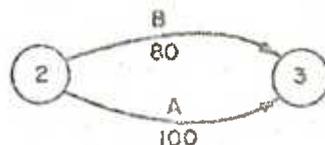


FIGURA 9

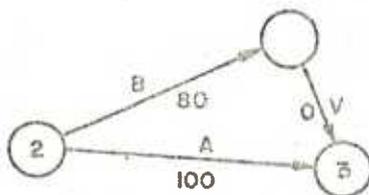


FIGURA 10

Para que cumpla la condición la figura debería ser como la figura 10.

Otro caso de empleo de actividades ficticias es aquel en que hay que hacer respetar la condición de la red según la cual todas las actividades que terminan en un suceso o nudo han de acabarse antes de empezar las que salen del mismo.

Puede suceder que dos nudos diferentes precisen para realizarse un cierto número de actividades, algunas de las cuales son comunes a los dos mientras que otra u otras no son comunes.

Supongamos que:

- el nudo A se realiza cuando acaban las actividades A_1 y A_2
- el nudo B se realiza cuando acaban las actividades A_1 , A_2 y A_3 .

Para expresar estas relaciones en la red empleamos una actividad ficticia de la forma reflejada en la figura 11.

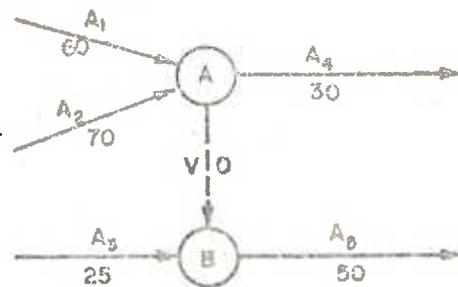


FIGURA 11

Esto significa que la actividad A_4 puede comenzar cuando estén acabadas A_1 y A_2 , pero que la actividad A_5 no podrá comenzar hasta que se hayan terminado las A_1 , A_2 y A_3 .

1.3.6. Ejemplo de elaboración de una red.

Supongamos que las relaciones de orden existentes entre varias actividades de un proyecto nos son conocidas.

¿Cómo elaborar la red correspondiente?

Basta con que para cada actividad nos hagamos estas TRES PREGUNTAS:

1ª

¿QUE ACTIVIDADES PRECEDEN INMEDIATAMENTE A LA QUE SE ESTA CONSIDERANDO?

2ª

¿CUALES LE SIGUEN INMEDIATAMENTE?

3ª

¿CUALES SE PUEDEN REALIZAR SIMULTANEAMENTE CON LA CONSIDERADA?

Veamos un ejemplo. Sean las siguientes relaciones de orden y las que de ellas se deducen:

- 1º - Del suceso de origen parten las actividades A y B
- 2º - La actividad A precede inmediatamente a las actividades C y D.
- 3º - La actividad B precede inmediatamente a la actividad E.
- 4º - La actividad C precede inmediatamente a la actividad F.
- 5º - La actividad D precede inmediatamente a la actividad G.
- 6º - La actividad G precede inmediatamente a la actividad H.
- 7º - La actividad F precede inmediatamente a las actividades J e I.
- 8º - Las actividades H e I preceden inmediatamente a la actividad K.
- 9º - La actividad J precede inmediatamente a las actividades N, Ñ y O.
- 10ª - La actividad N precede inmediatamente a la actividad R.
- 11ª - La actividad Ñ precede inmediatamente a la actividad Q.
- 12ª - La actividad O precede inmediatamente a la actividad P.
- 13ª - La actividad K precede inmediatamente a la actividad L.
- 14ª - La actividad L precede inmediatamente a la actividad M.
- 15ª - La actividad M precede inmediatamente a la actividad T.

- 16ª - Las actividades M y P preceden inmediatamente a la actividad S.
- 17ª - La actividad E precede inmediatamente a las actividades V y X.
- 18ª - Las actividades R, Q, S, T, V y X preceden inmediatamente a la actividad Y.
- 19ª - Al realizarse la actividad Y se realiza el suceso final u objetivo del proyecto.

a) Representando gráficamente la 1ª relación tendremos la figura 12:

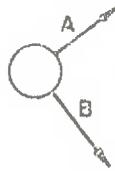


FIGURA 12

b) Introduciendo la segunda condición tendremos (figura 13):

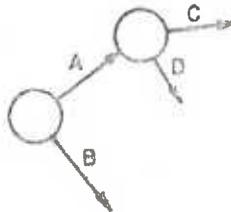


FIGURA 13

c) Reflejando la tercera condición tendremos (figura 14):

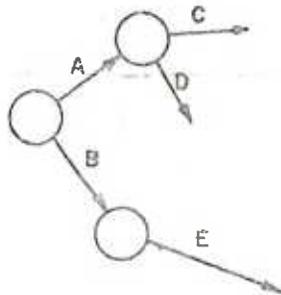


FIGURA 14

d) Reflejando la cuarta condición tendremos (figura 15):

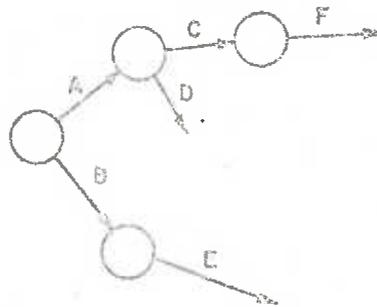


FIGURA 15

e) Reflejando la quinta condición tendremos (figura 16):

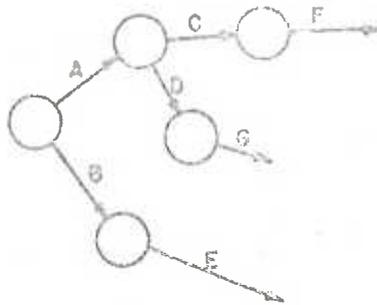


FIGURA 16

f) Reflejando la sexta condición tendremos (figura 17):

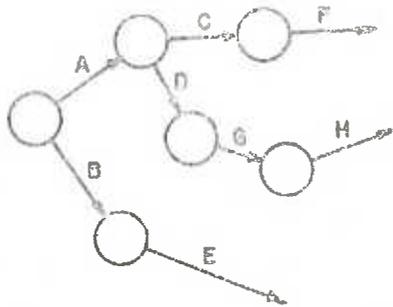


FIGURA 17

g) Reflejando la séptima condición tendremos (figura 18):

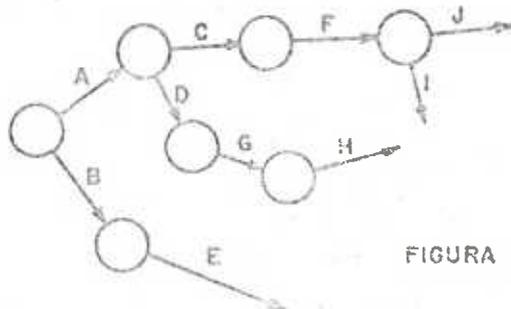


FIGURA 18

h) Reflejando la octava condición tendríamos (figura 19):

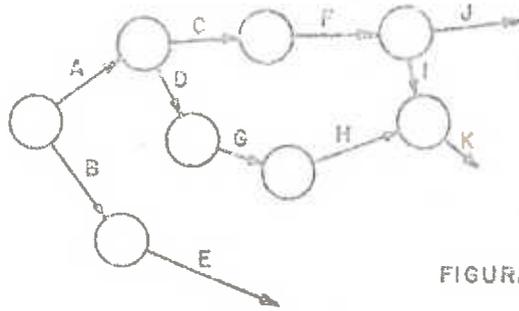


FIGURA 19

i) Reflejando la novena condición tendremos (figura 20):

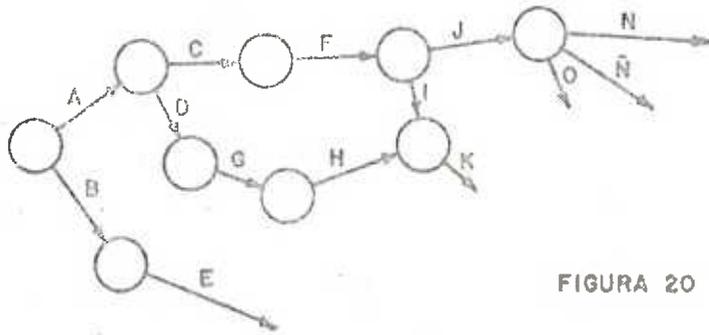


FIGURA 20

j) Reflejando la décima condición tendremos (figura 21):

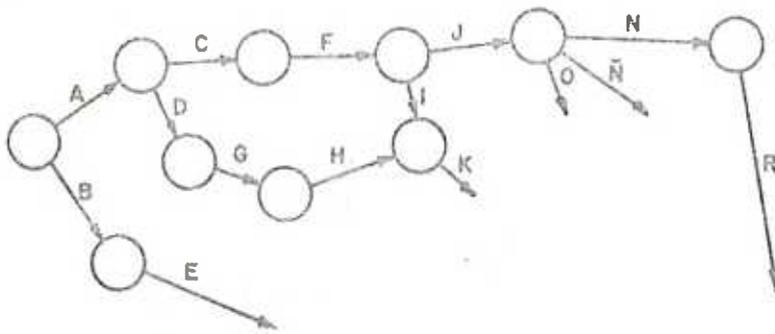


FIGURA 21

k) Reflejando la condición 11 tendremos (figura 22):

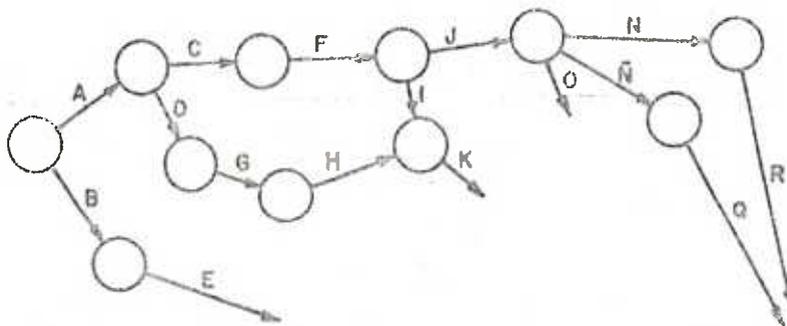


FIGURA 22

1) Reflejando la condición 12 tendremos (figura 23):

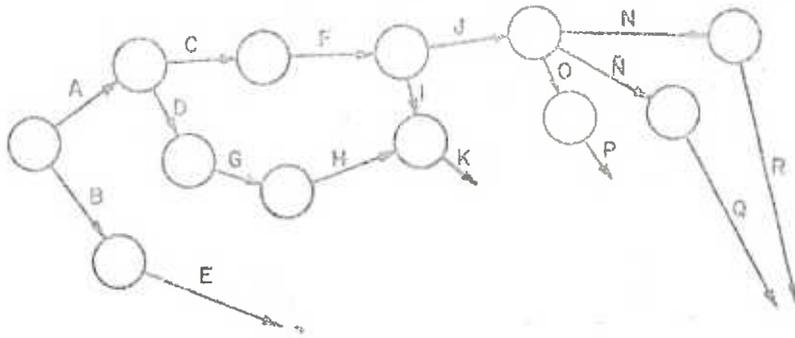


FIGURA 23

11) Reflejando la condición 13 tendremos (figura 24):

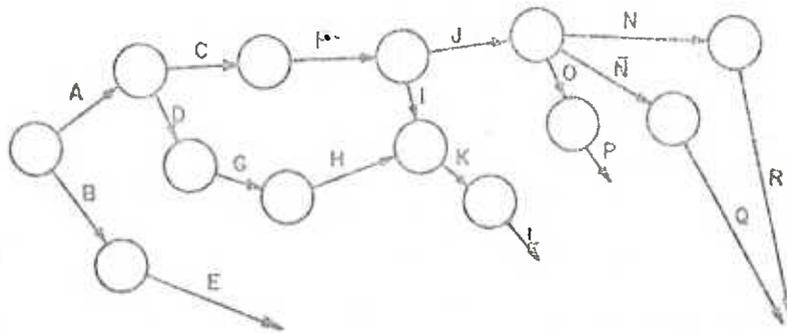


FIGURA 24

m) Reflejando la condición 14 tendremos (figura 25):

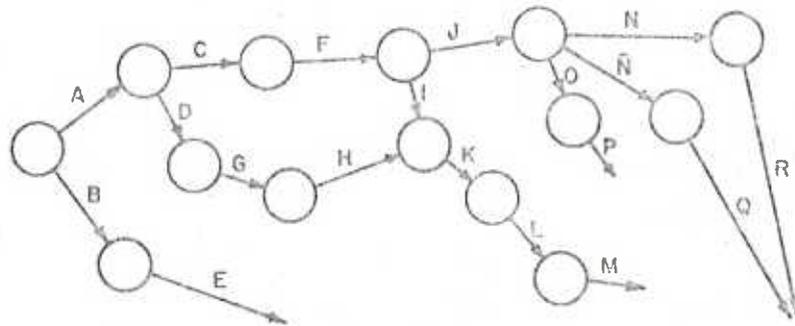


FIGURA 25

n) Reflejando la condición 15 tendremos (figura 26):

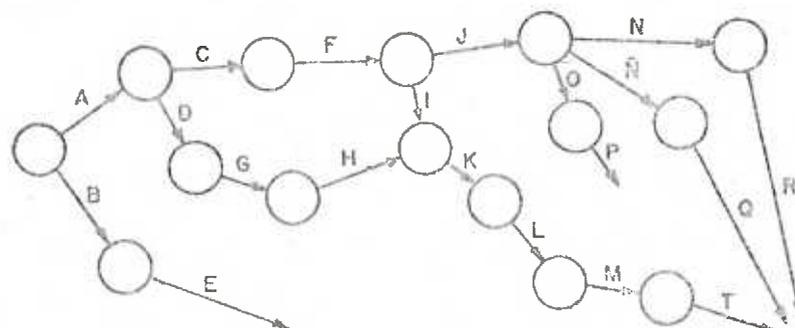


FIGURA 26

ñ) Al intentar reflejar la condición 16 observamos que estamos ante el segundo caso de actividades ficticias o virtuales que hemos estudiado. En efecto, - tal como hemos visto en la condición 15 la realización de M es necesaria para empezar la actividad T. Pero para empezar la actividad S (según la condición 16) es necesario que estén realizadas M y P. - Por lo tanto separaremos los sucesos finales de M y de P, los uniremos mediante una actividad ficticia f que vaya del suceso final de M al suceso final de P. Reflejando después la actividad S a partir del suceso final de P, tendremos (figura 27):

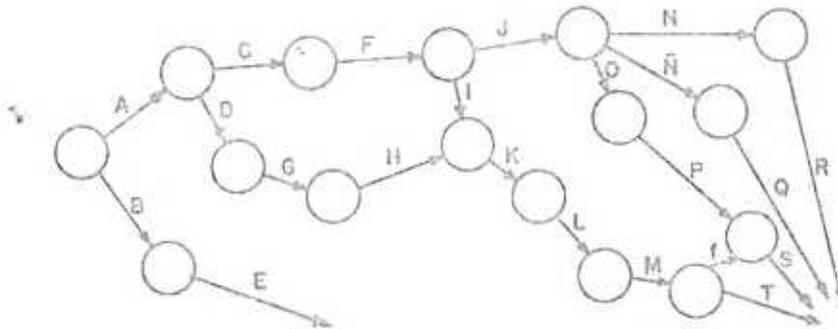


FIGURA 27

o) Reflejando la condición 17 tendremos (figura 28):

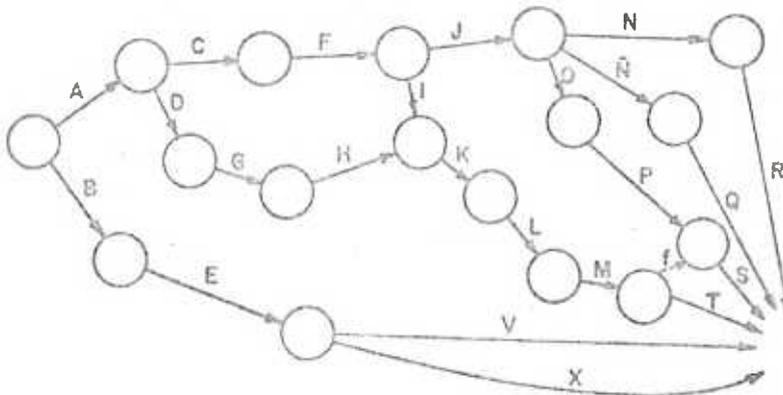


FIGURA 28

p) Reflejando la condición 18 tendremos (figura 29):

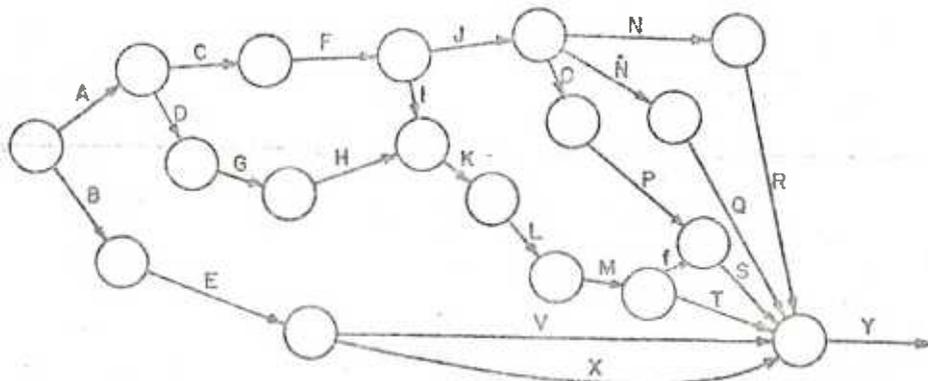


FIGURA 29

OJO. Hemos incumplido (actividades V y X) la condición de la red según la cual dos actividades no pueden tener idénticos el nudo de salida y el nudo de llegada. Estamos ante el primer caso de utilización de las actividades virtuales que hemos estudiado. Para corregir este error introduciremos un suceso distinto en el que terminará una de ellas y uniremos ese suceso con el suceso final de la otra mediante una actividad virtual. Tendremos (figura 30):

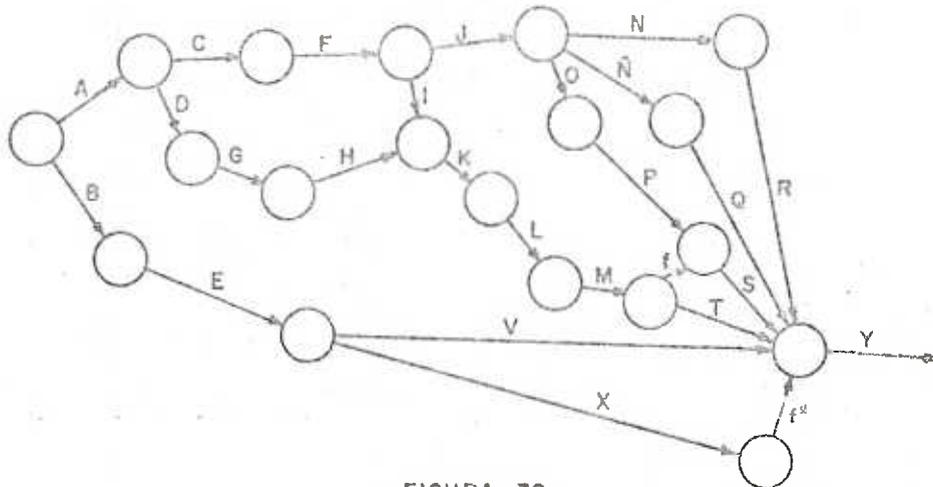


FIGURA 30

q) Y añadiendo el reflejo de la condición 19 tendremos (figura 31):

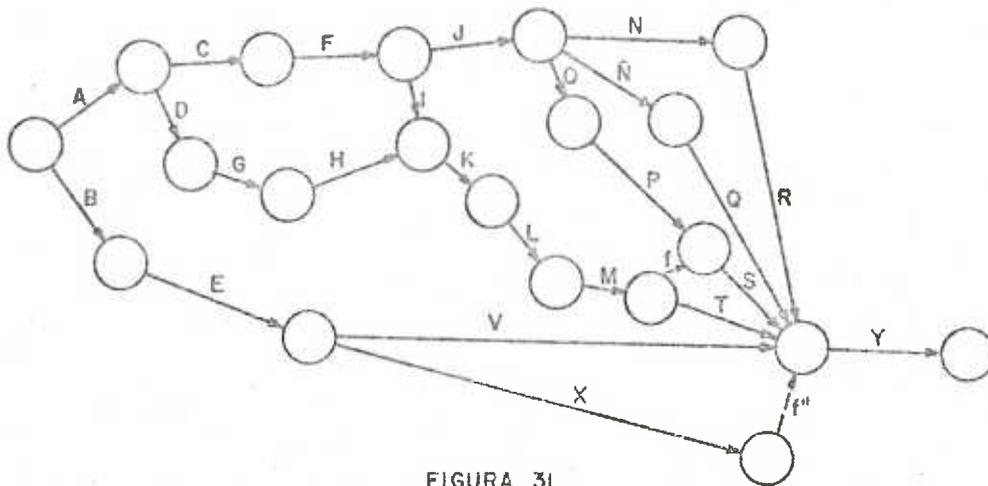


FIGURA 31

Ya tenemos la representación gráfica de las relaciones de orden de las actividades. Numeraremos ahora los nudos. Vuelva Vd. al nº 1.3.4. Numeración de los nudos de la red (Pág. 8) y pruebe a numerar los nudos correctamente sobre la figura 31.

A la vuelta de esta página la figura 32 presenta la red numerados correctamente sus sucesos.

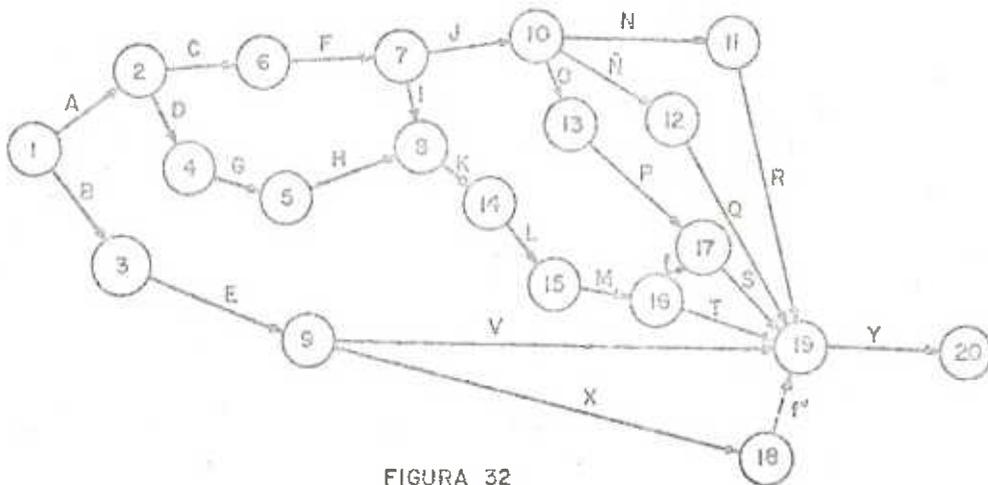


FIGURA 32

1.3.7. ¿Quién debe hacer la red?

La persona que cumpla estas dos condiciones:

- Estar preparado para hacer una red.
- Ocupar el cargo más alto posible en la Empresa.

Debe ser persona o personas competentes, que conozcan las características del proyecto y los problemas de trabajo implicados en la red.

1.3.8. ¿Cómo se prepara una red?

1.3.8.1. Desde el nudo de origen.

Si el programa no es muy complicado se empieza en el nudo de origen y se va elaborando la red con la información de que se dispone. Es relativamente fácil en Empresas o tareas en las que se utilizan técnicas standard.

1.3.8.2. Desde el nudo final.

Se puede trabajar hacia atrás en la red partiendo del nudo final y preguntándose qué se sabe de las actividades anteriores. Se va estableciendo en cada nudo la información que debemos tener, las tareas que deben estar realizadas antes de empezar una nueva actividad.

1.3.8.3. Desde un punto intermedio.

En ocasiones disponemos de abundante información referida a uno o varios puntos intermedios del programa. En éste caso conviene elaborar la red desde ese punto desarrollándola hacia delante y hacia atrás desde ese punto.

En resumen

DEBE COMENZARSE LA RED DESDE EL PUNTO DEL QUE SE DISPONE DE LA MAXIMA INFORMACION.

Normalmente una red es la suma combinada de varias redes parciales elaboradas unas veces hacia delante y otras veces hacia atrás.

1.3.9. ¿Cuánta información es necesaria para preparar una red?

La respuesta previa es difícil. En cada caso es necesaria una decisión personal del equipo que elabora la red.

Lo deseable es que la red sea tan detallada que el trabajo representado por cada actividad sea tal que pueda determinarse con relativa precisión su duración su costo y los recursos necesarios para realizarlo, así como los efectos que producirían sobre las demás actividades las variaciones en el programa de la actividad considerada.

En otras palabras el elaborador de una red debe aspirar a que cada actividad de la misma sea elemental y homogénea.

- elemental: que corresponda a unas operaciones que pueden efectuarse con una continuidad en el tiempo (sin contar naturalmente, las horas en que no se trabaja), sin exigir sistemáticamente intervalos de espera, desplazamientos considerables, cambio de máquinas, o mano de obra.

(Por ejemplo una actividad elemental es escribir las direcciones de los párrocos y Secretarios en "los sobres de la Encuesta de Municipios").

- homogénea: es decir, que emplee igual material e iguales medios (máquinas, personal). (Por ejemplo no es homogénea la actividad "conseguir las autorizaciones para la Encuesta de Municipios". En unos casos la autorización debe recabarla el Delegado Episcopal (autorización del Prelado para utilizar la colaboración de los seminaristas), en otros casos debe recabarla el Secretario seglar (autorización del Alcalde para manejar el fichero de propietarios). Son personas (medios) heterogéneos).

- Realizar un análisis tan a fondo es fatigoso.

PERO LAS VENTAJAS QUE SE OBTIENEN SON TALES QUE JUSTIFICAN EL ESFUERZO.

- Es más fácil hacer cálculos exactos sobre el tiempo de duración cuando estos se refieren a actividades elementales y homogéneas, puesto que se conocen más fácilmente las dimensiones y medios disponibles para la actividad.

- La homogeneidad permite VALERSE DE TABLAS hechas de acuerdo con una cierta precisión el tiempo necesario para realizar una "unidad" de obra en función del empleo de una unidad de trabajo.

(Por ejemplo: La tabulación de los cuestionarios de municipios de una zona con 25 municipios dedi-

cando una persona con entrenamiento medio supone 7 horas de trabajo. La tabulación de 30 zonas de 25 Municipios supone 30 jornadas de trabajo de 7 horas de 1 persona o 5 jornadas de 7 horas de trabajo de 6 personas)

Aunque se renunciase a las fases siguientes del cálculo, la mera elaboración de la red supone un esfuerzo de análisis realizado de forma sistemática y racional. La red permite, aún sin calcularla:

- Valorar mejor las actividades.
- Conocer perfectamente las características de las actividades.
- Conocer las uniones de interdependencia con los otros componentes.
- Disponer, en fin, de una representación "fotográfica" que permite tener presente y controlar mucho mejor todo el conjunto.

Se darán bastantes casos en que no será posible calcular la red PERO SIEMPRE CONVENDRA ELABORAR LA RED.

En los próximos temas demostraremos como el cálculo PERT, provee informaciones muy útiles, aptas para determinar cuales son las intervenciones más ventajosas y oportunas, de los planificadores.

EJERCICIO NUMERO UNO

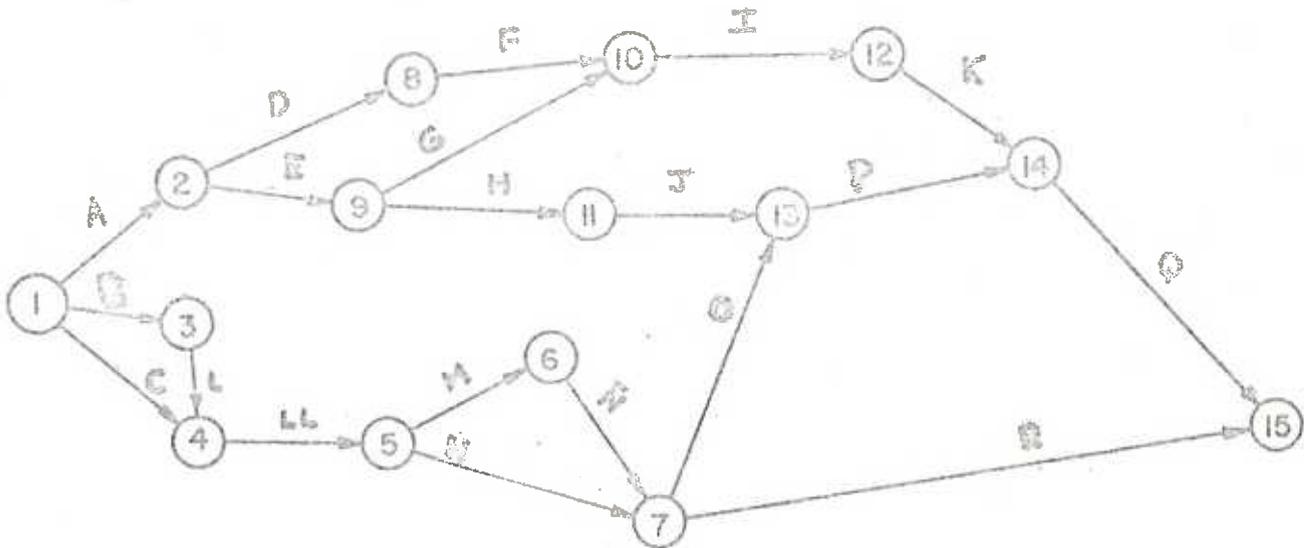
DIBUJE LA RED QUE CUMPLE LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- Del suceso o nudo de origen parten las actividades A, B y C
- La actividad A precede inmediatamente a las actividades D y E
- La actividad D precede inmediatamente a la actividad F
- La actividad E precede inmediatamente a las actividades G y H
- Las actividades F y G preceden inmediatamente a la actividad I
- La actividad H precede inmediatamente a la actividad J
- La actividad I precede inmediatamente a la actividad K
- La actividad B precede inmediatamente a la actividad L
- Las actividades C y L preceden inmediatamente a la actividad LL
- La actividad LL precede inmediatamente a las actividades M y N
- La actividad M precede inmediatamente a la actividad Ñ
- Las actividades N y Ñ preceden inmediatamente a las actividades O y R
- Las actividades J y O preceden inmediatamente a la actividad P
- Las actividades K y P preceden inmediatamente a la actividad Q
- Al realizarse las actividades Q y R se realiza el suceso final u objetivo del proyecto.

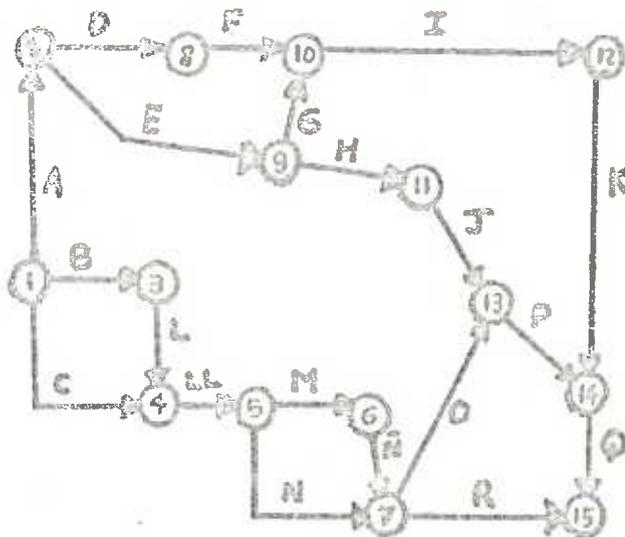
(RECUERDE: EMPLEE LAPIZ Y GOMA DE BORRAR)

(EN LA PAGINA SIGUIENTE TIENE UD. LA SOLUCION . NO MIRE HASTA HABER HECHO UD. EL DISEÑO DE LA RED)

SOLUCION DEL EJERCICIO NUMERO UNO



RECUERDE: Lo único que una red tiene que respetar son las relaciones de precedencia entre actividades. Por ejemplo, la red que hemos dibujado aquí → es otra solución igualmente correcta.



De forma análoga, hay varias numeraciones correctas para una misma red. Lo único que hay que respetar es que un nudo no tenga nunca un número inferior al de otro nudo del que parta una actividad que acabe en él. Por ejemplo, aquí tiene Ud. otras tres formas de numerar los nudos de esta red del ejercicio numero uno que son igualmente correctas:

Nudo nº 1 = 1
 Nudo nº 2 = 4
 Nudo nº 3 = 2
 Nudo nº 4 = 3
 Nudo nº 5 = 9
 Nudo nº 6 = 10
 Nudo nº 7 = 11
 Nudo nº 8 = 5
 Nudo nº 9 = 6
 Nudo nº 10 = 7

Nudo nº 11 = 12
 Nudo nº 12 = 8
 Nudo nº 13 = 13
 Nudo nº 14 = 14
 Nudo nº 15 = 15
 =====
 Nudo nº 1 = 1
 Nudo nº 2 = 3
 Nudo nº 3 = 2
 Nudo nº 4 = 9
 Nudo nº 5 = 10

Nudo nº 6 = 11
 Nudo nº 7 = 12
 Nudo nº 8 = 4
 Nudo nº 9 = 5
 Nudo nº 10 = 6
 Nudo nº 11 = 8
 Nudo nº 12 = 7
 Nudo nº 13 = 13
 Nudo nº 14 = 14
 Nudo nº 15 = 15
 =====

LE DIJIMOS TRES.
 AQUI TIENE UD.
 DOS .¿ PUEDE UD.
 ESCRIBIR LA 3ª?
 14=14, 15=15
 12=13, 13=12,
 9=8, 10=11, 11=10
 5=4, 6=5, 7=6, 8=9
 1=1, 2=7, 3=2, 4=3

1.4. TIEMPOS

Ya hemos dicho que en PERT el tiempo es el común denominador al cual se reducen todos los otros parámetros que caracterizan una actividad.

La disponibilidad de medios, el personal con que contamos, - las posibilidades financieras, las Técnicas aplicables, el - nivel de organización, todos los factores que intervienen en la realización de una actividad se reducen en PERT al tiempo de duración de la actividad.

La duración de todas las actividades de un programa se expresa en una sola unidad común de medida de tiempo. Esa unidad se escoge teniendo en cuenta la duración total del programa. Puede ser "el día", "la semana", "la hora", "el minuto".etc. La condición básica es que sea unidad común de medida para - todas las actividades.

1.4.1. El cálculo de la duración

El cálculo de la duración de una actividad se realiza en PERT mediante la obtención de tres estimaciones de tiempo para cada actividad. La obtención de estas estimaciones está comprendida en la fase más delicada - de la obtención de datos.

1.4.2. Tres estimaciones de tiempo: optimista, pesimista y normal

Para toda la actividad se requieren tres tiempos

- tiempo optimista a.
- tiempo pesimista b.
- tiempo normal n.

- Tiempo optimista es el que duraría una actividad en el supuesto de que todo funcione perfectamente.

- Tiempo pesimista es el que duraría una actividad en el supuesto de que todo funcione mal.

- Tiempo normal es el que duraría una actividad en el supuesto de que las cosas se realicen normalmente, contando con las dificultades que se representan normalmente en ese tipo de trabajo.

1.4.3. ¿A quien se piden las estimaciones de tiempos?

Las tres estimaciones de tiempo se solicitan a la persona o al grupo de personas competentes del departamento, sección u oficina a que corresponde realizar - la actividad.

1.4.4. ¿Cómo se piden las estimaciones de tiempo?

- + En primer lugar, es preciso subrayar a las personas que han de dar las estimaciones de tiempo que
 - EL CONTENIDO DE TRABAJO A QUE SE REFIEREN LAS TRES ESTIMACIONES DE TIEMPO ES EL MISMO.
 - LOS RECURSOS EMPLEADOS EN LA ACTIVIDAD SON LOS MISMOS PARA LAS TRES ESTIMACIONES DE TIEMPO.

Un cambio en los recursos disponibles (un hombre más, una máquina más, etc.) supone cambiar las tres estimaciones de tiempo.

Un cambio en el contenido del trabajo (P.e. tabular 20 cuestionarios en vez de 40) supone cambiar las tres estimaciones de tiempo.

- + En segundo lugar, es preciso que las personas a quienes se piden las tres estimaciones de tiempo conozcan a fondo el trabajo de que se trata y que hayan definido bien las dificultades técnicas que hay que superar y los medios (máquinas, personal, dinero, etc.) de los cuales disponen.
- + En tercer lugar es preciso pedir las estimaciones de tiempos de las distintas actividades sin seguir la secuencia lógica de las actividades en la red Si seguimos la secuencia lógica corremos el riesgo de que cada uno vaya añadiendo su margen de seguridad en su afán de "quedar bien". SE DEBEN PEDIR LAS ESTIMACIONES DE TIEMPOS ESCOGIENDO AL AZAR LA ACTIVIDAD INVESTITA EN CADA CASO.
- + En cuarto lugar, conviene que al pedir las tres estimaciones de tiempo referidas a una actividad se siga el siguiente orden.

- 1º.- Preguntar el tiempo optimista
Es la estimación más fácil de conseguir.
Es el tiempo que "se le viene a la cabeza" a cada uno.
- 2º.- Preguntar el tiempo pesimista
Es la estimación más difícil de conseguir.
Exige pensar con mentalidad prospectiva.
Exige imaginación para prever cuales son las dificultades que pueden surgir y los problemas que pueden plantearse. Por ello es la más útil.
- 3º.- Preguntar el tiempo normal
Exige tener en cuenta la experiencia de trabajos iguales o similares al de la actividad de que se trate.

1.4.5. Cálculo del tiempo previsto: Te

Una vez hemos obtenido las tres estimaciones de tiempo (tiempo optimista, tiempo pesimista y tiempo normal) estamos en condiciones de calcular el tiempo previsto para la actividad.

La fórmula es la siguiente:

Sea T_e el tiempo previsto; a el tiempo optimista; n el tiempo normal y b el tiempo pesimista.

Fórmula para el cálculo del tiempo previsto

$$T_e = \frac{a+4n+b}{6}$$

Por ejemplo: Sea la actividad "visita a los Municipios" para recoger los cuestionarios de la Encuesta de Municipios.

Tiempo optimista $a = 6$ días
Tiempo normal $n = 16$ días
Tiempo pesimista $b = 50$ días

$$\begin{aligned} \text{Tiempo previsto } T_e &= \frac{a + 4n + b}{6} = \frac{6 + (4 \times 16) + 50}{6} = \\ &= \frac{120}{6} = 20 \text{ días} \end{aligned}$$

1.4.6. Explicación de la fórmula de cálculo del tiempo previsto

El tiempo previsto es una función de los tres tiempos a , n y b . O sea $T_e = f(a, n, b)$

La experiencia y la intuición nos indican que la distribución estadística de las duraciones de una actividad es semejante a la representada en la figura 33

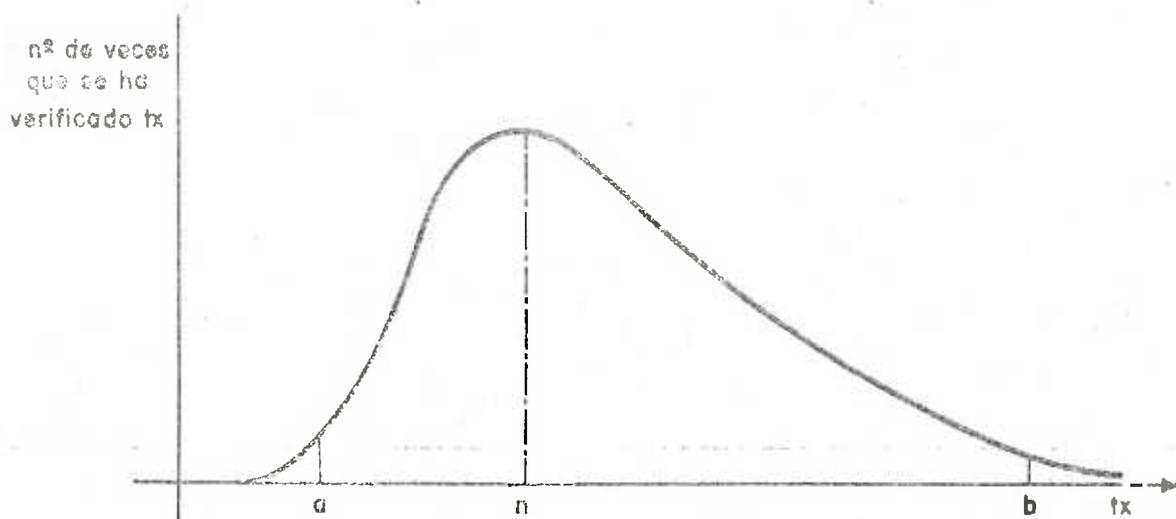


FIGURA 33

Es decir, una distribución de tipo β_1 (para una explicación más detallada vease anexo 1). Para determinar la dependencia funcional consideramos una distribución estadística de tipo β_1 representada en la figura 34 en la que M sea el punto central del intervalo $b - a$.

$$M = \frac{a + b}{2}$$

y T_e el tiempo más probable (tiempo esperado o tiempo) que buscamos.

Realizando el análisis de la distribución Beta, se tiene que el tiempo T_e , más probable (o tiempo previsto) es aquel que cuenta con el 50 % de probabilidades de realizarse; el tiempo T_e buscado dividirá el área comprendida en la curva en dos partes iguales.

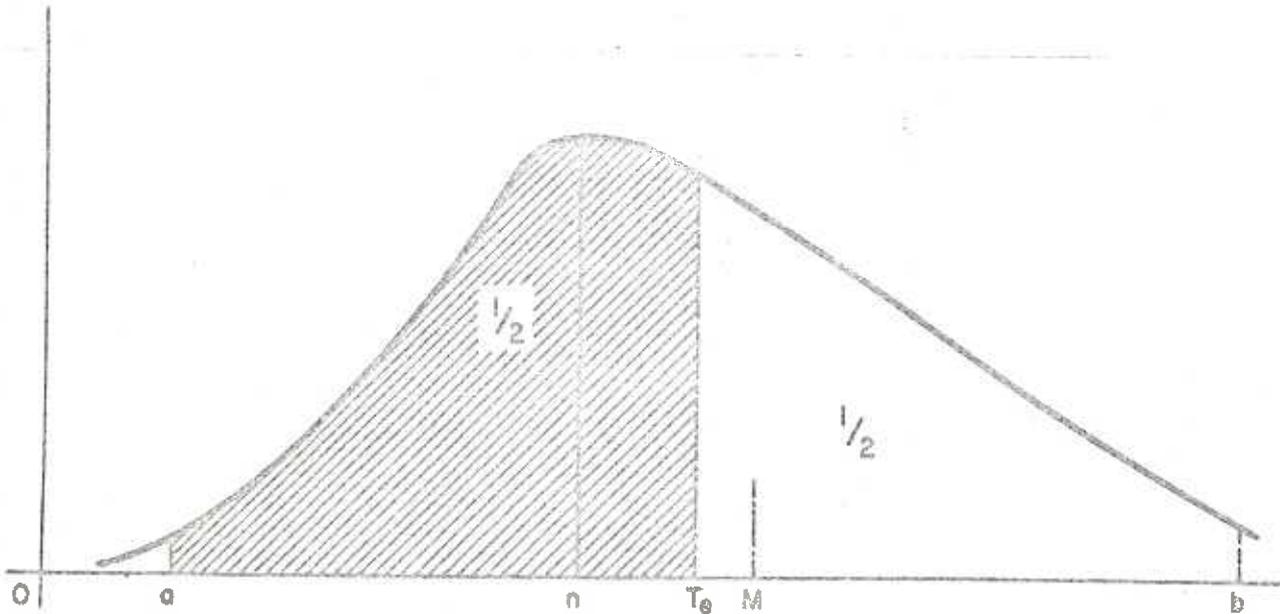


FIGURA 34

Cuando este hecho se expresa, según la teoría estadística se iguala T_e a una media ponderada de n y M , dando un peso 2 a n , y un peso 1 a M .

en fórmula: $T_e = \frac{2n + M}{3}$

y puesto que $M = \frac{a + b}{2}$

$$T_e = \frac{2n + \frac{a + b}{2}}{3} = \frac{a + 4n + b}{6}$$

que es la fórmula que hemos dado antes para el cálculo del tiempo previsto.

1.4.7. Posibilidad del cálculo manual.

Al llegar a este punto es preciso salir al paso de una falsa impresión. Esta:

Para calcular los tiempos previstos de una red es necesaria una calculadora electrónica.

La respuesta a esta afirmación es: SEGUN. Según sea de compleja la red.

Con un mínimo de práctica se puede calcular en una hora una red de 125 nudos. Para "meter" en una calculadora el cálculo de esa red de 125 sucesos, HAY QUE DEDICAR DOS HORAS a la preparación de los datos.

De hecho, y por esta razón en la General Eléctrica - del 30 al 40 % de los cálculos se hacen a mano.

2. METODO DE CALCULO

2.1. Las fases.

El cálculo PERT se realiza en cinco fases que son las siguientes:

- 1ª FASE: Obtención de los datos.
- 2ª FASE: Cálculo de los tiempos previstos.
- 3ª FASE: Cálculo de los Tmin.
- 4ª FASE: Cálculo de los Tmax.
- 5ª FASE: Examen de los resultados.

2.2. Primera fase. Obtención de los datos.

Hemos estudiado ya ampliamente esta fase en el capítulo anterior. En ella se examinan las características del programa, se hace la lista de las actividades que comprende, se establecen las interdependencias de las actividades, se representa gráficamente la red, se obtienen las tres estimaciones de tiempo para cada actividad.

ES UNA FASE BASICA. De la bondad de los datos obtenidos depende la bondad del cálculo.

2.3. Segunda fase: Cálculo de los tiempos previstos:

En esta fase se calcula para cada actividad el tiempo previsto T_e según la fórmula dada que, repetimos, es

$$T_e = \frac{a + 4n + b}{6}$$

2.4. Tercera fase: Cálculo de los Tmin. (Cálculo de las fechas mínimas).

Vamos a operar con una red cualquiera sencilla.

Por ejemplo la de la figura 35.

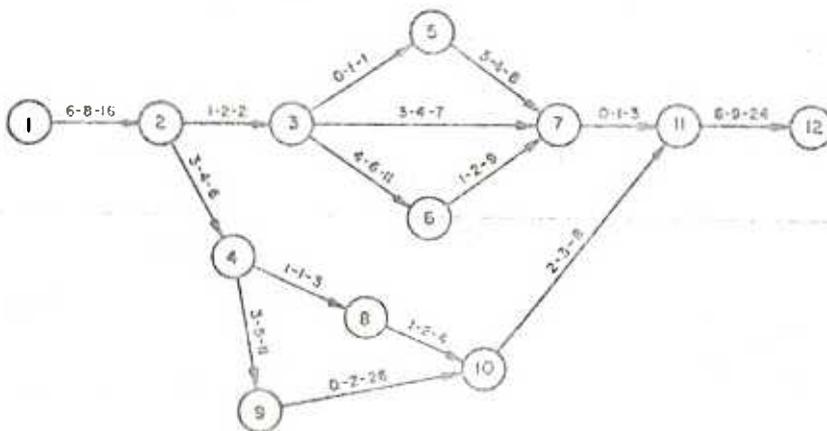
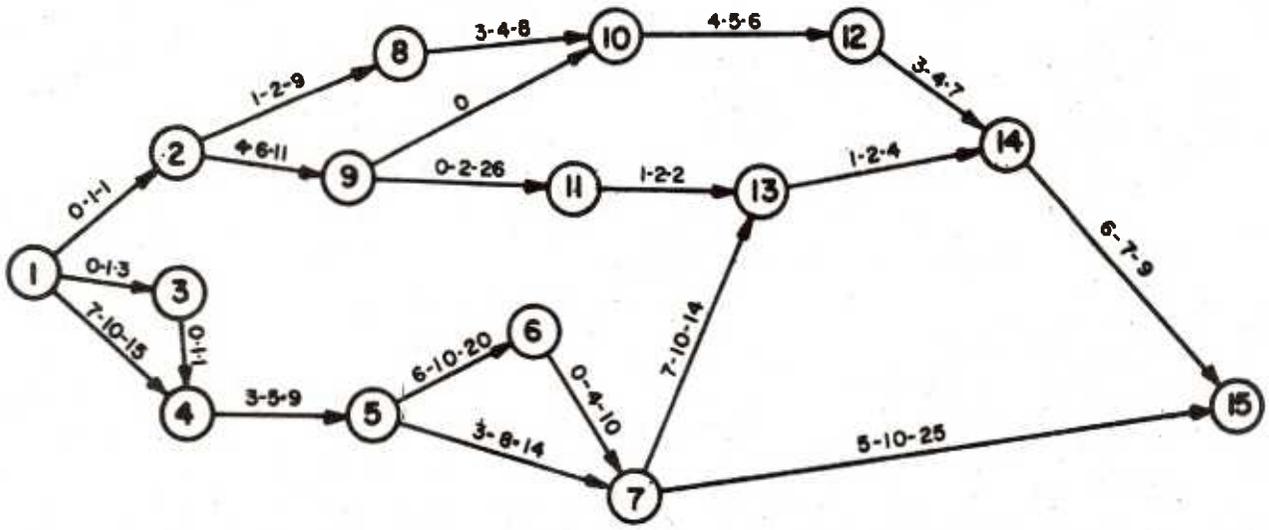


FIGURA 35



EJERCICIO NUMERO DOS

Sobre cada flecha tiene Vd. indicados, por este orden, el tiempo optimista, el normal y el pesimista. CALCULE VD. PARA CADA FLECHA O ACTIVIDAD EL TIEMPO PREVISTO (T_e). REFLEJELO EN EL CUADRO. COMPRUEBE SUS SOLUCIONES EN EL CUADRO DEL EJERCICIO NUMERO TRES (Pagina 36).
 (Nota, saque un decimal)



Actividad		Te tiempo previsto (duración de la actividad)
Nudo de llegada	Nudo de partida	
2	1	
3	1	
4	1	
4	3	
5	4	
6	5	
7	5	
7	6	
8	2	
9	2	

Actividad		Te tiempo previsto (duración de la actividad)
Nudo de llegada	Nudo de partida	
10	8	
10	9	
11	9	
12	10	
13	7	
13	11	
14	12	
14	13	
15	7	
15	14	

Supongamos que ya se han calculado los T_e de forma que las tres estimaciones de tiempo se hayan reducido a una sola, de la forma que expresa la figura 36.

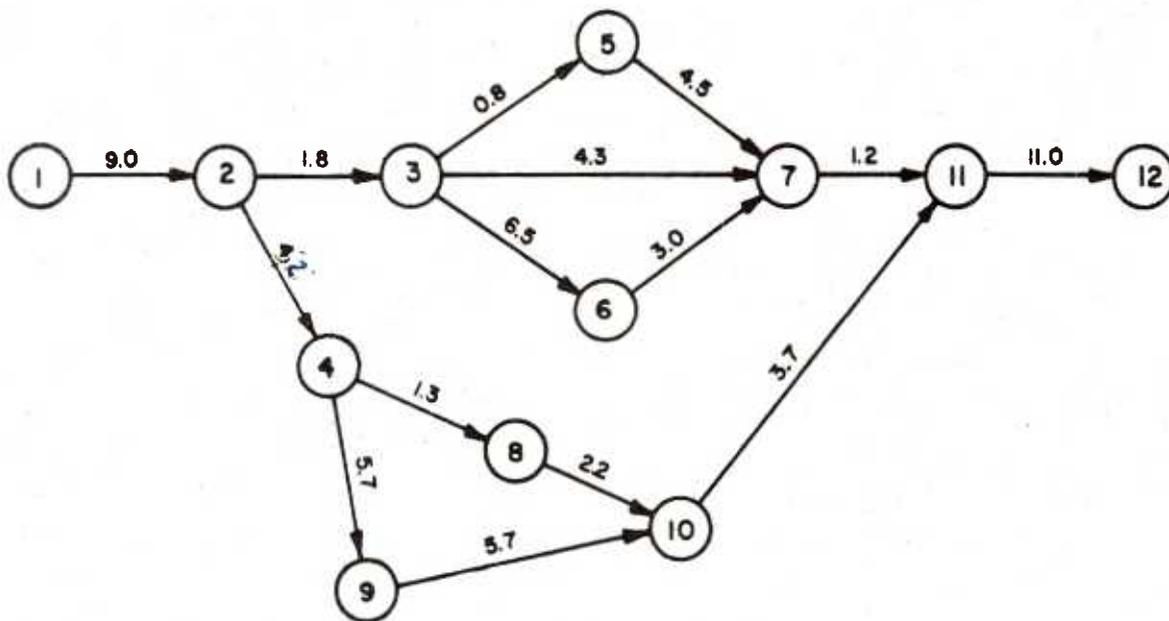


FIGURA 36

Como ya hemos indicado anteriormente, a la fecha que corresponde al nudo de partida le damos un valor igual a cero (tomándola como fecha de referencia). Entonces al nudo 2 se le atribuirá un tiempo correspondiente a la fecha del nudo 1, aumentada por la duración de la actividad que va del nudo 1 al nudo 2. A este tiempo le llamaremos $(T_{min})_2$ y resultará:

$$(T_{min})_2 = (T_{min})_1 + T_e = 0 + 9,0 = 9$$

Fácilmente se pueden calcular los nudos 3 y 4 sumando a $(T_{min})_2$ los tiempos correspondientes:

$$(T_{min})_3 = (T_{min})_2 + 1,8 = 9 + 1,8 = 10,8$$

$$(T_{min})_4 = (T_{min})_2 + 4,2 = 9 + 4,2 = 13,2$$

Es igualmente sencillo es calcular los nudos 5 y 6, y 8 y 9

$$(T_{min})_5 = (T_{min})_3 + 0,8 = 10,8 + 0,8 = 11,6$$

$$(T_{min})_6 = (T_{min})_3 + 6,5 = 10,8 + 6,5 = 17,3$$

$$(T_{min})_8 = (T_{min})_4 + 1,3 = 13,2 + 1,3 = 14,5$$

$$(T_{min})_9 = (T_{min})_4 + 5,7 = 13,2 + 5,7 = 18,9$$

Para el nudo 7 hay que tener en cuenta que se puede llegar a él a través de las actividades que parten respectivamente de los nudos 3, 5 y 6.

Para determinar $(T_{min})_7$ hay que comparar los tres tiempos

$$(T_{min})_7 = (T_{min})_5 + 4,5 = 11,6 + 4,5 = 16,1$$

$$(Tmin)_{7'} = (Tmin)_3 + 4,3 = 10,8 + 4,3 = 15,1$$

$$(Tmin)_{7''} = (Tmin)_6 + 3,0 = 17,3 + 3,0 = 20,3$$

Y ESCOGER **EL MAYOR** DE TODOS ELLOS, que en este caso es $(Tmin)_{7''}$, y entonces se tendrá.

$$(Tmin)_7 = (Tmin)_{7''} = 20,3$$

Lo mismo nos sucede con el nudo 10, al que es posible llegar a partir de las actividades que comienzan en los nudos 8 y 9.

$$(Tmin)_{10'} = (Tmin)_8 + 2,2 = 14,5 + 2,2 = 16,7$$

$$(Tmin)_{10''} = (Tmin)_4 + 5,7 = 18,9 + 5,7 = 24,6$$

En este caso:

$$(Tmin)_{10} = (Tmin)_{10''} = 24,6$$

El cálculo se continuará de este modo, sumando las duraciones de las actividades al (Tmin) correspondiente al nudo de partida, y tomando como Tmin del nudo al que lleguen varias actividades la mayor de las fechas entre todas las calculadas a lo largo de todos los caminos posibles.

El Tmin de un nudo, REPRESENTA LA FECHA MINIMA ANTES DE LA CUAL NO ES POSIBLE COMENZAR LAS ACTIVIDADES QUE PARTEN DE EL.

El Tmin del nudo final, REPRESENTA LA FECHA MINIMA ANTES DE LA CUAL NO ES POSIBLE ACABAR EL PROGRAMA.

Los Tmin se representan encerrándolos en un pequeño círculo a la izquierda del nudo correspondiente. Por ejemplo, en la figura 37 se han reflejado los Tmin de la red que estábamos calculando como ejemplo.

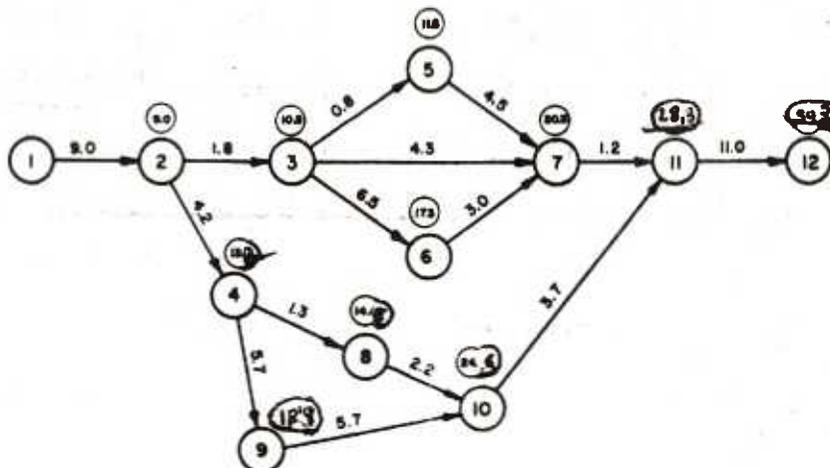


FIGURA 37

Para facilitar la realización de esta fase del cálculo y la de las posteriores resulta cómodo disponer los datos y los resultados en forma de tabla tal como la recogida en la figura 38:

ACTIVIDAD		Te (tiempo previsto) (duración de la actividad)	Tmin Fecha mínima	
Nudo de llegada	Nudo de partida		Iniciación	Terminación
2	1	9,0	0	9,0
3	2	1,8	9	10,8
4	2	4,2	9	13,2
5	3	0,8	10,8	11,6
6	3	6,5	10,8	17,3
7	3	4,3	10,8	15,1
7	5	4,5	11,6	16,1
(7)	6	3,0	17,3	(20,3)
8	4	1,3	13,2	14,5
9	4	5,7	13,2	18,9
10	8	2,2	14,5	16,7
(10)	9	5,7	18,9	(24,6)
11	7	1,2	20,3	21,5
(11)	10	3,7	24,6	(28,3)
12	11	11,0	28,3	39,3

Fig. 38

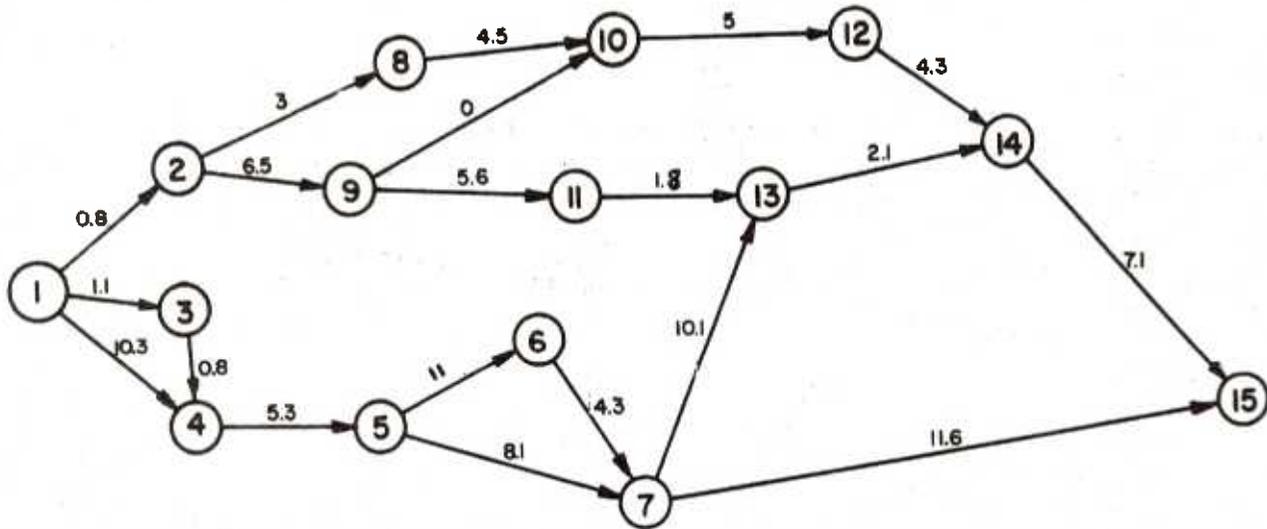
Veamos una fila cualquiera de datos de la tabla. Por ejemplo la tercera. En la primera columna figura el número 4. Ello nos indica que la actividad de que se trata acaba, llega, desemboca en el nudo 4 de la red. En la segunda columna figura el número 2. Ello significa que la actividad de que se trata comienza en el nudo 2 de la red. La cantidad 4,2 que figura en la columna tercera nos indica que el tiempo previsto para esa actividad, calculado según la fórmula $T_e = \frac{a + 4n + b}{6}$

es igual a 4,2 unidades de tiempo. En la cuarta columna figura la cantidad 9 que corresponde al tiempo mínimo (T_{min}) del nudo de partida (el 2). Significa que la actividad de que se trata no puede comenzar antes del día (o de la semana, o del mes, según la unidad de tiempo que empleemos) 9 del proyecto. La cantidad 13,2, que figura en la quinta columna es el (T_{min}) 4. El tiempo mínimo del nudo 4. Ha sido calculada sumando al tiempo mínimo del nudo de partida el tiempo previsto para la actividad. Y nos indica la fecha mínima antes de la cual no se habrá producido el suceso 4. Antes de la cual no debe esperarse que acabe la actividad 2-4.

Cuando se trata de nudos que, como el 7, son nudos de llegada de varias actividades, en la tabla aparecen varias filas de datos (en la figura 38, las filas sexta, séptima y octava) con el mismo número de nudo en la primera columna, variando los nudos de partida y sus respectivos datos. Sabemos que el tiempo mínimo correspondiente al nudo 7 es el más grande de los tres. Lo indicamos así encerrando en un círculo la cantidad de la columna quinta que representa el T_{min} más grande de los posibles para ese nudo. Y encerrando también en un círculo en la primera columna el número del nudo que corresponde a la fila donde está esa cantidad más grande.

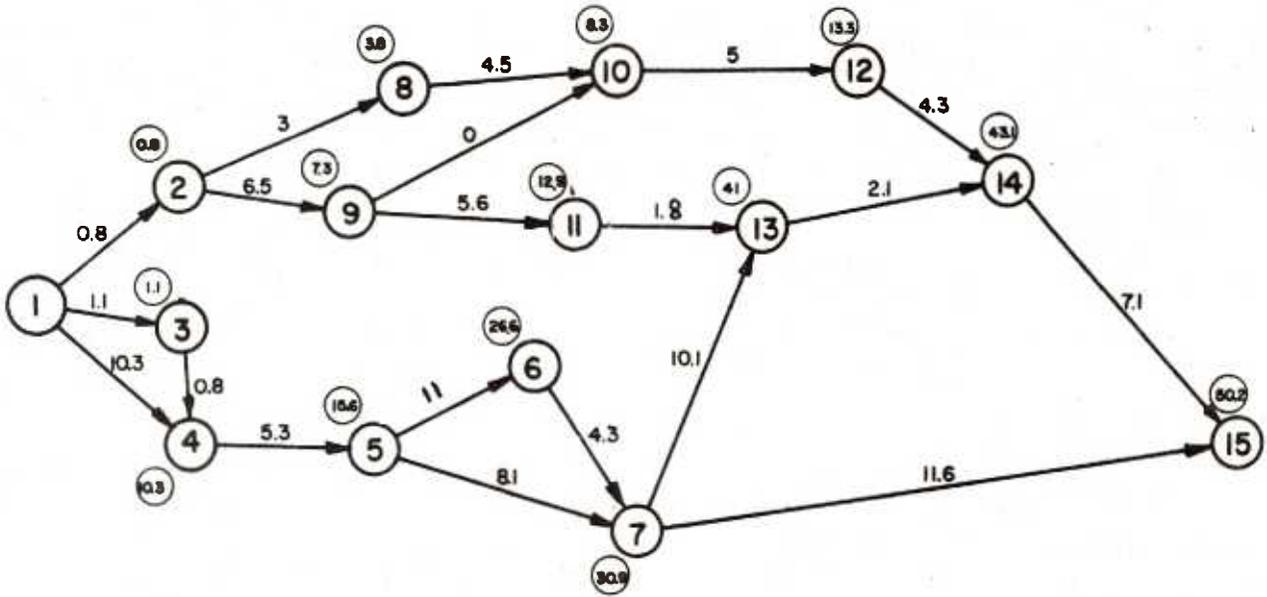


EJERCICIO NUMERO TRES: CALCULE VD. LOS T_{min} (fechas mínimas) DE ESTA RED. REFLEJELO EN EL CUADRO. LA SOLUCION EN LA PAGINA SIGUIENTE.



Actividad		T _e tiempo previsto (duración de la actividad)	T _{min} fecha mínima	
Nudo de llegada	Nudo de partida		iniciación	terminación
2	1	0,8		
3	1	1,1		
4	1	10,3		
4	3	0,8		
5	4	5,3		
6	5	11,0		
7	5	8,1		
7	6	4,3		
8	2	3,0		
9	2	6,5		
10	8	4,5		
10	9	0		
11	9	5,6		
12	10	5,0		
13	7	10,1		
13	11	1,8		
14	12	4,3		
14	13	2,1		
15	7	11,6		
15	14	7,1		

SOLUCION DEL EJERCICIO NUMERO TRES.



Actividad		Te tiempo previsto (duración de la actividad)	Tmin fecha mínima	
Nudo de llegada	Nudo de partida		iniciación	terminación
2	1	0,8	0	0,8
3	1	1,1	0	1,1
4	1	10,3	0	10,3
4	3	0,8	1,1	1,9
5	4	5,3	10,3	15,6
6	5	11,0	15,6	26,6
7	5	8,1	15,6	23,7
7	6	4,3	26,6	30,9
8	2	3,0	0,8	3,8
9	2	6,5	0,8	7,3
10	8	4,5	3,8	8,3
10	9	0	7,3	7,3
11	9	5,6	7,3	12,9
12	10	5,0	8,3	13,3
13	7	10,1	30,9	41,0
13	11	1,8	12,9	14,7
14	12	4,3	13,3	17,6
14	13	2,1	41,0	43,1
15	7	11,6	30,9	42,5
15	14	7,1	43,1	50,2

2.5. Cuarta fase: Cálculo de los Tmax (Cálculo de las fechas máximas).

Realizando en la tercera fase el cálculo de las fechas mínimas (Tmin) hemos obtenido la fecha del nudo final. Vamos a hacer ahora un cálculo al contrario.

Para ello restamos la duración de cada actividad de la fecha mínima del nudo final correspondiente a esa actividad. Obtendremos un valor que vamos a llamar Tmax.

Por ejemplo, en la red de la figura 37, hallamos el Tmax del nudo 11. Será

$$(Tmax)_{11} = (Tmax)_{12} - Te = 39,3 - 11,0 = 28,3$$

Continuemos:

$$(Tmax)_{10} = (Tmax)_{11} - 3,7 = 28,3 - 3,7 = 24,6$$

$$(Tmax)_8 = (Tmax)_{10} - 2,2 = 24,6 - 2,2 = 22,4$$

$$(Tmax)_9 = (Tmax)_{10} - 5,7 = 24,6 - 5,7 = 18,9$$

Pero ¿cuál es el $(Tmax)_4$? Análogamente a como hicimos al calcular las fechas mínimas, al encontrarnos en el caso de un nudo del que partan varias actividades, habrá que escoger entre las fechas $(Tmax)$ calculadas a lo largo de todos los arcos a través de los cuales es posible, retrocediendo, alcanzar ese nudo.

En este caso, sin embargo, se elegirá el valor MENOR.

Por ejemplo:

$$(Tmax)'_4 = (Tmax)_8 - 1,3 = 22,4 - 1,3 = 21,1$$

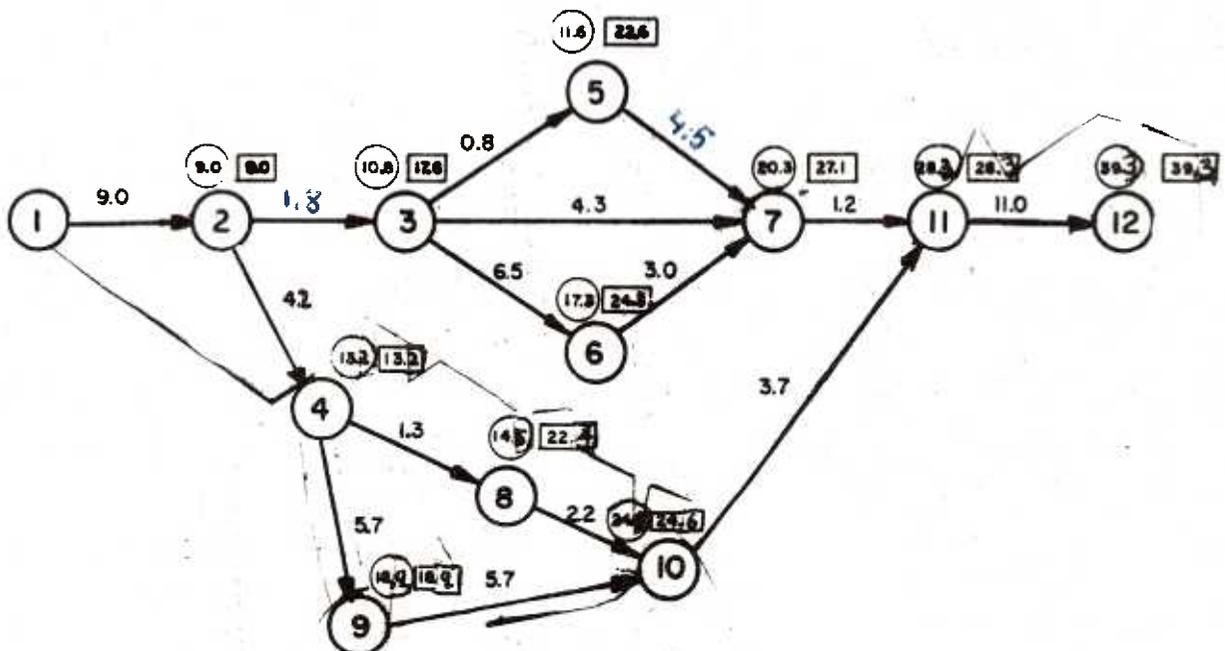
$$(Tmax)''_4 = (Tmax)_9 - 5,7 = 18,9 - 5,7 = 13,2$$

$$(Tmax)_4 = (Tmax)''_4 = 13,2$$

Y así sucesivamente.

Los $(Tmax)$ se representan en la red colocándolos, encerrados en un pequeño cuadrado situado a la derecha del nudo correspondiente.

Véase la figura 39 en la que se han reflejado los Tmin y los Tmax.



El (Tmax) de un nudo REPRESENTA LA FECHA MAXIMA DE LA CUAL NO SE DEBE PASAR PARA DAR COMIENZO A LAS ACTIVIDADES QUE PARTEN DE EL.

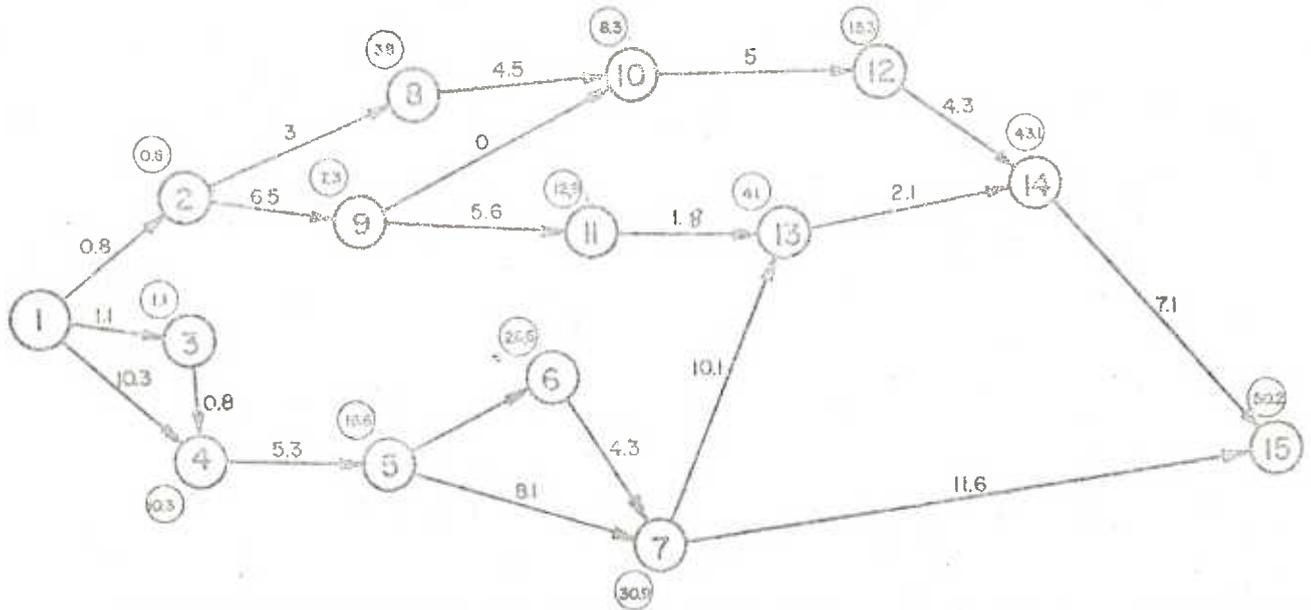
Cualquier retraso sobre la fecha máxima repercutiría sobre la fecha final.

Añadamos ahora los datos de las fechas máximas a la tabla de la figura 38 y obtendremos la tabla que se recoge en la figura 40.

ACTIVIDAD		Te tiempo previsto (duración de la actividad)	Tmin Fecha mínima		Tmax Fecha máxima	
Nudo de llegada	Nudo de partida		Ini- ciación	Termi- nación	Ini- ciación	Termi- nación
2	1	9,0	0	9,0	0	9,0
3	2	1,8	9,0	10,8	15,8	17,6
4	2	4,2	9,0	13,2		13,2
5	3	0,8	10,8	11,6	21,8	22,6
6	3	6,5	10,8	17,3	17,3	24,1
7	3	4,3	10,8	15,1	22,8	27,1
7	5	4,5	11,6	16,1	22,6	27,1
7	6	3,0	17,3	20,3	24,1	27,1
8	4	1,3	13,2	14,5	21,1	22,4
9	4	5,7	13,2	18,9	18,9	18,9
10	8	2,2	14,5	16,7	22,4	24,6
10	9	5,7	18,9	24,6	18,9	24,6
11	7	1,2	20,3	21,5	27,1	28,3
11	10	3,7	24,6	28,3	24,6	28,3
12	11	11,0	28,3	39,3	28,3	39,3

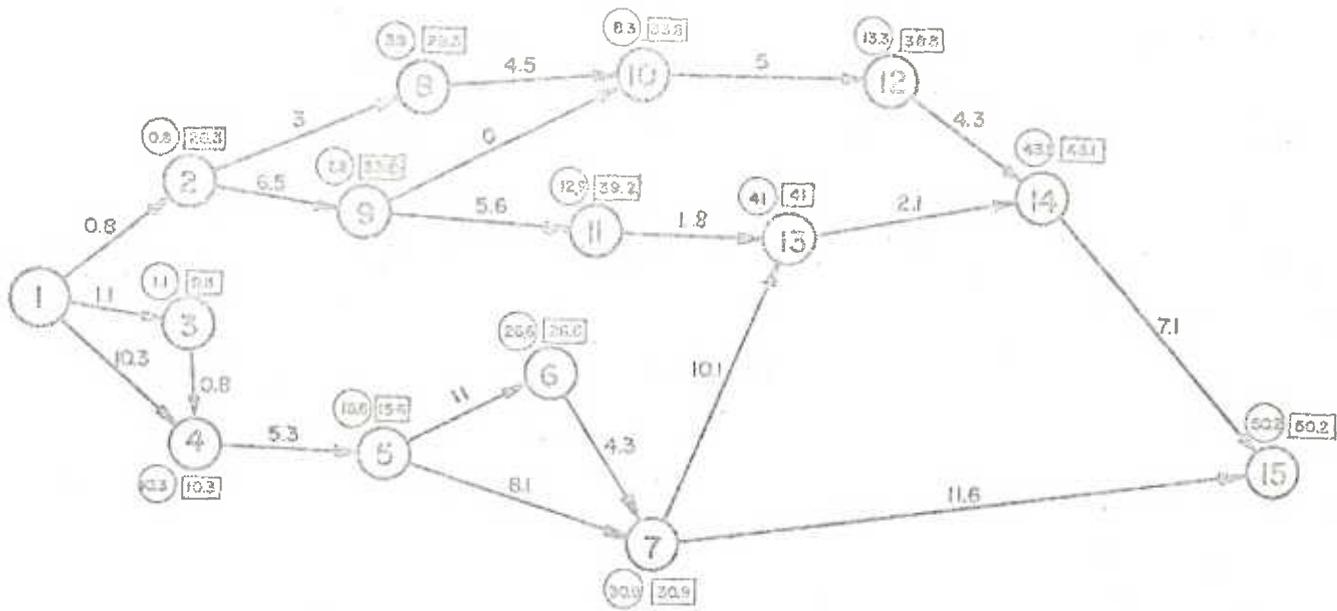
Fig. 40

EJERCICIO NUMERO CUATRO: CALCULE VD. LOS Tmax (fechas máximas) DE ESTA RED. REFLEJELO EN EL CUADRO. LA SOLUCION EN LA PAGINA SIGUIENTE.



ACTIVIDAD		TIEMPO PREVISTO (Duración de la actividad)	T _{min} FECHA MINIMA		T _{max} FECHA MAXIMA	
Nudo de llegada	Nudo de partida		Iniciación	Terminación	Iniciación	Terminación
2	1	0,8	0	0,8		
3	1	1,1	0	1,1		
4	1	10,3	0	10,3		
4	3	0,8	1,1	1,9		
5	4	5,3	10,3	15,6		
6	5	11,0	15,6	26,6		
7	5	8,1	15,6	23,7		
7	6	4,3	26,6	30,9		
8	2	3,0	0,8	3,8		
9	2	6,5	0,8	7,3		
10	8	4,5	3,8	8,3		
10	9	0	7,3	7,3		
11	9	5,6	7,3	12,9		
12	10	5,0	8,3	13,3		
13	7	10,1	30,9	41,0		
13	11	1,8	12,9	14,7		
14	12	4,3	13,3	17,6		
14	13	2,1	41,0	43,1		
15	7	11,6	30,9	42,5		
15	14	7,1	43,1	50,2		

SOLUCION DEL EJERCICIO NUMERO CUATRO.



A. C T I V I D A D		T I E M P O PREVISTO (Duración de la activi- dad)	T _{min.} FECHA MINIMA		T _{max} FECHA MAXIMA	
Nudo de llegada	Nudo de partida		Inicia ción	Termina ción	Inicia ción	Termina ción
2	1	0,8	0	0,8	25,5	26,3
3	1	1,1	0	1,1	8,4	9,5
(4)	(1)	10,3	0	(10,3)	(0)	10,3
4	3	0,8	1,1	1,9	9,5	10,3
5	4	5,3	10,3	15,6	10,3	15,6
6	(5)	11,0	15,6	26,6	(15,6)	26,6
7	5	8,1	15,6	23,7	22,8	30,9
(7)	6	4,3	26,6	(30,9)	26,6	30,9
8	(2)	3,0	0,8	3,8	(26,3)	29,3
9	2	6,5	0,8	7,3	27,1	33,6
(10)	8	4,5	3,8	(8,3)	29,3	33,8
10	9	0	7,3	7,3	33,8	33,8
11	(9)	5,6	7,3	12,9	(33,6)	39,2
12	10	5,0	8,3	13,3	33,8	38,8
(13)	(7)	10,1	30,9	(41,0)	(30,9)	41,0
13	11	1,8	12,9	14,7	39,2	41,0
14	12	4,3	13,3	17,6	38,8	43,1
(14)	13	2,1	41,0		41,0	43,1
15	7	11,6	30,9	42,5	38,6	50,2
(15)	14	7,1	43,1	(50,2)	43,1	50,2



2.6. QUINTA FASE: EXAMEN DE LOS RESULTADOS.

Realizadas ya las cuatro fases anteriores poseemos los datos necesarios para pasar a la fase más fecunda: examen de los resultados.

2.6.1. Holgura de un nudo.

En las fases tercera y cuarta hemos obtenido las fechas mínimas (T_{min}) y (T_{max}) de cada nudo.

Restando del T_{max} el T_{min} de un nudo obtenemos la holgura o tiempo libre de ese nudo. Por ejemplo, en la red de la figura 39 la holgura del nudo 7 se calcula de la siguiente forma:

$$(T_{max})_7 - (T_{min})_7 = 27,1 - 20,3 = 6,8 = \text{holgura del nudo 7}$$

La holgura o tiempo libre de un nudo es el INTERVALO DEL TIEMPO ENTRE CUYOS LIMITES SE PUEDE FIJAR LIBREMENTE EL COMIENZO DE LAS ACTIVIDADES QUE PARTEN DE ESE NUDO, con la seguridad de que esa fijación

- es compatible con cuanto precede
- no influye negativamente en la fecha final

2.6.2. Holgura de una actividad: sus clases.

La holgura, o tiempo libre, no es un concepto solo aplicable a los nudos. También se aplica a las actividades. Ahora bien, como quiera que toda actividad está definida por un nudo de partida y un nudo de llegada, para una actividad ij definida por los nudos i , de partida, y j , de llegada, en el cálculo de su holgura juegan cinco datos.

- El T_{max} del nudo de partida i
- El T_{min} del nudo de partida i
- El T_{max} del nudo de llegada j
- El T_{min} del nudo de llegada j
- La duración (T_e) de la actividad

Según juguemos con unos u otros de estos cinco datos calcularemos las distintas clases de holgura de la actividad: holgura total, holgura libre, holgura independiente.

Recordemos que, en general

holgura de una actividad es

el tiempo que sobra para realizarla

Para aplicar las distintas definiciones de holgura - de una actividad tomemos como ejemplo la actividad de la figura. 41.



Fig. 41.

2.6.2.1. Holgura total de una actividad.

Tomemos el Tmax del nudo de llegada y el Tmin del nudo de partida. Es decir, supongamos que la actividad o las actividades anteriores acaban lo antes posible y que la actividad o actividades posteriores empiezan lo más tarde posible (naturalmente sin que la duración total del proyecto aumente).

En nuestro ejemplo de la fig. 41.

$$(Tmax)_j = 20$$

$$(Tmin)_i = 6$$

Restemos del tiempo máximo del nudo j el tiempo mínimo del nudo i

$$(Tmax)_j - (Tmin)_i = 20 - 6 = 14$$

restemos ahora de ese resultado la duración de la actividad ij

$$(Te)_{ij} = 4$$

$$[(Tmax)_j - (Tmin)_i] - (Te)_{ij} = 14 - 4 = 10$$

Esa es la "holgura total" de la actividad ij

La "holgura total" de una actividad es la holgura (o tiempo libre) que tendría el encargado de realizarla actividad si los que van antes que él terminaran su trabajo lo antes posible y los que van después empezaran el suyo lo más tarde posible.

Formula de la "holgura total" de una actividad ij

$$Hi_j = [(Tmax)_j - (Tmin)_i] - Te_{ij}$$

2.6.2.2. Holgura libre.

Tomemos ahora los (Tmin) de los nudos de partida y de llegada es decir, supongamos que la actividad o actividades anteriores acaban lo antes posible pero que la actividad o las actividades posteriores queremos empezarlas lo antes posible. Las operaciones serían las siguientes:

$$\left[(T_{min})_j - (T_{min})_i \right] - T_{eij} = h_{ij}$$

En nuestro ejemplo

$$[15 - 6] - 4 = 9 - 4 = 5$$

hallando así la "holgura libre" de la actividad.

La "holgura libre" de una actividad es el tiempo sobrante de que dispone el encargado de una actividad - si los que van antes que él terminan lo antes posible pero los que van detrás también quieren empezar lo antes posible.

Fórmula de la "holgura libre" de una actividad ij

$$h_{ij} = \left[(T_{min})_j - (T_{min})_i \right] - T_{eij}$$

2.6.2.3. Holgura independiente.

Tomemos ahora el (Tmax) del nudo de partida y el (Tmin) del nudo de llegada. Es decir, supongamos que la o las actividades anteriores acaban lo más tarde posible y que la o las actividades posteriores empiezan - lo más pronto posible. Las operaciones serían:

$$\left[(T_{min})_j - (T_{max})_i \right] - T_{eij} = h'$$

$$[15 - 10] - 4 = 5 - 4 = 1$$

La "holgura independiente" de una actividad es el tiempo sobrante de que dispone el encargado de una actividad si los que van antes que él terminan su o sus actividades lo más tarde posible y los que van detrás - empiezan lo antes posible.

Como quiera que esta holgura no pueden reducirla los demás sin modificar el tiempo total del proyecto se llama "holgura independiente"

Fórmula de la "holgura independiente" de una actividad.

$$h'_{ij} = \left[(T_{min})_j - (T_{max})_i \right] - T_{eij}$$

2.6.3. Nudos críticos.

Nudo crítico es

aquel cuya holgura es cero

o lo que es lo mismo

Nudo crítico es

aquel cuyos Tmax y Tmin son iguales

Cualquier retraso en la realización de un nudo crítico retrasa la realización del proyecto, retrasa la fecha final.

Volvamos a la fig. 39 (pág. 31). Una simple ojeada nos muestra que son nudos críticos los siguientes:

2, 4, 9, 10, 11

2.6.4. Actividades críticas.

Actividades críticas son aquellas cuya holgura total es nula.

En la figura 39 son actividades críticas las siguientes:

1-2; 2-4; 4-9; 9-10; 10-11; 11-12;

2.6.5. Ruta crítica.

Ruta crítica es la compuesta por una cadena de actividades críticas que va del nudo inicial al nudo final.

La fig. 42 nos repite la fig. 39 marcando con trazo grueso la ruta crítica.

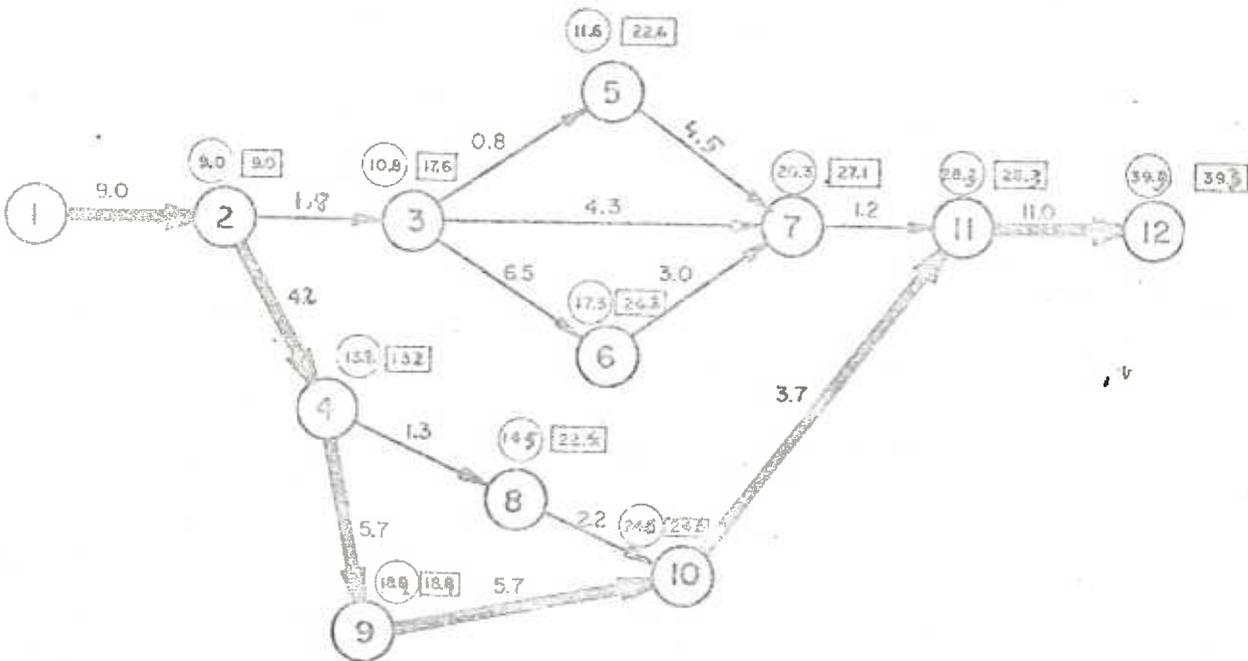


FIGURA 42

La fecha final, el (Tmin) del nudo final es, por tanto, la suma de las duraciones de las actividades de la ruta crítica. La ruta crítica es la serie "más larga" (de mayor duración) de actividades consecutivas que van del nudo inicial al nudo final.

Consecuencia importante,

CUALQUIER RETRASO EN LA RUTA CRITICA SUPONE UN RETRASO EN LA FECHA FINAL.

El conocimiento de cuál es la ruta crítica es la máxima ventaja que proporciona el uso del cálculo PERT.- Sus aplicaciones prácticas las trataremos al hablar del "replanteo de la red".

2.6.6. Actividades y nudos hipercríticos.

Hasta ahora hemos estado actuando en el supuesto de que el nudo final tiene

$$(T_{\max})_{\text{final}} = (T_{\min})_{\text{final}}$$

Es decir, en el supuesto de que la fecha mínima (T_{\min}) antes de la cual no es posible acabar el programa (vide definición pág. 28) COINCIDE con la fecha máxima (T_{\max}) de la cual no se debe pasar para tener acabado el programa.

Pero no es preciso insistir mucho para darnos cuenta de que no siempre se da esta condición. En muchos casos "alguien" con poder para ello (el cliente -en el caso de una organización comercial- el Jefe -En cualquier organización-) decide que tal fecha es la máxima permisible para tal programa

Y TOMA E IMPONE ESA DECISION SIN HABER HECHO EL CALCULO PERT DEL (T_{\min}).

Qué pasa entonces?. Pueden darse tres casos:

a) Primer caso $(T_{\min})_{\text{final}} = \text{fecha prefijada} = (T_{\max})_{\text{final}}$

Hecho el cálculo del (T_{\min}) final mediante la elaboración de izquierda a derecha en la red, teniendo únicamente en cuenta la suma de la duración de las actividades críticas.

COINCIDE el (T_{\min}) final con la fecha prefijada.

Si es así ¡enhorabuena!. Es posible cumplir la fecha. Naturalmente hay que estar atento a no permitir ningún retraso en las actividades críticas o a enmendarlo si se produce. Pero es posible cumplir el plazo. Estamos en el supuesto que hemos contemplado a lo largo de toda la exposición anterior.

b) Segundo caso $(T_{\min})_{\text{final}} < [\text{fecha prefijada} = (T_{\max})_{\text{final}}]$

Si es así ¡más enhorabuena!. Significa que los recursos disponibles para realizar las distintas actividades permiten unos tiempos parciales tales que la fecha final es inferior a la fecha deseada.

En este caso tenemos holgura positiva incluso para la ruta crítica. Es decir la ruta crítica no estará compuesta por aquellas actividades cuya holgura total sea cero, SINO POR AQUELLAS ACTIVIDADES CUYA HOLGURA TOTAL POSITIVA SEA MENOR.

Nos caben entonces dos alternativas. O bien conservamos esa holgura positiva de la ruta crítica como margen de seguridad. O bien ahorramos recursos (reducimos presupuesto) hasta el punto en que la holgura de la ruta crítica vuelva a igualarse a cero.

c) tercer caso $(T_{min})_{final} = (T_{max})_{final}$ (fecha prefijada =)

Por desgracia este es el caso más frecuente. Hecho el cálculo PERT resulta que el $(T_{min})_{final}$, la fecha mínima antes de la cual no es posible acabar el programa, ES POSTERIOR A LA FECHA PREFIJADA.

Estamos en el caso $(T_{max}) - (T_{min}) = -x$

$-x$ = holgura negativa

Los nudos para los que se verifica esta condición - (los nudos con holgura negativa) son "hipercríticos" y las actividades que tienen nudos hipercríticos de partida o de llegada a ambos a la vez, son en general hipercríticas.

Vamos a contemplar un ejemplo. El reflejado en la figura 43.

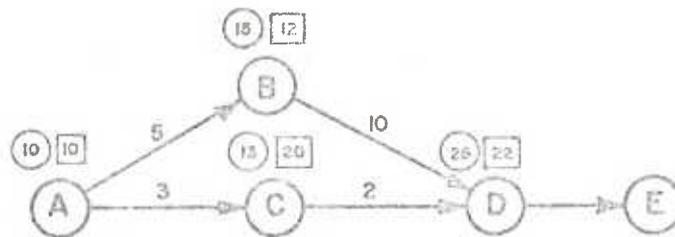


FIGURA 43

Sean AB	la actividad	"redactar apuntes PERT-CPM"
BD	"	"mecanografiar, corregir, imprimir apuntes"
AC	"	"Corregir direcciones cursillistas"
CD	"	"escribir direcciones sobres y pegar sellos"
DE	"	"Meter en sobres"

El nudo B. Tiene una holgura total negativa

$$(T_{max})_B - (T_{min})_A - Te_{AB} \left[12 - 10 \right] - 5 = -3$$

que es la misma del nudo D y la misma de la red parcial que acaba en D.

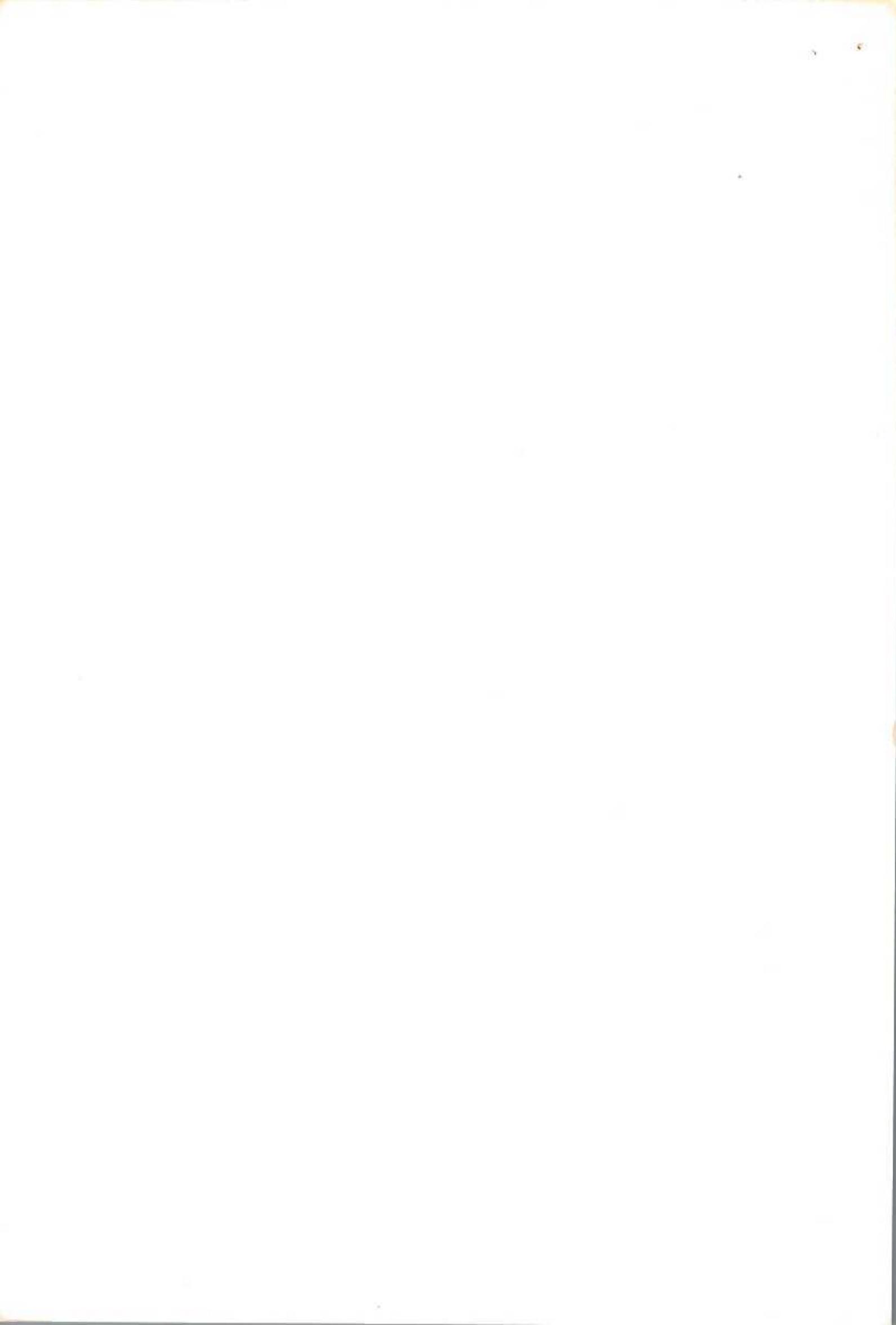
Qué puede hacerse en estos casos?. Lo veremos con detalle al tratar del "replanteo de la red".

2.6.7. Reflejo de las holguras en tablas.

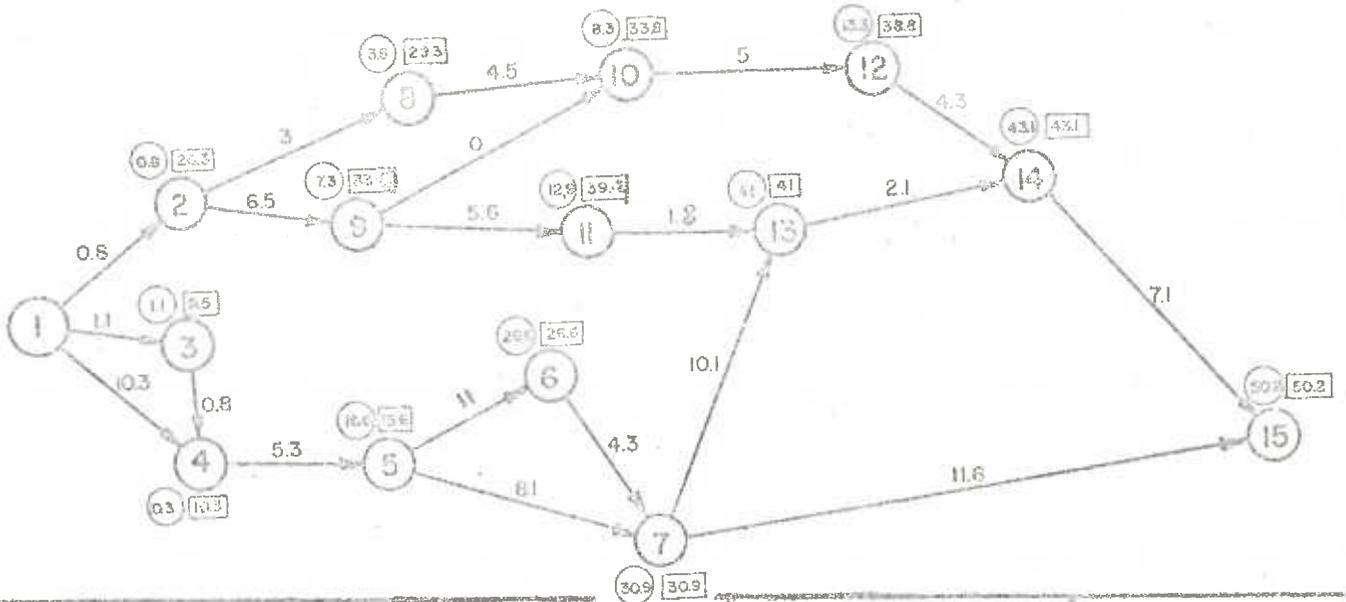
La Tabla de la figura 44 refleja las holguras totales libres e independientes de todas las actividades añadidas a la tabla anterior.

ACTIVIDAD		T _e tiempo previsto (duración de la actividad)	T _{min} Fecha mínima		T _{max} Fecha máxima		HOLGURAS		
Nudo de llegada	Nudo de partida		Ini- ciación	Termi- nación	Ini- ciación	Termi- nación	TOTAL	LIBRE	Inde- pendiente
2	1	9,0	0	9,0	0	9,0	0	0	0
3	2	1,8	9,0	10,8	15,8	17,6	6,8	0	0
4	②	4,1	9,0	13,1	(9,0)	13,1	0	0	0
5	3	0,8	10,8	11,6	21,8	22,6	11,0	0	-6,8
6	③	6,5	10,8	17,3	(17,6)	24,1	6,8	0	-6,8
7	3	4,3	10,8	15,1	22,8	27,1	12,0	5,2	-1,6
7	5	4,5	11,6	16,1	22,6	27,1	11,0	4,2	-6,8
⑦	6	3,0	17,3	(20,3)	24,1	27,1	6,8	0	-6,8
8	4	1,3	13,1	14,4	21,0	22,3	7,9	0	0
9,	④	5,7	13,1	18,8	(13,1)	18,8	0	0	0
10	8	2,2	14,4	16,6	22,3	24,5	7,9	7,9	0
⑩	9	5,7	18,8	(24,5)	18,8	24,5	0	0	0
11	7	1,2	20,3	21,5	27,1	28,2	6,8	6,8	0
⑪	10	3,7	24,5	(28,2)	24,5	28,2	0	0	0
12	11	11,0	28,2	39,2	28,2	39,2	0	0	0

Figura 44

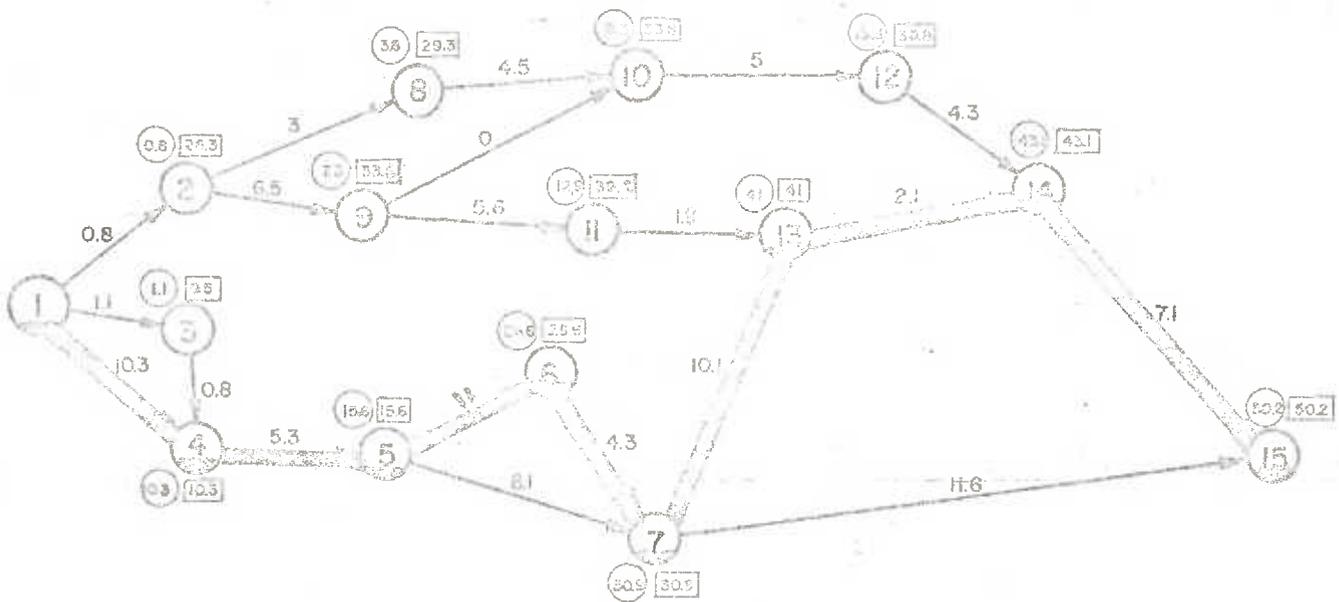


EJERCICIO NUMERO CINCO : CALCULE UD. LAS HOLGURAS TOTAL, LIBRE E INDEPENDIENTE DE CADA ACTIVIDAD DE ESTA RED. LA SOLUCIÓN, EN LA PAGINA SIGUIENTE. MARQUE EN EL GRAFICO LA RUTA CRITICA.



ACTIVIDAD		TIEMPO PREVISTO (Duración de la actividad)	T _{min} FECHA MINIMA		T _{max} FECHA MAXIMA		H O L G U R A S		
Nudo de llegada	Nudo de partida		Inicia-ción	Termina-ción	Inicia-ción	Termina-ción	To-tal	Li-bre	Inde-pen-diente
2	1	0,8	0	0,8	25,5	26,3			
3	1	1,1	0	1,1	8,4	9,5			
4	1	10,3	0	10,3	0	10,3			
4	3	0,8	1,1	1,9	9,5	10,3			
5	4	5,3	10,3	15,6	10,3	15,6			
6	5	11,0	15,6	26,6	15,6	26,6			
7	5	8,1	15,6	23,7	22,8	30,9			
7	6	4,3	26,6	30,9	26,6	30,9			
8	2	3,0	0,8	3,8	26,3	29,3			
9	2	6,5	0,8	7,3	27,1	33,6			
10	8	4,5	3,8	8,3	29,3	33,8			
10	9	0	7,3	7,3	33,8	33,8			
11	9	5,6	7,3	12,9	33,0	39,2			
12	10	5,0	8,3	13,3	33,8	38,8			
13	7	10,1	30,9	41,0	30,9	41,0			
13	11	1,8	12,9	14,7	39,2	41,0			
14	12	4,3	13,3	17,6	38,8	43,1			
14	13	2,1	41,0	43,1	41,	43,1			
15	7	11,6	30,9	42,5	38,6	50,2			
15	14	7,1	43,1	50,2	43,1	50,2			

SOLUCIÓN DEL EJERCICIO NUMERO CINCO.



ACTIVIDAD		TIEMPO PREVISTO (Duración de la actividad)	Tmin FECHA MINIMA		Tmax FECHA MAXIMA		H O L G U R A S		
Nudo de llegada	Nudo de partida		Inicia ción	Termina ción	Inicia ción	Termina ción	Total	Li-bre	Inde-pen-diente
2	1	0,8	0	0,8	25,5	26,3	25,5	0	0
3	1	1,1	0	1,1	8,4	9,5	8,4	0	0
4	1	10,3	0	10,3	0	10,3	0	0	0
4	3	0,8	1,1	1,9	9,5	10,3	8,4	8,4	0
5	4	5,3	10,3	15,6	10,3	15,6	0	0	0
6	5	11,0	15,6	26,6	15,6	26,6	0	0	0
7	5	8,1	15,6	23,7	22,8	30,9	7,2	7,2	7,2
7	6	4,3	26,6	30,9	26,6	30,9	0	0	0
8	2	3,0	0,8	3,8	26,3	29,3	25,5	0	-25,5
9	2	6,5	0,8	7,3	27,1	33,6	26,3	0	-25,5
10	8	4,5	3,8	8,3	29,3	33,8	25,5	0	-25,5
10	9	0	7,3	7,3	33,8	33,8	26,5	1	-25,3
11	9	5,6	7,3	12,9	33,6	39,2	26,3	0	-26,3
12	10	5,0	8,3	13,3	33,8	38,8	25,5	0	-25,5
13	7	10,1	30,9	41,0	30,9	41,0	0	0	0
13	11	1,8	12,9	14,7	39,2	41,0	26,3	26,3	0
14	12	4,3	13,3	17,6	38,8	43,1	25,5	25,5	0
14	13	2,1	41,0	43,1	41,0	43,1	0	0	0
15	7	11,6	30,9	42,5	38,6	50,2	7,7	7,7	7,7
15	14	7,1	43,1	50,2	43,1	50,2	0	0	0

3. REPLANTEO DE LA RED

3.1. Necesidad del replanteo. Utilidad del mismo

Hemos realizado el cálculo de la red. Conocemos las tres estimaciones de tiempo (optimista, normal y pesimista) para cada actividad. Hemos calculado el T_e (tiempo previsto o esperado) para cada actividad. Hemos calculado los T_{min} (fechas mínimas) y los T_{max} . (fecha - máximas) de cada nudo. Igualmente hemos calculado las holguras de cada nudo y las holguras total, libres e independientes de cada actividad. Sabemos cuales son los nudos, actividades y rutas críticas.

Y ahora ¿qué?

Ahora, el replanteo. Puede suceder, y lo hemos explicado ya, que - la fecha mínima del nudo final (T_{min} final) sea superior a la fecha prefijada. Tendremos entonces que hacer algo para eliminar esa diferencia e igualar, por lo menos, la fecha mínima con la fecha prefijada. Puede suceder que aún siendo iguales la fecha mínima, (T_{min}) final, y la fecha prefijada, deseemos contar con un margen de seguridad y por lo tanto deseemos que

$$(T_{min}) \text{ final} = \text{fecha final} < \text{Fecha prefijada}$$

Puede suceder que siendo la fecha prefijada superior al (T_{min}) final, superior a la fecha mínima (sobrandonos por tanto tiempo), necesitemos reducir costes y por ello retirar recursos de la red hasta el nivel en el cual se igualen la fecha mínima posible y la fecha prefijada.

En todos estos casos es necesario rehacer la red, replantearla. EL MAS EFICAZ DE LOS USOS DEL METODO PERT ES PRECISAMENTE EL REPLANTEO, LA REELABORACIÓN DE LA RED.

3.2. Replanteo de la red. Método

3.2.1. En la red ¿dónde es eficaz replantear?.

La primera cuestión a decidir es donde hay que actuar. Es - decir, sobre que parte de la red, sobre qué actividades de la red es eficaz actuar para reducir tiempos.

Evidentemente sobre la ruta crítica

Por definición, hemos dicho que cualquier retraso en las actividades comprendidas en la ruta crítica, repercute sobre la fecha final, supone un retraso en la fecha final. Por ende, cualquier mejora, cualquier avance, cualquier adelanto conseguido en una de las actividades comprendidas en la ruta crítica, SUPONE UNA MEJORA, UN AVANCE, UN ADELANTO RESPECTO DE LA FECHA FINAL.

Veamos un ejemplo. En la figura 42 tenemos marcada con trazo grueso la ruta crítica. Tomemos una de las actividades la - 11-12 por ejemplo. Está dentro de la ruta crítica. Supongamos que esa actividad es el plegado, cerrado y franqueo de sobres que realiza una persona. Su T_e (Tiempo previsto o esperado) es 11 unidades (once días p.e.) Si dedicando tres personas más a esa tarea, reducimos el T_e a 3 días, la mejora obtenida (ocho días) REPERCUTE SOBRE LA FECHA FINAL QUE SE REDUCE EN OCHO - DIAS. La red quedaría entonces de la forma que expresa la figura 47.

EJERCICIO NUMERO SEIS
DIBUJE Vd. LA FIGURA 47

Una acción de ahorro de ocho días sobre la actividad 11-12 que esta comprendida en la ruta crítica ha supuesto un ahorro de 8 días en la fecha final.

Hagamos el ejemplo d'fortiori". Supongamos que el ahorro de ocho días (conseguido mediante el trabajo suplementario de tres personas) en vez de obtenerlo en la actividad 11-12 lo hemos obtenido en las actividades 3-6 (donde hemos ahorrado cuatro días) y en la 5-7 (donde hemos ahorrado otros cuatro días).

Veamos cual es el efecto sobre la red. La red quedaría como refleja la figura 48

EJERCICIO NUMERO SIETE
DIBUJE VD. LA FIGURA 48

Resultados: 1º Hemos disminuido el tiempo previsto de las actividades 5-7 y 3-6

2º.- Hemos aumentado la holgura de los nudos 5, 6, 7 y 3

3º.- Hemos aumentado las holguras ^{de los nudos} de las actividades 3-5, 5-7, ~~3-5~~, 3-6 y 6-7.

PERO LA FECHA FINAL CONTINUA SIENDO 39,3 como antes.

Conclusión: En el replanteo, si queremos ganar tiempo

HAY QUE ACTUAR SOBRE LAS ACTIVIDADES DE LA RUTA CRITICA

En la práctica, y por no utilizar el método PERT, el 90% de los esfuerzos extras son ineficaces porque se ejercen en actividades que no forman parte de la ruta crítica.