



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

283  
137

**PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS**

**TESIS**

Que presenta para obtener el título de

**INGENIERO CIVIL**

*Refugio Monroy Jasso*

México, D. F.

Julio de 1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## 1.- INTRODUCCION

La programación de obras de ingeniería civil, consiste en presentar el conjunto ordenado de actividades propias del procedimiento constructivo de la obra a realizar el programa final se obtendrá después de realizar -- los cálculos de compresión, en los cuales se han considerado los recursos, así como la disponibilidad de los mismos para cada una de las actividades; previamente también se a considerado la terminación de la obra. En el -- programa se presenta la duración de cada una de las actividades del proyecto, los tiempos de iniciación y los tiempos de terminación de cada una de las actividades, también se presentan los recursos asignados y el costo de los mismos para cada una de las actividades del proyecto.

El control de obra se efectúa al comparar lo que se está haciendo el día de hoy con lo que el programa ordena que se haga en éste momento, de ésta comparación saldrá a relucir si el avance de obra es el indicado en - el programa o no lo es, si no lo es, se tomarán las medidas correctivas -- que sean necesarias, las que conducirán a una reprogramación de las actividades precedentes, con la finalidad de terminar la obra en la fecha originalmente considerada.

## INFORMACION BASICA PARA INICIAR LA PLANEACION

### 2.1.- Información Inicial sobre la Obra.

Se considera que un proyecto de ingeniería civil está constituido por actividades bien definidas, las que siguen un cierto orden de ejecución, - el cual define que tipo de recursos se deben asignar a la actividad o actividades a realizar. El éxito de una planeación descansa en una información apropiada, para lo cual la planeación de operaciones trata la planeación y a la programación como funciones completamente separadas; básicamente lo que necesitamos conocer es:

- 1.- Comprender la obra que se requiere.
- 2.- Concebir un plan. (Asignación de Recursos).
- 3.- Ejecución del plan.
- 4.- Analizar el resultado final.

Para comprender que obra se requiere se necesita conocer el proyecto, los recursos en la zona de la obra, los recursos propios del constructor y los recursos ajenos al alcance del constructor. Todo ésto nos permitirá - planear la solución más viable al problema en cuestión, es bien importante establecer que todo esfuerzo invertido en una planeación apropiada reditúa grandes beneficios al construir. Si en el papel plasmamos paso a paso el desarrollo de la obra, nos encontraremos con los problemas que tendremos - al construir. Al pensar en la solución que tendremos que darle a cada problema, iremos preparando lo necesario, para más adelante en la realidad resolver ésos problemas con rapidéz. En toda obra bien planeada la labor -- del ejecutivo es el control y el mejoramiento de los métodos para lograr - un mejor resultado económico.

### 2.2.- Conocimiento del Proyecto.

El conocimiento del proyecto tiene por objeto comprender perfectamente que es lo que se pretende construir para que con una idea clara de ello manejar los recursos a nuestro alcance para ejecutar la obra. Si - - - --

nuestra simulación, es lo suficientemente detallada, se habrán previsto -- los problemas que se presentarán y las soluciones que se darán a cada uno de ellos y ésto nos conducirá a un mejor control y máxima utilidad. Para conocer bien un proyecto se necesita:

- 1.- Estudiar a conciencia los planos y las especificaciones del mismo.
- 2.- Establecer los conceptos de obra para fines de medición y pago.
- 3.- Actividades involucradas en cada concepto de obra.
- 4.- Las limitaciones de medición, calidad y proyecto de cada concepto de obra.
- 5.- Los volúmenes a ejecutar de cada concepto de obra.
- 6.- Definición clara del proceso constructivo por aplicar.
- 7.- Diseñar las estructuras temporales que no estén resueltas en el proyecto.
- 8.- Determinar las cantidades de materiales necesarias en obra.

### 2.3.- Recursos disponibles en el lugar

Logrado el conocimiento del proyecto, al grado de detalle mencionado se estará en posibilidad de valorizar apropiadamente los recursos que pueden existir en la zona donde se construirá la obra. Es de vital importancia hacer una visita a la zona donde se va a realizar la obra. El punto oficial importante es la obtención del certificado de inspección del sitio. Es de vital importancia para la planeación el conocer los recursos del sitio y los problemas que puedan presentarse en su empleo, pues bien la información a obtener del sitio es:

- 1.- Ubicación relativa de la obra con relación a los centros proveedores de recursos.
- 2.- Recursos industrializados que se pueden obtener en la zona.
- 3.- Información de los bancos de materiales por usar.
- 4.- Estudio topográfico.
- 5.- Estudios geológicos y de mecánica de suelos.
- 6.- Información hidrológica.
- 7.- Limitaciones de empleo, políticas y otros recursos disponibles en la zona.

#### 2.4.- Recursos propios y Recursos ajenos.

Es importante que se considere toda ésta información, así como los recursos que la empresa pueda facilitar a ésta obra. Ya que puede darse el caso de que la empresa disponga de muchos recursos pero también puede suceder que ya los tenga comprometidos, si se sabe cuales son los recursos de la empresa, donde se están empleando o se emplearán y cuando se emplearán, con toda ésta información se podrá determinar lo que la empresa puede asignar a la obra en cuestión. Con toda ésta información tendremos ya un plan preliminar de trabajo, que correlacionándolo al proceso constructivo que se pretende aplicar, podremos evaluar los recursos que nos faltan. Uno de los más importantes es el de maquinaria y equipo ya que si se ha pensado en un proceso constructivo en el cual no toda la maquinaria que se requiere forma parte de los recursos de la empresa, o no estarán disponibles, nos llevará a investigar si los hay en el mercado, si los podemos rentar y en que condiciones se encuentran.

#### 2.5.- Información Preliminar para asignar Recursos.

Es preciso preparar cierta información que nos permita tomar decisiones al asignar recursos, la decisión salvo casos excepcionales, se basa en el proceso más económico. Es por ello que ésta información básica es de costos, sin embargo, no debe olvidarse en ningún momento que el proceso de planeación es iterativo y que se llega a la solución por aproximaciones sucesivas. Cuando no se tienen elementos para fijar razonadamente una cifra exacta, se toma alguna, derivada de otras experiencias y se realiza la simulación. El resultado obtenido, a su vez nos llevará a otra aproximación, hasta que se logre la aproximación necesaria.

Lo grave, en la práctica es que, normalmente no se pasa de ésa primera iteración y que sin examinar la solución, se da el resultado como bueno. Reflexionando un poco se puede ver que las obras aún cuando muy parecidas, siempre son diferentes. Básicamente se involucran:

- 1.- Tipo de obra.
- 2.- Sitio de ejecución.
- 3.- Condiciones contractuales.
- 4.- Empresa constructora.

Los recursos que en ello se involucran, son obviamente diferentes y por ello los números a manejar podrán ser parecidos pero jamás iguales. La información básica que se requiere es.

#### 2.5.1- Costo de los Materiales.

En éste concepto deben incluirse todos los abastecimientos que pueda requerir la obra, entregados en el almacén de la obra. Por lo general el costo de los materiales incluye, el costo de adquisición, más gastos -- adicionales por maniobras, derechos, fletes, etc., que sean necesarios para poner el material en el almacén de la obra. La suma de éstos gastos dividida entre la cantidad realmente recibida en obra, nos dará el costo --- real del material. Es importante hacer notar que al asignar recursos, el volúmen del material que se requiere es la cantidad neta de producto requerido, más los desperdicios que por su empleo en la obra se originen.

#### 2.5.2- Tabuladores de Salarios.

Normalmente los empleados de una obra se agrupan en función del tipo de relación contractual que tienen con la empresa a saber:

Eventuales.

Permanentes.

De Confianza.

Los dos primeros por lo general están sindicalizados. Los salarios y prestaciones por turno normal para los trabajadores sindicalizados, se estipulan en el contrato colectivo de trabajo, y para el personal de confianza se estipula en los contratos individuales o en acuerdos con el personal de confianza.

Es común establecer los salarios nominales por turno de ley para el personal que trabaja en la obra directa o indirectamente, ésto es produ---ciendo volúmenes de obra, administrando, vigilando o dirigiendo.

#### 2.5.3- Cargos Fijos y de Operación de Maquinaria.

Para una asignación de recursos que permita el balance de los mis--mos, es necesario manejar los cargos por maquinaria desglosándolos en:

Materiales.

Mano de Obra.

Equipo.

Los cargos que normalmente se admiten en maquinaria son:

Depreciación.  
Seguros.  
Almacenaje  
Mantenimiento

El cargo por inversión, se considera como un gasto de financiamiento por lo tanto se remite al costo indirecto. En la actualidad y tomando en cuenta la pérdida de valor del peso, es necesaria la inclusión de un nuevo cargo fijo que puede llamarse cargo para reposición de maquinaria una vez que se ha cumplido la vida útil.

#### 2.5.4- Costo de los Materiales producidos en la Obra.

En algunas obras es menester producir agregados o piedra, obteniendo los de depósitos naturales cercanos a la obra. El costo de los materiales debidamente procesados para su empleo en obra o los adquiridos de fuentes industrializadas, estarán definidos por:

Especificaciones.  
Cantidades Brutas por fabricar.  
Ritmo de Producción.  
Costo del Producto en Obra.

#### 2.5.5- Factores Básicos del Cálculo de Costos.

Como política económica sana para cada obra, contrato u empresa deben de reconsiderarse los factores básicos del cálculo de costos. Los factores más conocidos son:

Costo Real de Salarios.  
Eficiencia General.  
Costo Indirecto.

Costo real de salarios es el factor por el cual se multiplica el salario nominal, para obtener lo que realmente le cuesta al patrón emplear al trabajador. Se deben involucrar las prestaciones de la ley federal del trabajo, seguro social, infonavit, 1% para la educación, los impuestos del trabajador que paga el patrón y en general todo gasto que emplearlo suponga. Normalmente se incluyen aquí erróneamente, los efectos por condiciones climatológicas, que deben ubicarse en el factor de eficiencia.



El factor de eficiencia es un factor que nos indica el tiempo que realmente se trabaja. El criterio general es que depende del tipo de trabajo que se ejecute, de la organización de la empresa, de las condiciones del sitio de ejecución y de los recursos empleados, siendo bien fundamental la disposición y calidad de la fuerza de trabajo.

El factor de indirectos a la luz de las bases y normas para la contratación y ejecución de obras públicas, señalan que todo lo que no sea costo directo debe expresarse como función del costo indirecto. Cada dependencia tiene sus modalidades, pero se puede definir como el factor que multiplicado por el costo directo da el precio unitario.

Ahora bien, solamente comentaremos que el recurso tiempo es frecuentemente menospreciado, más sin embargo se puede afirmar que es el más valioso de todos y que debe ser gastado muy juiciosamente.

### 3.- TEORIA DE LA PLANEACION EN LA CONSTRUCCION DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.

Los grandes progresos se derivan de ideas simples, el adelanto logrado actualmente en la planeación de obras de ingeniería civil, descansa en el llamado diagrama de flechas. El diagrama es el dibujo de un esquema, en el que gráficamente se ubican los pasos que hay que dar y en que orden deben darse, para la construcción de una obra determinada.

El diagrama es la simulación de la realidad y apoyándonos en dicho diagrama se puede desglosar el proceso constructivo, hasta el grado de detalle que se estime necesario. El desglose del proceso nos permite señalar un patrón de cálculo, un programa de computadora, que sea la solución general al caso, para luego, hacer uso de la infatigable computadora y su enorme velocidad.

El secreto de una planeación apropiada reside en el manejo de éstos dos elementos:

Diagrama.

Computadora.

Es bien importante destacar la relevancia del diagrama, su formulación no puede ser mecánica sino producto de la creatividad del hombre; para lo mecanizado se tiene a la computadora electrónica.

#### 3.1.- Diagrama de Flechas.

En los diagramas de flechas o diagramas de redes, la longitud de la flecha no tiene ningún significado. La cola de la flecha representa el inicio de la actividad y la cabeza de la flecha representa la terminación de la actividad.

A continuación se dan las reglas para la formulación de diagramas de flechas:

1.- Se usa una y solamente una flecha para representar a la activi--

dad por realizar. Más sin embargo la actividad puede ser dividida y representar una parte de la actividad total.

2.- Las flechas se conectan para formar un modelo del proyecto, respondiendo para cada actividad a la pregunta:

¿Qué precede inmediatamente a ésta operación?

3.- Las flechas se conectan para formar un modelo, respondiendo para cada operación a la pregunta:

¿Que sigue inmediatamente a ésta actividad?

Las flechas representan actividades que consumen tiempo, a la unión de éstas flechas se le denomina Evento, punto en el tiempo en el cual las actividades se inician o terminan. Los eventos no consumen tiempo.

Es muy importante enumerar los eventos y representar las actividades en forma numérica, por parejas ordenadas (x, y). Las principales ventajas son:

1.- Selección inmediata.

2.- Referencia breve, pero exacta.

3.- Secuencia lógica.

Con el uso de la actividad ficticia, la lógica se corrige y pueden producirse diagramas de flechas más realistas, es útil suponer que las actividades ficticias son tan importantes y tan útiles como el cero de la aritmética. La actividad ficticia se representa generalmente por una línea punteada. No tiene duración ni costo y conserva única la designación numérica de los eventos.



Evento



Actividad



Actividad Ficticia

### 3.2. Duración de una Actividad.

Una vez que se cuenta con el diagrama de flechas, el paso siguiente - consiste en determinar la duración de cada una de las actividades del diagrama de flechas. Existen métodos de optimización basados en diversos algoritmos, éstos son:

- 1) Ruta Crítica ( CPM Critical Path Method ).
- 2) Pert.

El Pert es un método probabilístico y se usa cuando no se tiene la -- certeza de obtener resultados positivos, por lo que se aplicará la dura--- ción probabilística.

Para la Ruta Crítica es necesario el proceso constructivo y los recur<sup>u</sup> sos que pueden ser usados, por lo que la duración de cada actividad pueden fijarse con bastante certeza; ésto es con un pequeño margen de variación - del tiempo que se requiere para cada actividad, así como de su costo direc<sup>u</sup> to de cada una. Este será el método que trataré a continuación.

La Ruta Crítica es una aplicación de la teoría de redes. La Ruta Crí<sup>u</sup> tica es un método en el cual representamos por medio de una red las activi<sup>u</sup> dades de un proyecto de ingeniería civil. Este método tiene ventajas so-- bre los métodos tradicionales de planeación y programación ya que, permite tener una representación gráfica del proyecto, es dinámico, establece ---- áreas de responsabilidad, permite optimizar recursos, se conocen con exac<sup>u</sup> titud las actividades que determinan la duración del proyecto y permite -- controlar el proyecto.

### 3.3.- Iniciación más próxima.

Uno de los objetivos al aplicar la Ruta Crítica, es producir un pro-- grama que proporcione la fecha en la cual debe iniciarse cada actividad. - Es obvio que no todas las actividades de un proyecto constructivo pueden - iniciarse simultáneamente, sólo unas pocas se inician simultáneamente, las demás actividades tendrán diferente fecha de iniciación. El objetivo es - encontrar las fechas de iniciación para formular un programa, al tratar de determinar la fecha de iniciación de las actividades se encuentra que hay- varias fechas de iniciación posibles, algunos trabajos podrían comenzar en cualquier fecha, durante cierto período y no afectar la fecha de termina-- ción del proyecto.

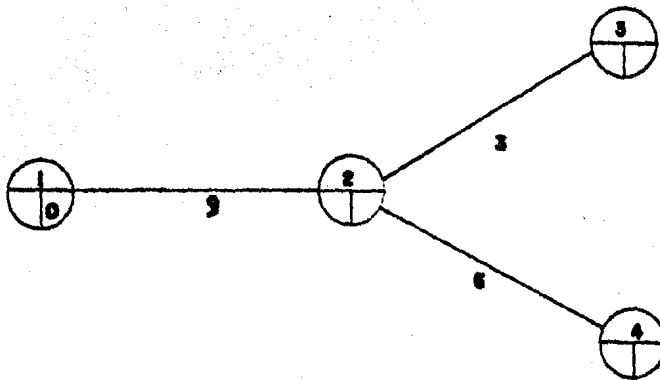
Cualquier actividad que no tenga variación en su tiempo de iniciación es una actividad crítica. Ahora bien, una actividad con una posible variación en su tiempo de iniciación es una actividad no crítica. Por lo que la diferencia entre la fecha de iniciación más próxima de una actividad y su fecha de iniciación más alejada es por lo tanto, una medida de su criticalidad; si la diferencia no es nula, la actividad no es crítica. A ésta diferencia se le conoce como margen total.

Para poder definir el tiempo de iniciación más próximo de cada actividad se necesitan:

- 1) Fecha de iniciación del proyecto (tiempo cero).
- 2) Relación de actividades en secuencia con respecto a las que se inician con el proyecto.
- 3) Duración de cada una de las actividades del proyecto.

La fecha exacta de iniciación del proyecto, no se necesita conocer para aplicar los principios de la ruta crítica; obviamente la fecha en la cual arrancará la obra, es un evento importante, pero se puede representar por el tiempo cero e iniciar los cálculos en función de ésta base; posteriormente se establecerá la fecha del tiempo cero. A continuación presentamos como encontrar la iniciación mas proxima, de las actividades del siguiente diagrama de flechas

Calcular la iniciación más próxima del siguiente diagrama de flechas.



Para encontrar la iniciación más próxima de la actividad 1-2, 2-3 y - 2-4, tenemos:

$$E_{(j)} = E_{(i)} + D_{(i,j)}$$

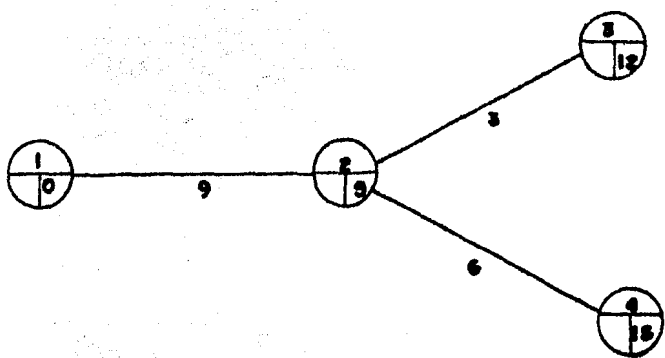
Por sistema  $E_1 = 0$  Inicia en el tiempo cero.

$$E_2 = E_1 + D_{1-2} = 0 + 9 = 9$$

$$E_3 = E_2 + D_{2-3} = 9 + 3 = 12$$

$$E_4 = E_2 + D_{2-4} = 9 + 6 = 15$$

Luego entonces el diagrama de flechas resultante es:



Cuando en un evento finalizan dos ó más actividades, se calculan las -  
 iniciaciones más próximas cada una por separado y se tomará el mayor de los  
 tiempos de iniciación más próxima. Es conveniente hacer notar que la termi  
 nación más próxima de la última actividad, es la duración del proyecto.

### 3.4.- Iniciación más Alejada.

La iniciación más alejada es la fecha última en la cual es necesario iniciar la actividad ó actividades en cuestión, para evitar un retraso en la fecha de terminación de la obra; el cual provocaría una reprogramación de las actividades siguientes, por estar atrasadas de acuerdo con el programa original. Para establecer la criticalidad de cada una de las actividades del proyecto, se necesita determinar la posible variación del tiempo de iniciación denominado margen total. Cualquier actividad con un margen total nulo, es una actividad crítica a la cadena de actividades críticas - desde el primero hasta el último evento, se le conoce como ruta crítica.

El tiempo de iniciación más alejado se obtiene, restando la duración de la actividad del tiempo de terminación más alejado posible, ésto es:

$$L.S.(i,j) = L.F.(i,j) - D(i,j)$$

$$L.S.(i,j) = \text{Iniciación más alejada de la actividad (i,j).}$$

$$L.F.(i,j) = \text{Terminación más alejada de la actividad (i,j)}$$

Es importante puntualizar que la terminación más alejada posible del proyecto es la misma que la terminación más próxima posible,

$$L.F.(z) = E(z)$$

$$L.F.(z) = \text{Terminación más alejada posible del proyecto.}$$

$$E.(z) = \text{Terminación más próxima posible del proyecto.}$$

La terminación más alejada en un evento, debe ser igual al menor valor de las iniciaciones más alejadas de las actividades que parten del evento en cuestión.

$$L.S.(i) = L.F.(j) - D(i,j)$$

$$L.S.(i) = \text{Iniciación más alejada de la actividad (es) que se inician en el evento i.}$$

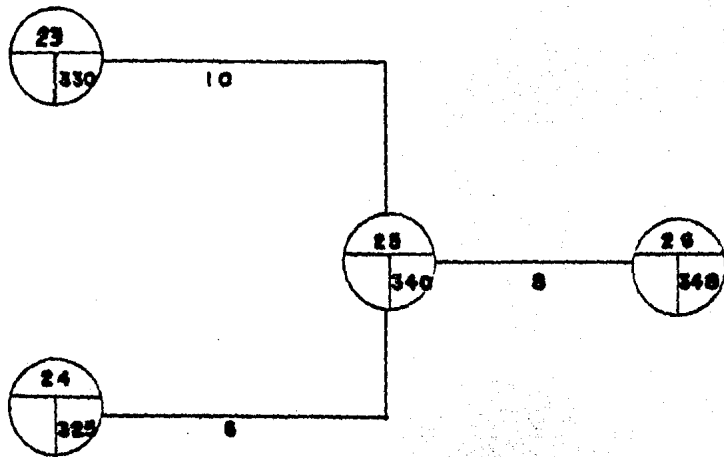


$L.F.(j)$  = Terminación más alejada de la actividad (es) que terminan en el evento  $j$ .

$D(i,j)$  = Duración de la actividad  $(i,j)$ .

A continuación se ejemplifica el cálculo de la iniciación más alejada, de cada una de las actividades del siguiente diagrama de flechas.

Cálculo de la iniciación más alejada, considerando el siguiente diagrama de flechas.



$$\text{Si } L.F.(z) = E(z) = 348$$

$$\text{Entonces } L.F.(i,j) = L.F.(25,26) = 348$$

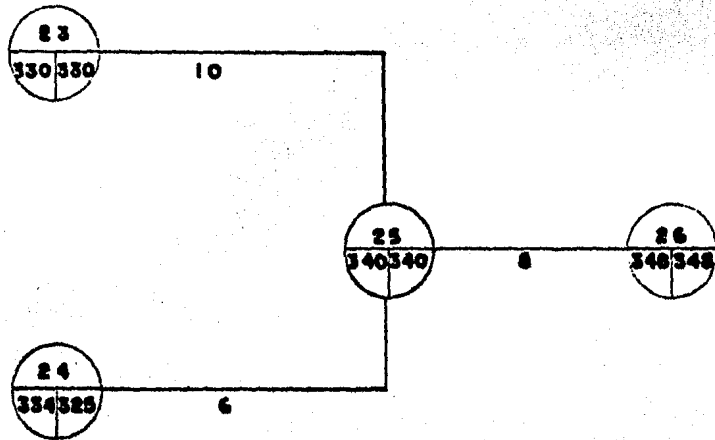
$$L.S.(i,j) = L.F.(i,j) - D(i,j)$$

$$L.S.(25,26) = 348 - 8 = 340$$

$$L.S.(24,25) = 340 - 6 = 334$$

$$L.S.(23,25) = 340 - 10 = 330$$

Por lo cual el diagrama de flechas resultante es:



Conociendo los tiempos de iniciación más próximos y más alejados de cada actividad, se puede establecer.

- 1) Si una actividad es crítica ó no es crítica, y cual es la ruta -- crítica del proyecto.
- 2) La variación del tiempo de iniciación de las actividades, ó las - fronteras de las actividades que se usarán para nivelar la asigna ción de recursos.

### 3.5.- Margen Total.

Es conveniente recordar que, a la variación de los tiempos de inicia ción de una actividad se le denomina Margen Total.

$$M.T.(i,j) = L.F.(j) - E(i) - D(i,j)$$

$$M.T.(i,j) = \text{Margen total de la actividad } (i,j)$$

$L.F.(j)$  = Terminación más alejada del evento (j).

$E.(i)$  = Iniciación más próxima del evento (i).

$D.(i,j)$  = Duración de la actividad (i,j).

En consecuencia, para cualquier actividad el margen total queda definido como el exceso del tiempo disponible sobre el tiempo de ejecución requerido. Como resultado de éste tiempo en exceso se tiene la posibilidad de variación del tiempo de iniciación.

La definición de margen total como el exceso de tiempo disponible, sobre el tiempo requerido, es útil para comprender la naturaleza del margen total. Más sin embargo la relación del margen total, expresada en función de la diferencia de tiempos de iniciación es para mostrar el uso del margen total en la programación, ésto es:

$$M.T.(i,j) = [ L.F.(j) - D(i,j) ] - E(i) = L.F.(j) - E(i) - D(i,j)$$

Ahora bién, si consideramos el margen total como la diferencia entre los tiempos de terminación, tenemos que:

$M.T.(i,j)$  = Terminación más alejada - Terminación más próxima

$$M.T.(i,j) = [ L.F.(j) ] - [ E(j) ] = [ L.F.(j) ] - [ E(i) + D(i,j) ]$$

$$M.T.(i,j) = L.F.(j) - E(i) - D(i,j)$$

Esta última relación, es la más usual para determinar el margen total así como para determinar la ruta crítica a partir del diagrama de flechas.

Una técnica rápida y práctica para determinar la ruta crítica, sin determinar el margen total es:

- 1) La diferencia entre el tiempo de terminación y el tiempo de inicio de las actividades, debe ser igual a la duración de la actividad - en cuestión.
- 2) Los tiempos de terminación más próxima y el de terminación más alejada son iguales, en cada una de las actividades que integran la -

ruta crítica. Esto significa que el margen total es nulo.

Probar que para la actividad crítica (i,j) el margen total es nulo.

$$M.T.(i,j) = 0$$

$$M.T.(i,j) = L.F.(j) - E(i) - D(i,j)$$

Una actividad es crítica si  $E_i = L.F.(j) - D(i,j)$ , esto significa que no hay variancia en el tiempo de iniciación.

Por lo tanto se tiene:

$$M.T.(i,j) = L.F.(j) - [L.F.(j) - D(i,j)] - D(i,j)$$

$$M.T.(i,j) = 0$$

Es conveniente hacer hincapié, que el margen total es el exceso de -- tiempo disponible sobre el tiempo requerido, y su existencia indica que -- puede haber libertad al programar la iniciación de una actividad no crítica. El margen total de cada actividad es una medida de su relación particular con las demás actividades del proyecto, ya que el tiempo de iniciación más próximo de la actividad se liga a todas las actividades precedentes y el tiempo de terminación más alejado de la actividad se liga a todas las actividades subsecuentes. Es obvio pues que si no hay margen la actividad es crítica, y todas las actividades críticas forman la ruta crítica. Ahora bien, es posible que en un proyecto haya más de una ruta crítica, pero ninguna actividad puede ser crítica si no pertenece a una ruta crítica.

Pues bien, la duración de un proyecto es igual a la suma de las duraciones de las actividades que forman la ruta crítica. Un retraso en la -- ejecución de alguna de éstas actividades, retrasa la terminación del proyecto si no se aplican más recursos, para terminar la obra en la fecha establecida.

Se llama Holgura del Evento, a la diferencia entre los tiempos de iniciación más alejada y la iniciación más próxima. Su verdadero significado radica en que cuantifica la interferencia de la actividad que termina en - el evento en cuestión.

$$S(j) = L.S.(j) - E_j$$

$$S(j) = \text{Holgura del Evento}_j$$

$L.S.(j)$  = Iniciación más alejada del evento  $j$

$E.(j)$  = Iniciación más próxima del evento  $j$

El margen libre es el exceso de tiempo disponible sobre el tiempo requerido por la actividad cuando todos los trabajos se inician tan pronto como es posible.

$M.L.(i,j) = E(j) - E(i) - D(i,j)$

$M.L.(i,j)$  = Margen libre de la actividad  $(i,j)$

$E.(j)$  = Terminación próxima del evento  $j$

$E.(i)$  = Iniciación más próxima del evento  $i$

$D(i,j)$  = Duración de la actividad  $(i,j)$

### 3.6.- Curva de Costo-Tiempo.

Es una característica interesante del método de la ruta crítica, que si inicialmente se proporciona una serie de datos de costo-tiempo factibles, no solo se obtienen soluciones óptimas en términos del tiempo y costo para el proyecto completo, sino también todas las especificaciones de tiempo y costo para cada actividad. Es por lo tanto, importante para cada actividad de la construcción se proporcionen datos que relacionen los costos directos con los tiempos de terminación. Con éstos datos, será posible trazar una curva que indique la relación entre el costo directo y el tiempo de terminación, para cada una de las actividades del proyecto de ingeniería civil. Los puntos sobre la curva figura 3.6.1 y 3.6.2, deberán ser siempre el mínimo costo directo para la terminación de la actividad, en un tiempo dado. La curva de costo directo, divide al plano coordenado tiempo-costos, en dos regiones. En la región que queda arriba de la curva se encuentran las soluciones tiempo-costos factibles; luego entonces, en la región que está bajo la curva se localizan las soluciones físicamente imposibles.

Hay que hacer notar que ambas curvas, la teórica y la práctica son cóncavas, vistas desde la región de las soluciones factibles, y que la pendiente de la curva aumenta negativamente si se reduce el tiempo de terminación de la actividad. Si los datos de costo-tiempo generan una curva con algún tramo convexo, entonces se hará una aproximación para obtener una --

curva cóncava ó por lo menos una línea recta entre los valores normal y falla.

En la figura 3.6.3, se muestra una curva típica de datos de costo-tiempo, en la cual se podrá observar que en proyectos de ingeniería civil relacionados con la construcción, como varían los datos costo-tiempo.

Donde:

$C_{(i,j)}$  = Costo directo de la actividad  $i, j$

$T_{(i,j)}$  = Tiempo de terminación de la actividad  $i, j$

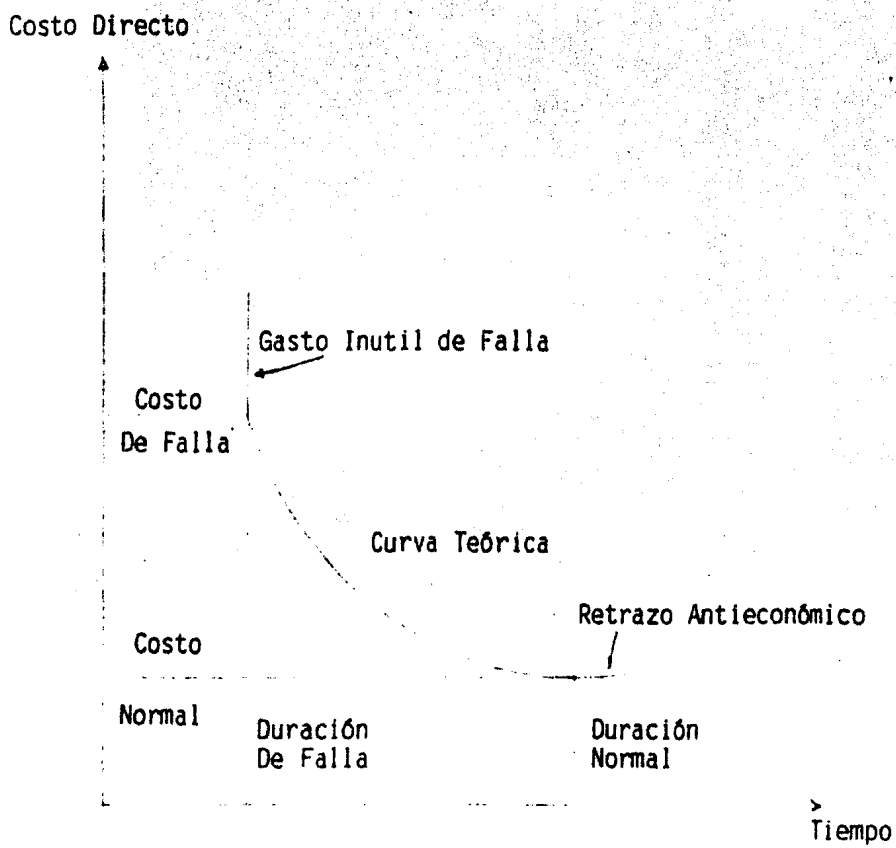


Figura 3.6.1.- Curva Teórica Costo-Tiempo para una actividad.



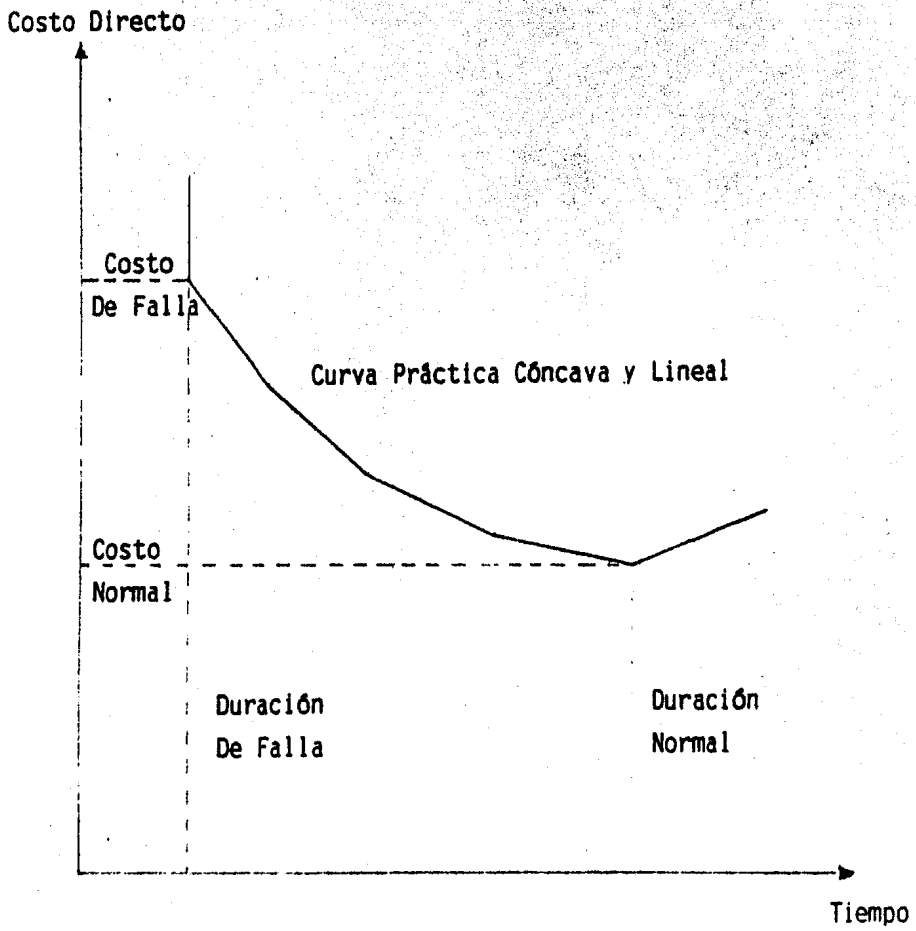


Figura 3.6.2.- Curva Práctica Costo-Tiempo para una actividad.

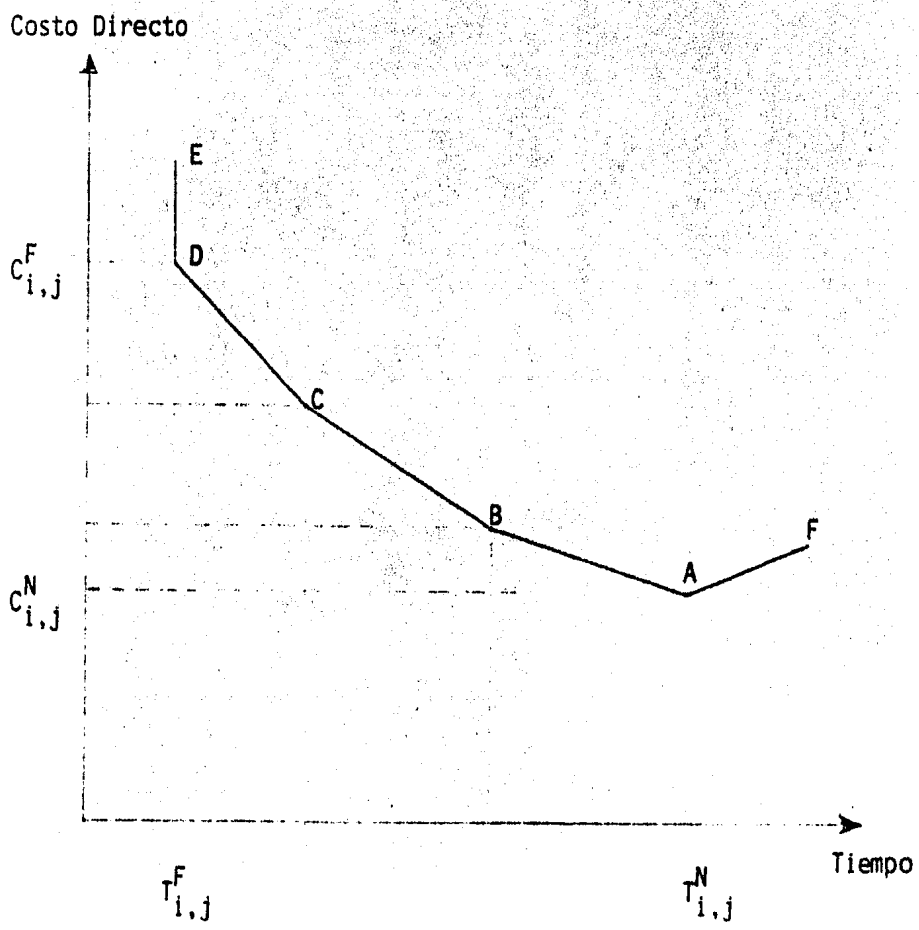


Figura 3.6.3.- Datos de Costo-Tiempo para la actividad A i,j.

Para éste ejemplo, se han calculado cuatro maneras diferentes para terminar la actividad, usando diferentes recursos, denominados A, B, C, y D. Puede ser que existan varias alternativas entre A y D, en cuyo caso las rectas AB, BC y CD representan una aproximación a la curva completa costo-tiempo, si éste es el caso; cualquier punto sobre las rectas entre A y D, es una solución válida para el tiempo de terminación que se está considerando.

Luego entonces, si los puntos A, B, C y D, representan la única alternativa posible para terminar la actividad; entonces, los puntos sobre las rectas AB, BC y CD se considerarán, como una curva continua con el fin de llevar a cabo los cálculos de compresión. Los puntos A y D son de especial interés, ya que se refieren a dos maneras importantes de terminar la actividad A<sub>i,j</sub>. El punto de normal A tiene por coordenadas:

$T_{i,j}^N$  y  $C_{i,j}^N$  y representa el costo mínimo para terminar la actividad. Este punto A, describe el tiempo normal, donde no hay retrazos por las cuadrillas y donde el trabajo se lleva a cabo en forma eficiente; si hay retrazos se obtendrán puntos que están sobre la recta AF. En el otro extremo de la curva, el punto D de falla, tiene de coordenadas:

$T_{i,j}^F$  y  $C_{i,j}^F$  y representa el tiempo mínimo para terminar la actividad. Este punto describe por lo tanto, la forma de realización más rápida posible, cuando el costo no es ningún impedimento y se utilizan los máximos recursos posibles que acepta la actividad; naturalmente, todos los costos innecesarios se eliminan a partir de la determinación del costo de falla; de otra forma, se obtienen puntos sobre la recta DE.

Con frecuencia es conveniente indicar que tan cerca del tiempo de falla, se encuentra la terminación de una actividad; por convención, esto se expresa como porcentaje de falla.

$$\text{Porcentaje de falla de } T_{i,j}^X = \frac{T_{i,j}^N - T_{i,j}^X}{T_{i,j}^N - T_{i,j}^F} \cdot 100$$

Otro concepto importante en el cálculo de compresión y descompresión en el método de la ruta crítica, es la pendiente de la curva costo tiempo.- Esto se define como la pendiente de costo, esto es:

$$\text{PENDIENTE DE COSTO} = P_{i,j} = \frac{C_{i,j}^X - C_{i,j}^{X-1}}{T_{i,j}^{X-1} - T_{i,j}^X} = \frac{C_{i,j}^X - C_{i,j}^{X-1}}{T_{i,j}^X - T_{i,j}^{X-1}}$$

Físicamente, ésto representa el incremento necesario en el costo, por unidad de reducción en el tiempo de terminación de la actividad.

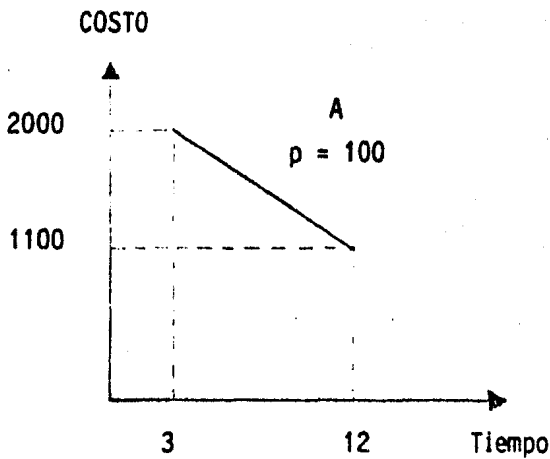
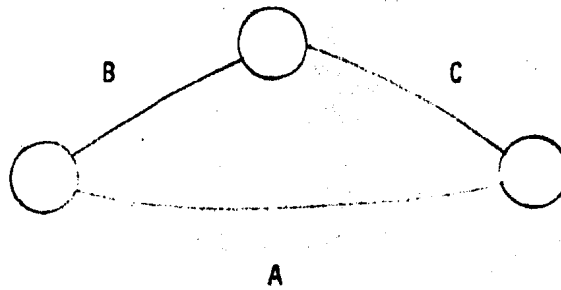
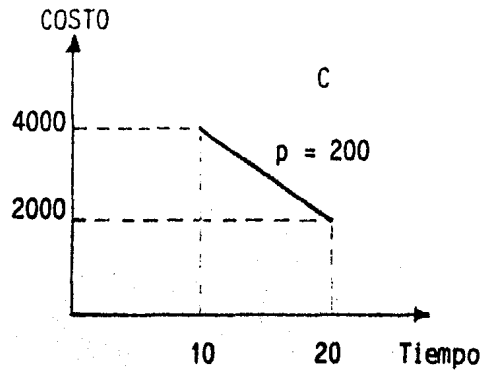
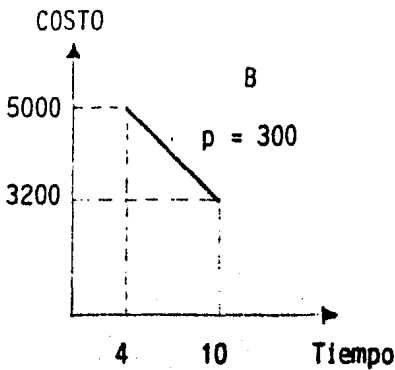
Cuando solamente hay una forma de terminar una actividad, la curva de datos costo-tiempo se reduce a un solo punto, teniéndose que la duración de falla y la duración normal son idénticas. Para las actividades ficticias los datos costo-tiempo son automáticamente cero, ya que no requieren ni recursos ni tiempo para la terminación de dichas actividades.

### 3.7.- Compresión de Redes.

La terminación de cada actividad dentro de un proyecto requiere el empleo de cierta cantidad de recursos y una cantidad específica de tiempo. - Con un mínimo de recursos y un máximo de tiempo, se termina una actividad a su duración y costo normales. Si son factibles algunas formas más rápidas y costosas, una cantidad adicional de recursos asegura la terminación de la actividad en un tiempo menor que el normal. Esta aceleración de la actividad, que puede ser descrita como compresión de la duración, depende únicamente de la disponibilidad de recursos, de la forma de la curva costo-tiempo y de la aceleración deseada, para la terminación de la actividad. - La compresión de la duración de actividades individuales, es independiente de su posición dentro del proyecto, no se quiere dar a entender con ésto, - que es económico acelerar cualquier actividad, solamente es posible hacerlo de una forma independiente de las demás actividades.

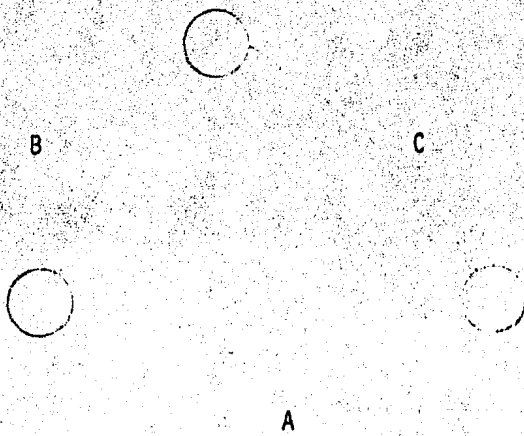
Para iniciar la compresión de cualquier actividad, es esencial conocer los datos costo-tiempo para ésa actividad, por conveniencia, ésos datos pueden ser indicados por medio de alguna convención en la red, a lo largo de la fecha que corresponde a la actividad considerada. En la figura 3.7.1., se muestra un modelo de red simple, el cual comprende tres actividades A, B y C. Los datos costo-tiempo se indican en forma de curvas de costo-tiempo para cada actividad; se supone que son físicamente continuas y que son factibles para cualquier duración, entre los tiempos normal y de falla. La figura 3.7.2., muestra la solución normal, para una duración de 30 días calendario y un costo de 6,300 unidades. La solución normal es --

por supuesto la más barata. Supóngase que por alguna razón, la duración de 30 días es inaceptable y que si hay disponibles 600 unidades para acelerar el proyecto. Obviamente, es casi imposible invertir las 600 unidades en una cualquiera de las tres actividades, ya que es claro que el costo de falla es más alto que el total de recursos financieros disponibles. El problema es encontrar la forma más económica de acelerar éste proyecto,



### 3.7.1.- Datos de Costo Tiempo.

- con un gasto extra de 600 unidades.



$$T_A^N = 12$$

$$C_A^N = 1,100$$

$$T_B^N = 10$$

$$C_B^N = 3,200$$

$$T_C^N = 20$$

$$C_C^N = 2,000$$

$$T_P^N = 30$$

$$C_P^N = 6,300$$

Fura 3.7.2.- Solución Normal.

Si se considera sólo la actividad A, con pendiente de costo igual a -- 100 unidades, permite comprimir su duración a 6 días, mediante un gasto de 600 unidades y un costo directo total de 1,700 unidades. Esto se muestra en la figura 3.7.3a, donde es obvio que no a habido reducción en la duración del proyecto, sino que aumentó la holgura de la actividad A.

Considerando ahora la actividad B, se encuentra que es posible una compresión de 2 días en la duración de ésa actividad, dando un tiempo de terminación de 8 días, a un costo directo de 3,800 unidades. Figura 3.7.3.6

Ahora bien, analizando la actividad C, se obtiene una compresión de 3 días, siendo ahora la duración de la actividad de 17 días a un costo de --- 2,600 unidades, como se ve en la figura 3.7.3c, luego entonces ésta sería la mayor reducción en la duración del proyecto, si el total de fondos extra se aplica a una sola actividad.

Es obvio que hay otra posibilidad de aplicar el recurso financiero adicional, comprimiendo en éste caso a cada actividad en un día; como se muestra en la figura 3.7.3d. El estudio de éstas situaciones, demuestra que la mejor solución es la de la figura 3.7.3c, donde la compresión de la actividad C conduce al menor costo por día de reducción en la duración del proyecto. El exámen de las pendientes de costo de cada actividad y si la actividad es ó no crítica, muestra que es la solución óptima, para la inversión adicional. De ésta forma podemos concluir que la compresión se inicia con la actividad crítica que tenga la menor pendiente de costo.

El caso más simple en la compresión de redes, será cuando una actividad, que forma parte de la ruta crítica, puede ser acelerada por completo - desde su tiempo de duración presente hasta su duración de falla. Para ésto se supone que existe una sola ruta crítica, en aquélla parte de la red - que contiene a la actividad en cuestión, cuya pendiente de costo es la más-pequeña en toda la ruta crítica y que la compresión no afectara la condi--- ción de ninguna otra actividad en el modelo.

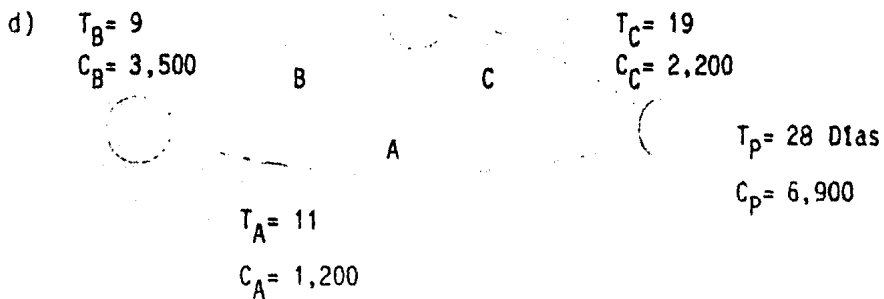
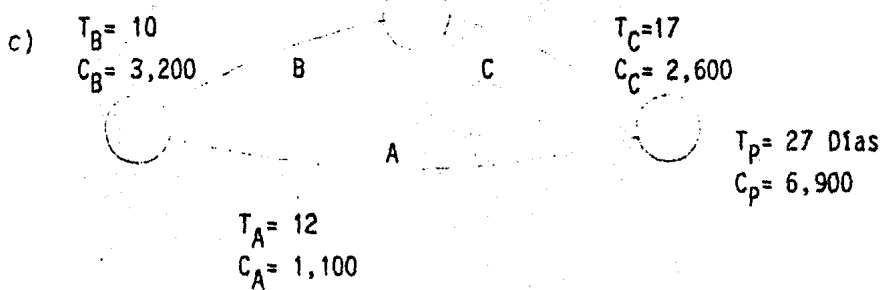
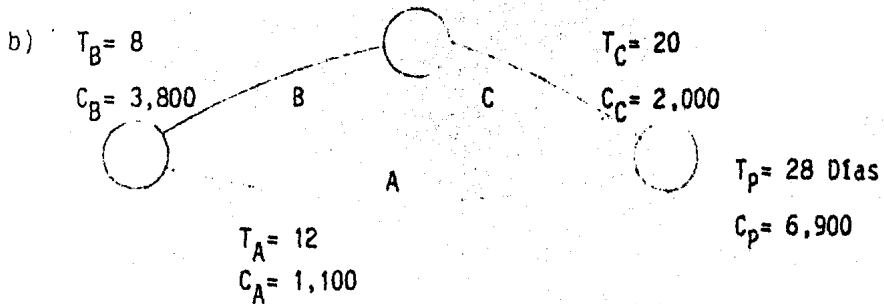
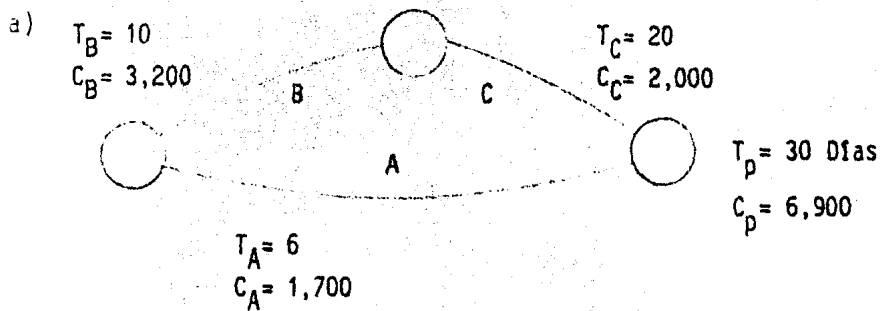


Figura 3.7.3.- Compresión de la red. a) Compresión de la actividad A. b) Compresión de la actividad B. c) Compresión de la actividad C. d) Compresión de todas las actividades.



La reducción de la duración del proyecto es, la cantidad que es posible reducir a la duración actual de la actividad llevándola a falla. Una vez que surge una ruta crítica, la lógica de compresión óptima exige que ésta permanezca en la red. Con el tiempo y la aplicación de recursos adicionales, todas las actividades de la ruta crítica deben alcanzar sus duraciones de falla y entonces será posible seguir comprimiendo la cadena crítica.

Cuando se llega a ésta etapa, el análisis de la red termina, porque no se obtendrá ninguna ventaja, al fallar actividades no críticas, ya que no tendrían ningún efecto sobre la duración del proyecto, si la ruta crítica se ha llevado a su falla total. Por todo lo anterior deberá quedar --- bien claro que las compresiones óptimas sucesivas de la red, hasta la condición final de una ruta crítica en estado de falla total, produce una solución más barata que la solución de falla de todas las actividades, porque en el primero muchas actividades no críticas quedan todavía sin llevarse a su punto de falla. Esta última solución limitada por las rutas críticas en estado de falla es de hecho, la solución del tiempo de falla mínimo, que es la más barata para la duración factible más corta del proyecto basada únicamente en costos directos.

Sin embargo, en la práctica una actividad frecuentemente presenta su curva costo-tiempo en etapas múltiples, esto es con una serie de rectas -- continuas, cada una con su respectiva pendiente de costo. Las curvas de etapas múltiples afectan la selección de las actividades por comprimir, ya que cuando la compresión se efectúa con la pendiente de costo anteriormente seleccionada se deberá tomar en cuenta una nueva pendiente de costo. Esto no hace los cálculos más difíciles, sino que serán necesarias más etapas de compresión entre las soluciones normal y de falla. En diagramas -- con una gran interconexión de eventos, nos conducirá algunas veces al desarrollo de múltiples rutas críticas. Los cálculos de compresión siguen los mismos principios, pero la determinación de la mejor combinación de actividades en la ruta crítica, para obtener la mínima pendiente efectiva de costo. Las actividades que previamente han sido comprimidas, con frecuencia pueden descomprimirse con el consiguiente ahorro en el costo, en unión de otras actividades que ahora se comprimen más, para asegurar una compresión general de la red.

La compresión de una red se basa en la disminución continúa de la du-

ración óptima del proyecto, desde la normal hasta la de falla; la descompresión de una red se basa en el aumento continuo de la duración óptima del proyecto, desde el mínimo tiempo hasta la duración normal. A partir de los datos de costo-tiempo para todas las actividades, la solución de falla se obtiene tan fácilmente como la solución normal; sin embargo, --- mientras que la solución normal es la solución óptima para el tiempo normal óptimo y es el punto de partida para la compresión; la solución de fa lla no es la solución óptima para el tiempo de falla óptimo, por lo que no es la base de partida para la descompresión. El primer paso en la des compresión de una red, es obtener la solución óptima del mínimo tiempo fa lla y utilizarla como punto de partida para la descompresión.

El manejo de la duración contractual en algunos proyectos, es posible por medio de la aplicación adicional de recursos, la duración del proyecto estará dentro del intervalo definido por las soluciones normal y de falla; en tales casos la determinación de la solución óptima que dé el tiempo deseado, se hace ya sea por compresión a partir de la solución normal ó por descompresión de la solución de falla.

Cuando se usa cualquiera de éstos métodos, los cálculos se continúan hasta llegar a la duración contractual, obteniendo automáticamente la solución que para esas condiciones es la óptima. Un procedimiento más --- práctico, consiste en preparar un modelo de red inicial a partir del pre supuesto convencional y asignándole la duración específica. En la mayo--ría de los casos, ésta solución será no óptima y por lo tanto, más costosa que la solución óptima para esa duración. La solución óptima deseada puede obtenerse mejorando sucesivamente el modelo de red original no ópti mo, las mejoras traerán consigo una disminución del costo.

Las mejoras se efectúan por medio de compresiones y descompresiones sucesivas de la red, dentro de una pequeña variación alrededor de la duración específica, las rutas críticas cambian gradualmente desde su con--cepción hasta las rutas críticas de la solución óptima. Al realizar éste análisis se obtendrá un ahorro en el costo, aún sin haber alcanzado todavía la solución óptima, ya que las mejoras sucesivas pueden ser interrum pidas en cualquier etapa de los cálculos, obteniendo un diagrama mejor -- que el original. Otra ventaja de ésta técnica es que se obtienen las ca racterísticas de la red en la zona de mayor interés dentro de la duración del proyecto.

### 3.8.- PROBLEMAS RESUELTOS QUE ILUSTRAN LA COMPRESION DE REDES.

A continuación se presenta la relación de los problemas resueltos.

3.8.1 Compresión de red limitada por falla de la actividad C.

3.8.2 Compresión del diagrama de fechas limitado por la holgura total.

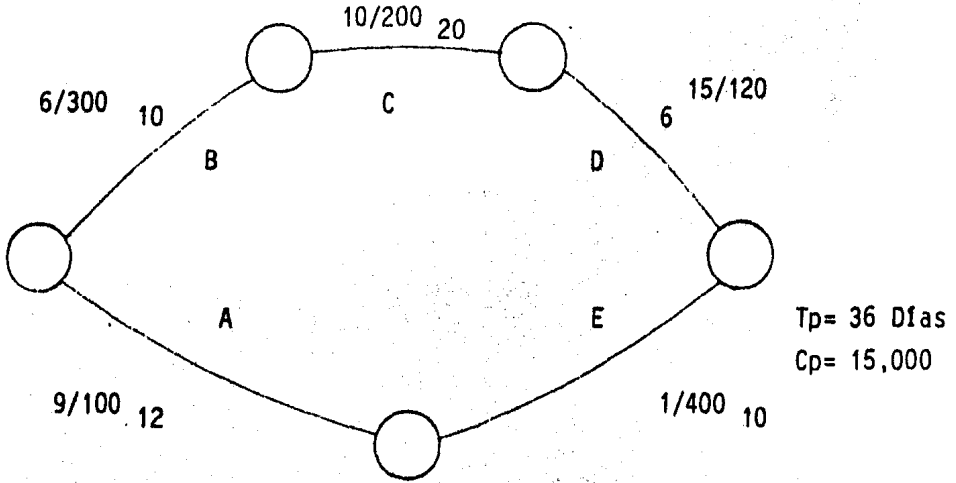
3.8.3 Compresión limitada por rutas criticas paralelas.

3.8.4 Compresión limitada por rutas criticas en estado de falla.

3.8.5 Compresión usando las curvas de costo-tiempo de etapas múltiples.

Problema N° 1.- Comprimir la siguiente red, llevando a la falla a la actividad C.

a)



b)

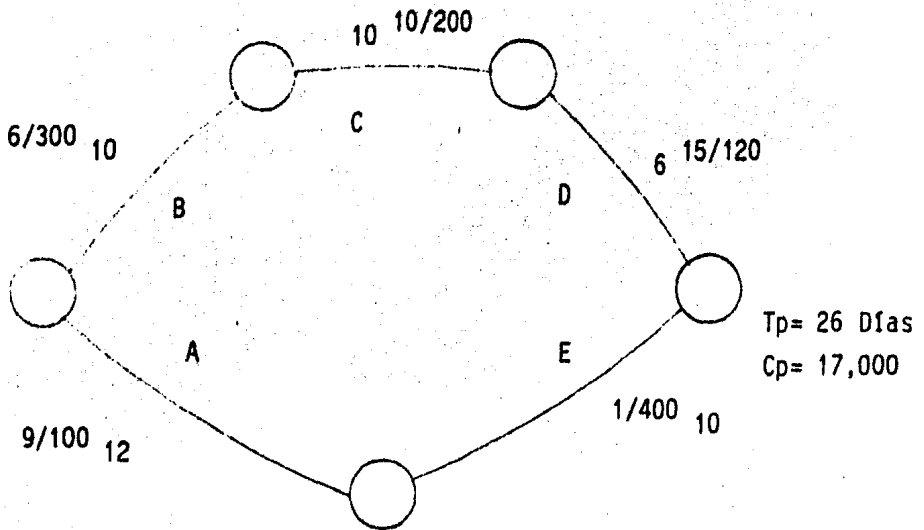


Figura 3.8.1.- Compresión de red limitada por falla de la actividad C.

En la figura 3.8.1., se presenta una situación en que la compresión de la red es posible. Se supone que la actividad D ha sido previamente fallada; las actividades B, C y D, se encuentran en la ruta crítica mientras que A y E son no críticas. Nótese la forma convencional en que están presentados los datos costo-tiempo en el diagrama de flechas. Se supone que el costo actual del proyecto es un punto de referencia con la duración real de cada actividad.

$6/300_{10}$  es el dato de la actividad B, de la figura 3.8.1a, significa que la duración actual de la actividad B es de 10 días y que se puede comprimir 6 días con un aumento uniforme del costo de 300 unidades por día.

Los potenciales de alteración de cada duración y las correspondientes pendientes de costo se indican como superíndices en las duraciones actuales; los superíndices que están a la izquierda indican el potencial de reducción de la actividad y los que están a la derecha indican el potencial de prolongación de la duración de la actividad.

Ahora bien, para comprimir éste diagrama de flechas, se seleccionó a la actividad C, ya que pertenece a la ruta crítica y su pendiente es menor comparada con la de la actividad B; el siguiente paso es determinar el número de días que puede comprimirse y su correspondiente costo, la actividad C puede ser fallada en 10 días a un costo de 200 unidades por día. Es aceptable ésta compresión de 10 días, pues sí, ya que la cadena paralela A-E tiene una holgura de 14 días que es mayor que la compresión propuesta de 10 días.

En la figura 3.8.1b, se muestra la nueva duración del proyecto y el costo del mismo.

Problema Nº 2, Comprimir el siguiente diagrama limitado por la holgura total.

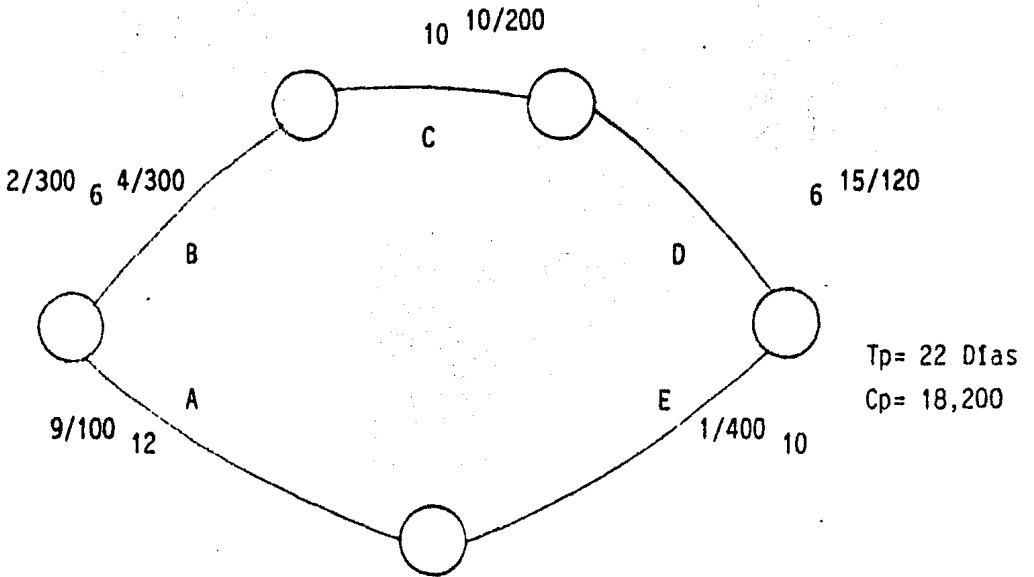
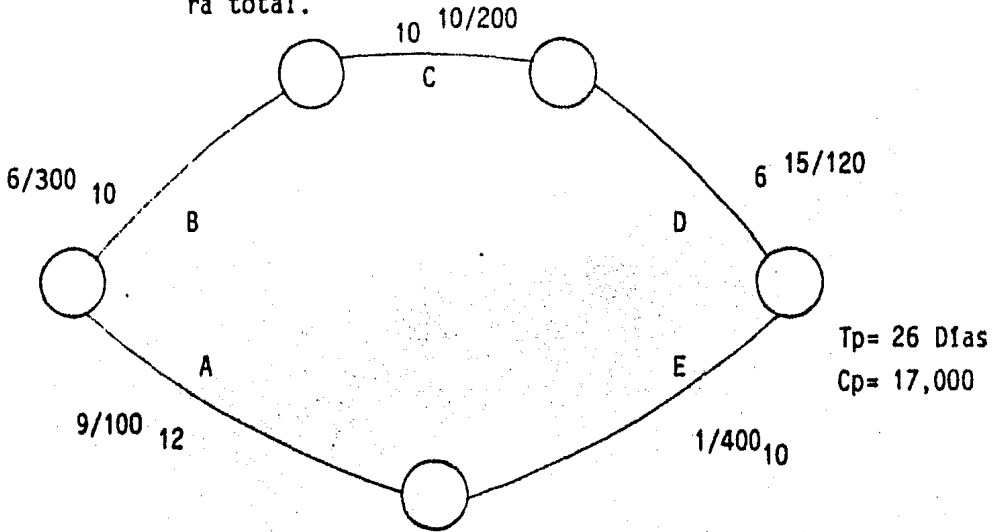


Figura 3.8.2., compresión del diagrama de flechas limitado por la holgura total.

Analizando la figura 3.8.2a., Únicamente la actividad B de la ruta -- crítica está disponible para compresión, la actividad B puede ser comprimida 6 días a un costo de 300 unidades por día. Pero la cadena A-E tiene -- una holgura total de 4 días. Por lo tanto existe una limitación de red, - que obliga la compresión de B a sólo 4 días como se muestra en la figura - 3.8.2b.

Problema N° 3.- Hacer la compresión del siguiente diagrama, limitado - por rutas críticas paralelas.

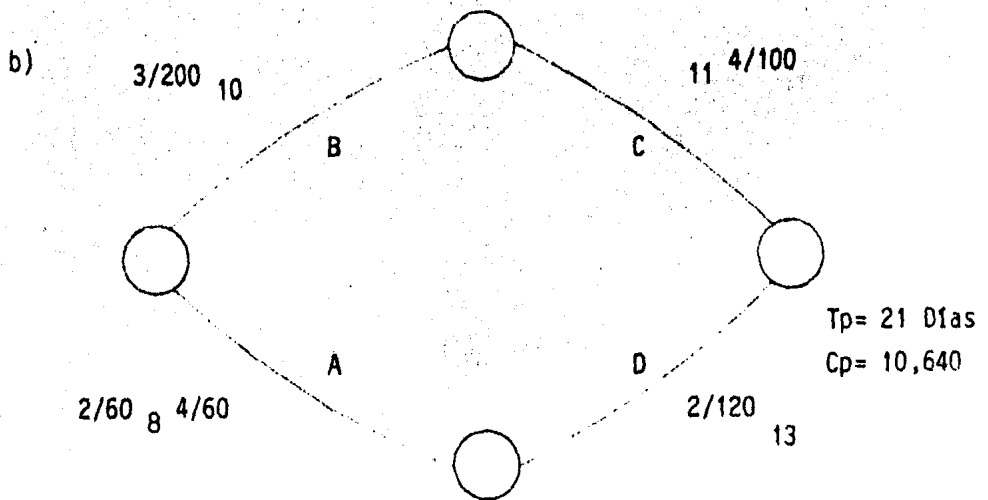
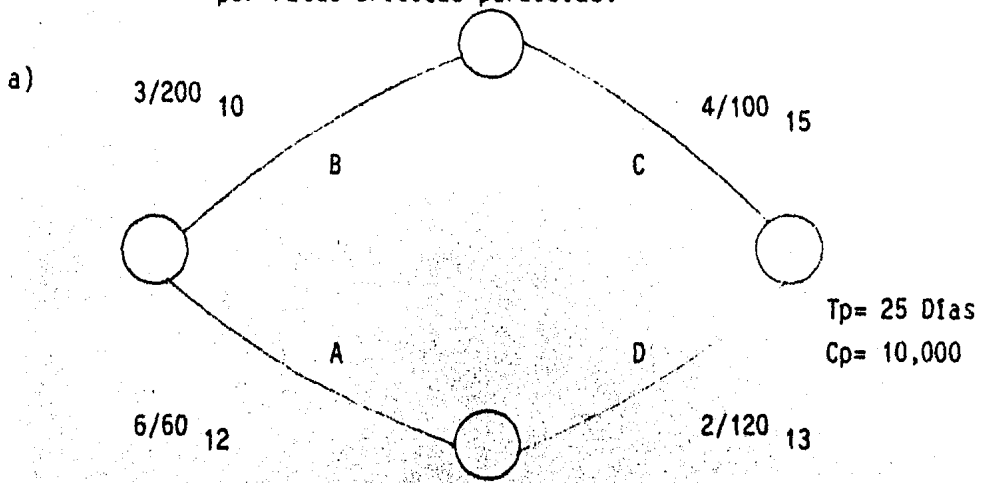


Figura 3.8.3., Compresión de red limitada por rutas críticas paralelas.



Después de que surgen dos rutas críticas en un modelo de red, toda -- compresión que le siga deberá implicar disminuciones iguales a lo largo de ambas rutas críticas, porque de otra manera la duración del proyecto no se reduciría.

En la figura 3.8.3a, se muestra un modelo donde ambas cadenas son crí-- ticas y por lo tanto ambas determinan la duración del proyecto de 25 días. Aplicando la teoría para la compresión de redes, la actividad de menor cos-- to disponible para compresión en la cadena 0-1-3 es la actividad C, con -- una compresión de falla total de 4 días a un costo de 100 unidades por día en la cadena 0-2-3, la actividad A tiene la pendiente de costo mínima con-- un costo de 60 unidades por día y un potencial de compresión de falla to-- tal de 6 días.

Obviamente la falla de la actividad C limita la compresión a 4 días,-- de tal forma que en la cadena paralela no puede haber una compresión mayor de 4 días; ésta es una limitación por rutas críticas paralelas. Por lo -- tanto las dos actividades C y A se comprimen simultáneamente 4 días y con-- un costo combinado de 160 unidades por día, esto se muestra en la figura - 3.8.3b.

Problema N° 4. Hacer la compresión de la red limitada por rutas críti-  
cas en estado de falla.

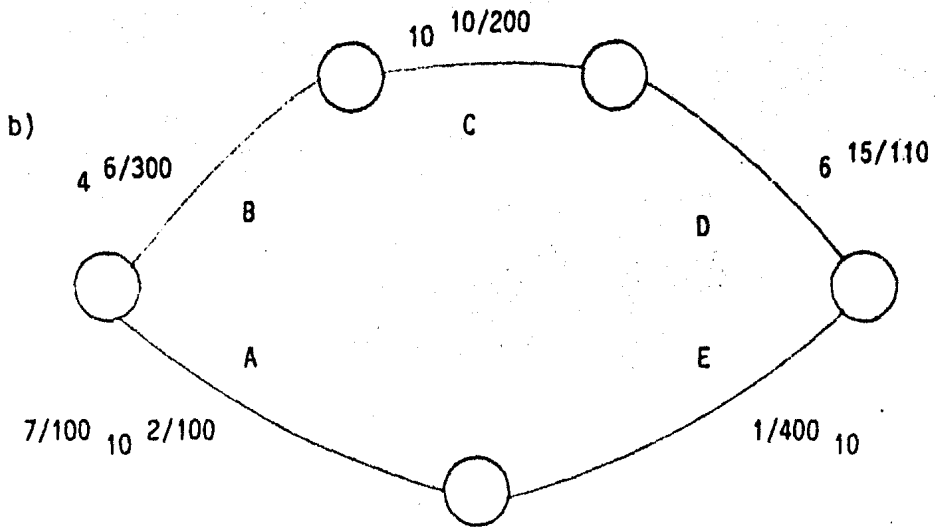
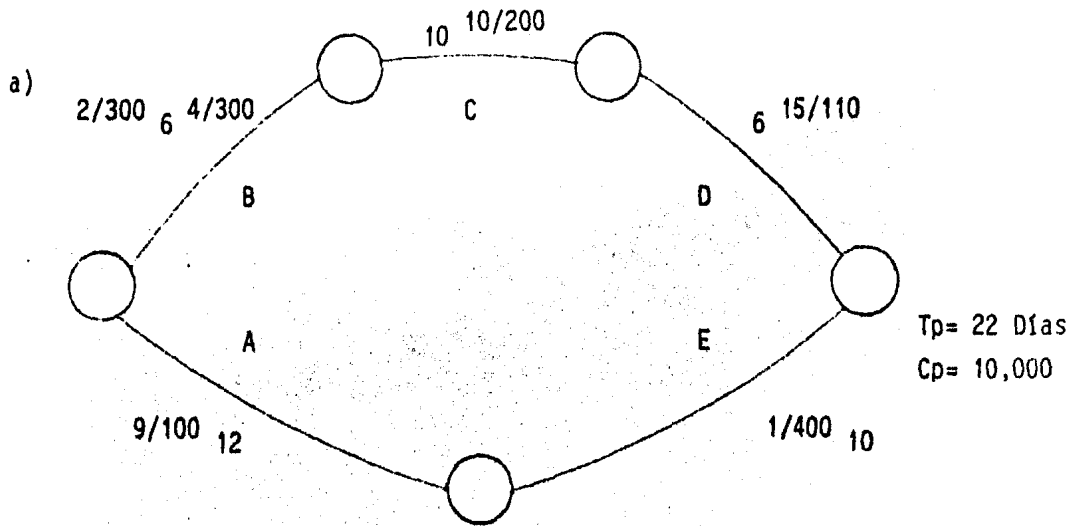
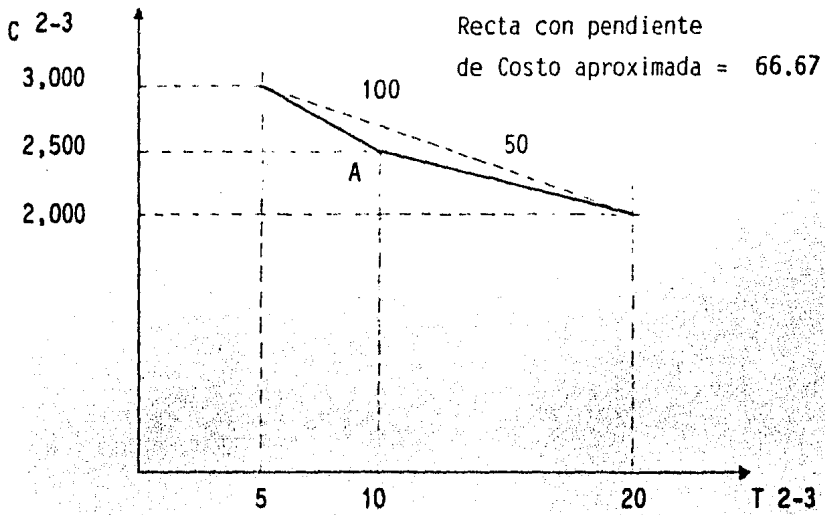


Figura 3.8.4.- Compresión de red limitada por rutas críticas en esta-  
do de falla.

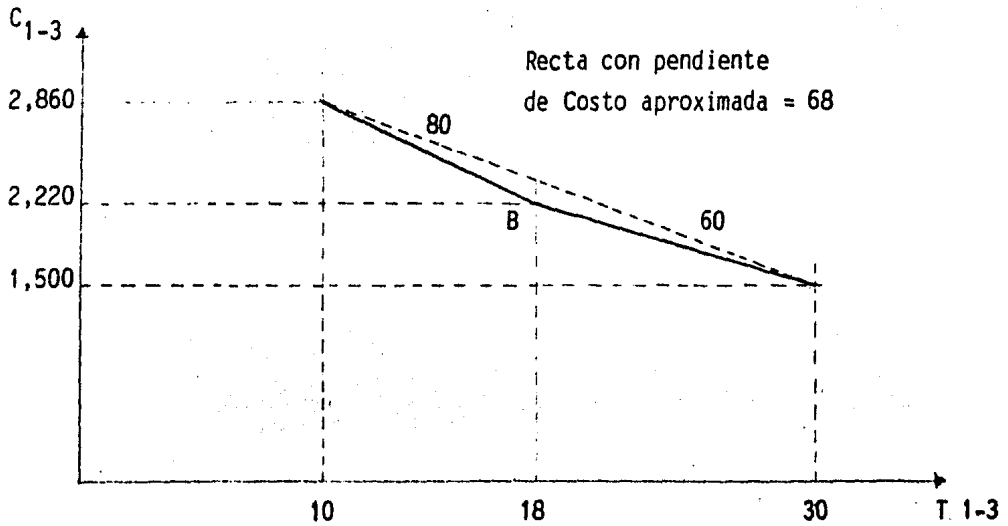
En la figura 3.8.4., se ilustra que las compresiones óptimas sucesivas de un modelo de red hasta la condición final de una ruta crítica en estado de falla total, produce una solución más barata que la solución de falla de todas las actividades, porque en el primero las actividades no críticas -- quedan todavía sin llevarse a su punto de falla. Esta última solución limitada por las rutas críticas en estado de falla, es de hecho, la solución -- del tiempo de falla mínimo que es la mas barata para la duración factible -- más corta del proyecto basada únicamente en costos directos. En la figura- 3.8.4a, la actividad B está disponible para una nueva compresión de 2 días, para llegar a la falla total obligando así, a una compresión similar de dos días a la ruta crítica paralela 0-2-4; donde la actividad A tiene la pen--- diente de menor costo. Así, se podrá realizar una compresión doble de 2 -- días a un costo total de 400 unidades por día.

La solución final de la red se muestra en la figura 3.8.4b. Ahora, la ruta crítica 0-1-3-4, está en falla total y por lo tanto no admite nuevas - compresiones. La otra ruta crítica 0-2-4, todavía contiene actividades con un potencial de compresión de 8 días más sin embargo, queda impedido por - la limitación de la ruta crítica llevada a su falla total 0-1-3-4; por lo - que la red entera ha tomado un carácter rígido y no serán posibles nuevas - compresiones, por lo que la solución del tiempo mínimo de falla ha sido alcanzada.

Problema Nº 5. Efectuar la compresión de la red, considerando los datos costo-tiempo por etapas múltiples.



Curva de costo-tiempo para la actividad 2-3.



Curva de costo-tiempo para la actividad 1-3.

Figura 3.8.5 Datos costo-tiempo por etapas múltiples.

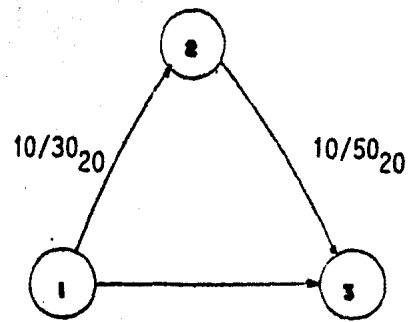
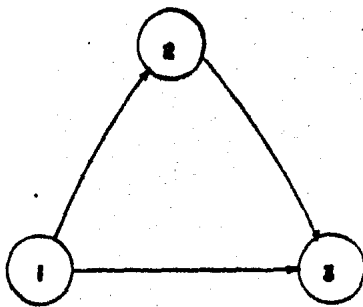
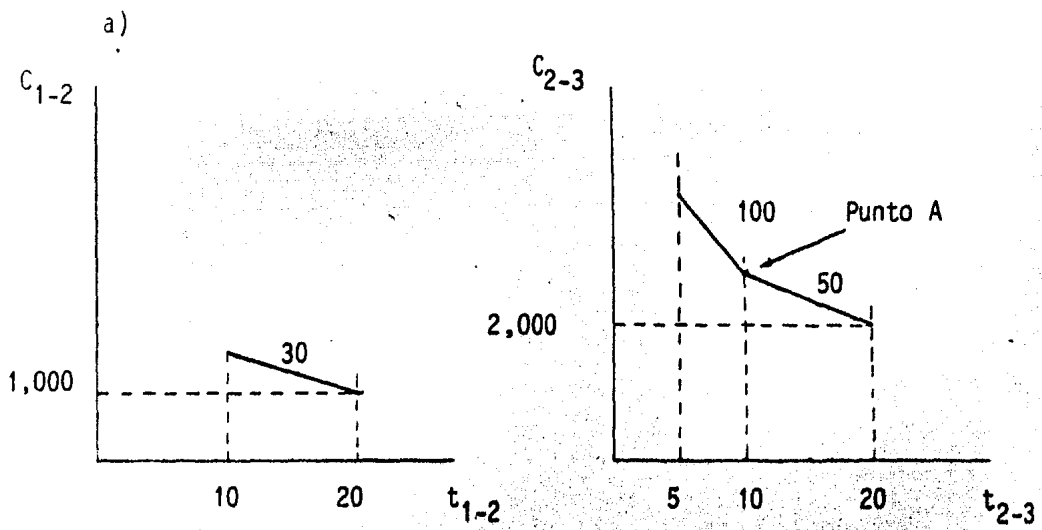
En la figura 3.8.5., se muestran las curvas de costo-tiempo de etapas múltiples para las actividades 2-3 y 1-3, las cuales forman parte del modelo de red que se presenta en la figura 3.8.5.1, en la cual se muestran las distintas etapas en la compresión de la red, cuando las actividades 2-3 y 1-3 tienen los datos de costo-tiempo en etapas múltiples. La curva de costo directo del proyecto basada en ésta información, se encuentra en la figura 3.8.5.2, con los resultados de la aproximación lineal de los datos de costo-tiempo. Como se podrá ver en la figura 3.8.5, los datos de costo-tiempo en etapas múltiples han proporcionado una representación más exacta de la curva de costo directo.

Analizando ahora la figura 3.8.5.1, y en particular el diagrama de flechas comprimido con una duración de 20 días, indica una diferencia máxima de 246.67 unidades entre las dos curvas. Esto se debe a la combinación de las pendientes aproximadas de costo esto es  $66.67 + 68.00 = 134.67$  unidades, la cual es mayor que la combinación de las pendientes de costo reales de  $50.00 + 60.00 = 110.00$  unidades, para la compresión de 10 días esto es:

$$(134.67 - 110) ( 10 ) = 246.67 \text{ Unidades de costo.}$$

La conclusión general para éste caso puede ser la siguiente:

Si las curvas de costo-tiempo se linealizan conservadoramente, la curva de costo directo del proyecto también será conservadora; es decir, indicará costos mayores de los que realmente se aplican.



$T_p = 40$   
 $C_p = 4,500$

Figura 3.8.5.1, cálculos de compresión, usando curvas de costo-tiempo por etapas múltiples. a) Modelo de red y datos de -- costo-tiempo, b) Solución normal.

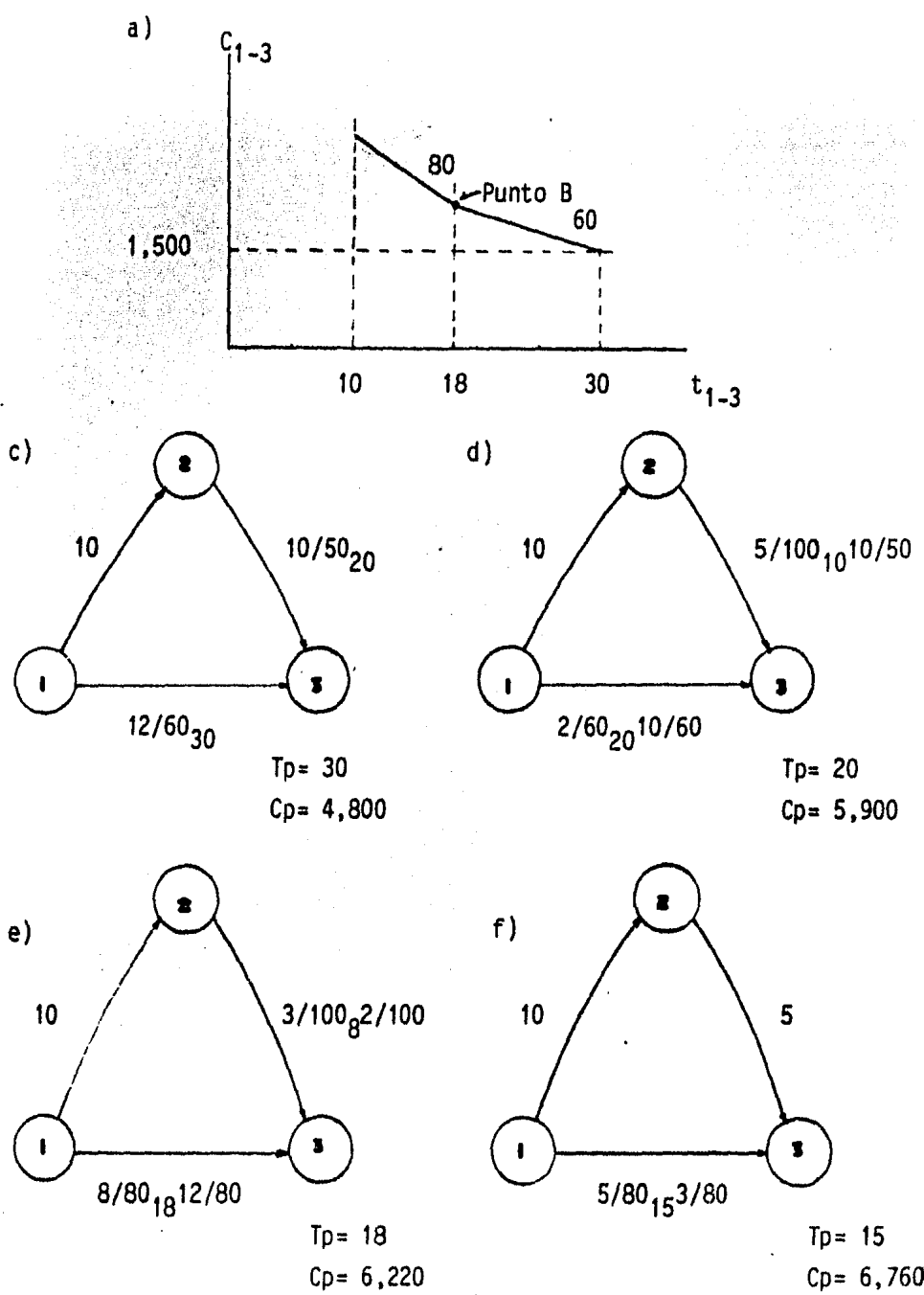


Figura 3.8.5.1. Cálculos de compresión, usando curvas de costo-tiempo por etapas múltiples.

- c) Primera compresión. d) Segunda compresión. Limitada por el punto A. e) Tercera compresión Limitada por el punto B. f) Cuarta compresión

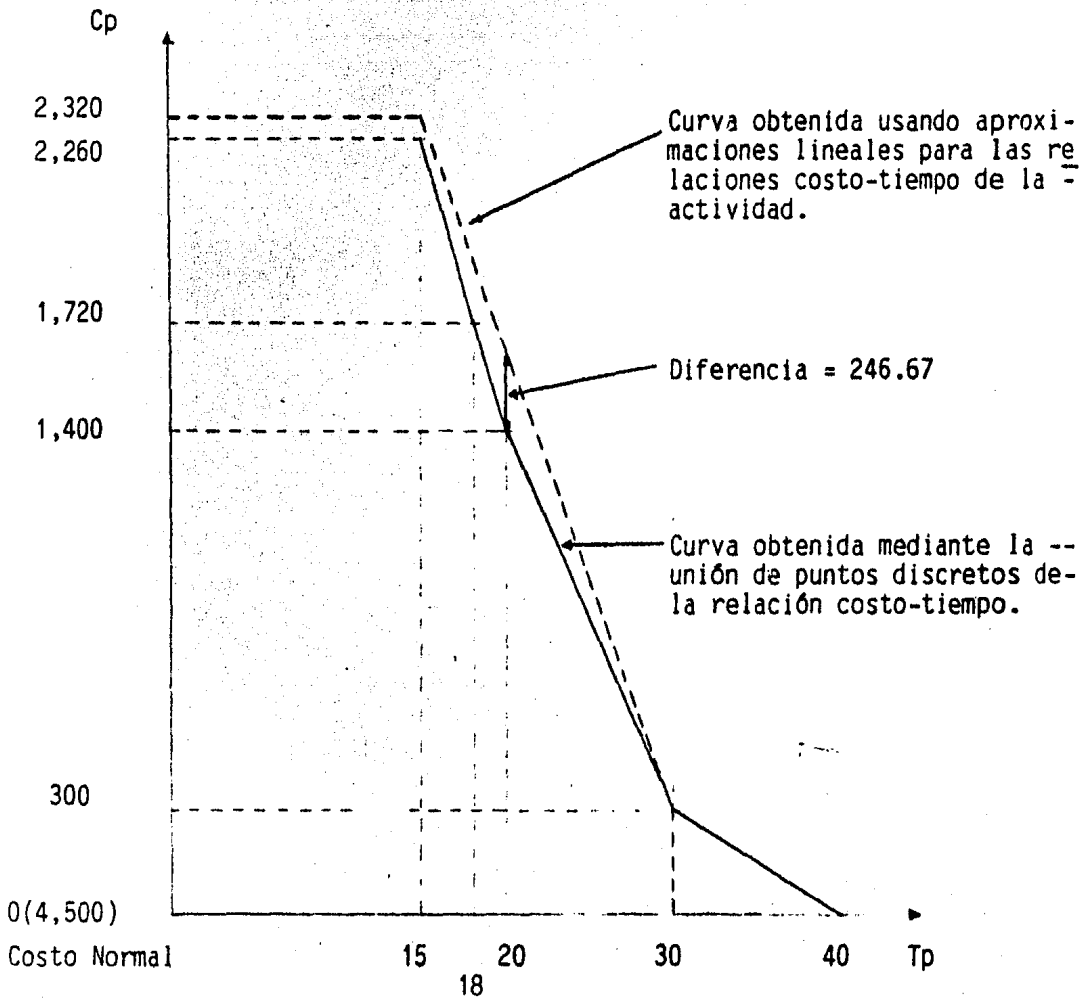


Figura 3.8.5.2. Efecto del empleo de datos por etapas múltiples, en la curva de costo-tiempo de un proyecto.



Se obtienen una serie de soluciones con una duración del proyecto ca si fija, todas en el orden correcto alternando la compresión y la descompresión. Aún más, éstas soluciones son muy útiles más tarde para el control del proyecto durante la construcción, porque habra una gran variedad de pla nes que cumplan el tiempo del contrato.

### 3.9.- Introducción al Pert \*

La planeación y programación como la ruta crítica, requiere un conocimiento razonable aproximado del tiempo y costo para cada actividad, ya que el modelo de la red es esencialmente determinístico. No obstante, en muchas situaciones la duración de una actividad no puede ser prevista con aproximación estando cualquier tiempo estimado sujeto a duda. Si tal actividad está en una ruta no crítica y tiene un tiempo flotante disponible considerable los cálculos usuales de la ruta crítica siguen siendo válidos pero habrá unincertidumbre local en la distribución de los recursos.

Ahora bien, si la actividad está en una cadena crítica, la duración del proyecto y la programación de las actividades subsecuentes se vuelve incierta; solamente que se disponga de los recursos suficientes para acelerar la actividad en la forma que se requiere, si ésto no es posible, la incertidumbre se vuelve un factor en el proyecto de construcción y deberá incluirse en los cálculos de la red.

El Pert, introduce la incertidumbre en los tiempos estimados para las duraciones de las actividades y por ende del proyecto. Conviene por lo tanto para aquéllas situaciones en donde no haya antecedentes suficientes para especificar con exactitud los datos de costo-tiempo o dónde las actividades del proyecto requieran investigación y experimentación.

El Pert emplea la duración de las actividades llamada tiempo esperado junto con una media asociada de incertidumbre para ésta duración de la actividad. Esta incertidumbre se expresa como la desviación estándar ó como la variancia de la duración. Se pretende que el tiempo medio esperado sea el tiempo estimado, con aproximadamente un 50% de probabilidades de que la duración real sea menor y un 50% de probabilidades de que dicha duración lo exceda.

\*

Program evaluation and review technique.

$$T_e = \frac{T_a + 4 T_m + T_b}{6}$$

$T_e$  = Tiempo Medio Esperado

La desviación estándar se obtiene de la siguiente manera:

$$D_{t_e} = \frac{T_b - T_a}{6}$$

$D_{t_e}$  = Desviación estándar del tiempo medio esperado.

La desviación estándar del tiempo medio esperado es la medida estadística de la incertidumbre, siendo la amplitud de la curva de distribución - su valor principal.

La variancia se define como el cuadrado de la desviación estándar, ésto es:

$$V_{t_e} = ( D_{t_e} )^2 = \left( \frac{T_b - T_a}{6} \right)^2$$

$V_{t_e}$  = Variancia del tiempo medio esperado.

Adoptando el tiempo medio esperado de cada una de las actividades, -- los cálculos de la ruta crítica proceden como antes. Sin embargo, según - el enfoque del pert, a cada duración se le asocia su desviación estándar ó su variancia. Así, las fechas calculadas para los eventos serán tiempos medios esperados de eventos y en consecuencia estarán sujetos a la incerti-- dumbre.

La duración del proyecto se determina sumando el tiempo medio esperado de las actividades a lo largo de la ruta crítica y ésta será por lo tanto, el método estadístico de la variancia de la duración del proyecto es:

$$V_{T_p} = \sum V_{t_e} = \sum ( D_{t_e} )^2$$

Esto es la suma de las variancias individuales de las actividades de- la ruta crítica que defina la duración del proyecto.

Una vez determinados el tiempo medio esperado para un evento y su des

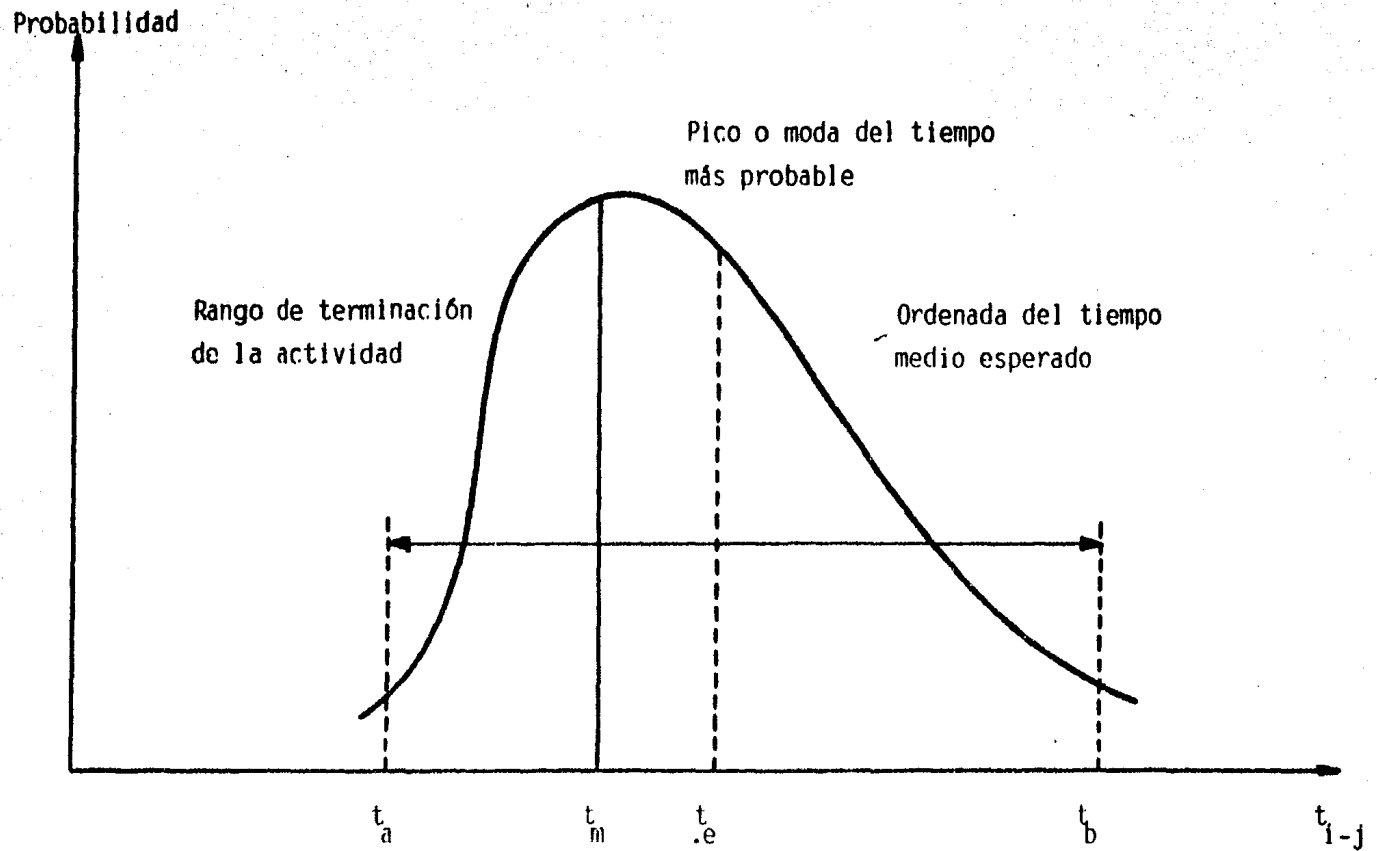


Figura 3.9.1 Curva de Distribución de Probabilidades de las duraciones de la actividad.

A partir de esto, queda claro que la determinación formal de los datos de tal actividad necesita emplear una curva de distribución normal de probabilidades para los tiempos de terminación de la misma.

Para asegurar que esta curva de distribución supuesta se apegue a las circunstancias de cada actividad individual, se hacen tres estimaciones del tiempo y se incluyen dentro de la curva teórica, permite obtener el tiempo-medio esperado, la desviación estándar y la variancia.

El tiempo optimista es una estimación del mínimo tiempo requerido para una actividad.

$T_o$  = Tiempo Optimista

El tiempo más probable está basado en la experiencia y el juicio, siendo el tiempo necesario si la actividad se repite varias veces bajo condiciones similares.

$T_m$  = Tiempo más Probable.

El tiempo pesimista es una estimación del tiempo máximo requerido para una actividad.

$T_p$  = Tiempo Pesimista

El cálculo de estas tres estimaciones de la duración de una actividad, obligan al proyectista a tener una visión completa de las dificultades de cada actividad, por lo que el proyectista se libera de ideas prefijadas respecto a la fecha en que la actividad debe terminarse.

En la figura 3.9.1., se muestra la forma general de la curva de distribución de probabilidades en donde se ve un pico ó moda, correspondiente al tiempo más probable. Este pico puede tomar cualquier posición dentro del intervalo de distribución, para cumplir con las características de la actividad considerada; éste intervalo está definido por los tiempos optimista y el tiempo pesimista, como éstas dos estimaciones representan casos extremos los que son poco probables de obtener y por lo tanto tienen muy pocas probabilidades.

En esta curva de distribución de probabilidades, se pueden hacer aproximaciones para el tiempo medio esperado de la actividad y su desviación estándar. El tiempo medio esperado se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

viación estándar, es posible calcular a partir de la teoría de probabilidades, qué probabilidad hay de encontrar un tiempo programado para el evento específico. Para esto se considera que el tiempo de terminación del evento tiene una distribución normal de probabilidades con una duración media y desviación estándar determinados a partir de la serie de curvas de distribución beta de las actividades individuales.

Esta hipótesis implica que el resultado de sumar una serie de curvas de distribución beta independientes, da una curva de distribución normal - esto es cierto solo para series infinitas, pero es aproximadamente cierto en la práctica para redes de un tamaño considerable.

Ahora bien, considerando la hipótesis anterior, para calcular las probabilidades de satisfacer el tiempo de terminación de obra es necesario - tabular una curva de distribución normal centrada en el tiempo medio esperado para el evento considerado, como se muestra en la figura 3.3.2, con - esta curva las probabilidades de satisfacer el tiempo programado que se desea, se obtienen determinando el porcentaje de área que comprende este - tiempo de área total bajo la curva de distribución normal. En lugar de - trazar para cada evento una curva de distribución normal, se hará uso del factor Z y se usarán las tablas de probabilidad para funciones de distribución normal.

En la técnica del pert, el tiempo es el factor esencial que ha de analizarse, ya que es inútil introducir costos antes de que las predicciones de tiempo y la probabilidad de cumplir con ellas se hayan determinado.

Quedará claro que aparte del aspecto probabilístico, gran parte de la técnica del pert es similar al de la ruta crítica; sin duda hay una gran cantidad de aspectos en común. Por lo que se recomienda seguir con los procedimientos del pert, hasta donde sea necesario lo que facilitará al proyectista incluir la incertidumbre en la red cuando esto resulte necesario.

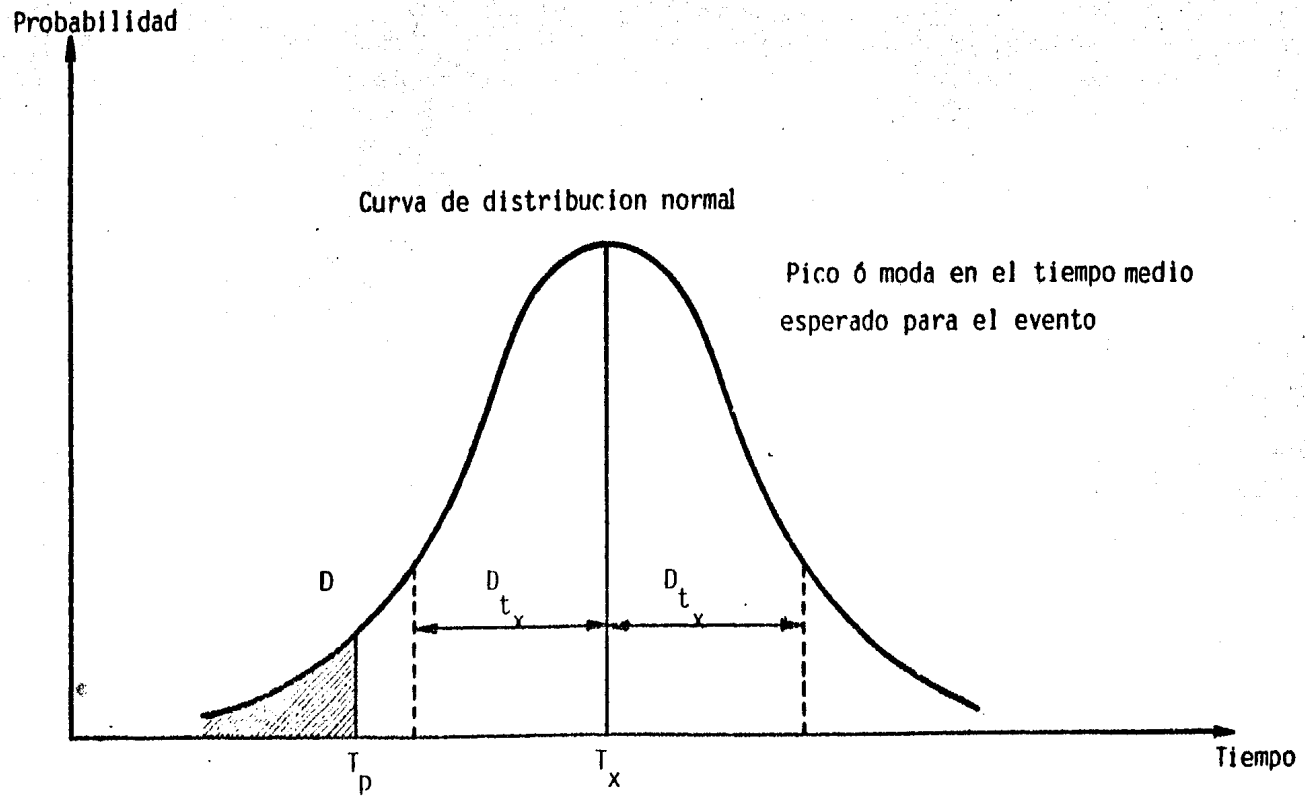
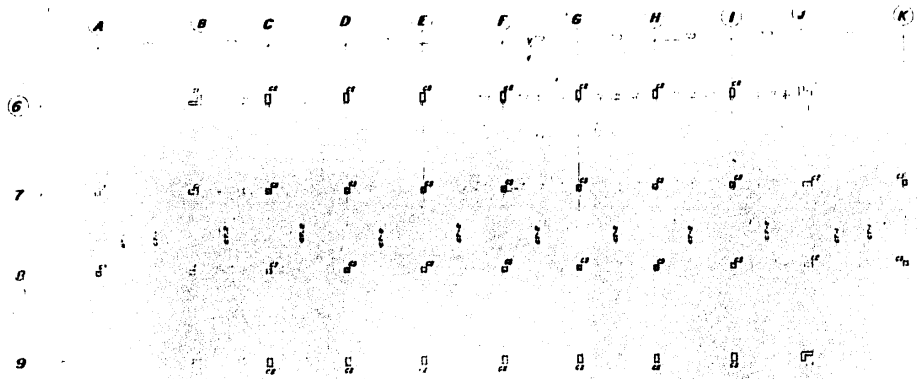


Figura 3.9.2 Probabilidad de satisfacer el tiempo programado.



**PLANTA DE CIMENTACION**

CONTINUA  
E.M. 2.1

CONTINUA  
E.M. 2.11

CONTINUA  
E.M. 4.1

CONTINUA  
E.M. 4.2

CONTINUA  
E.M. 9.1

CONTINUA  
E.M. 9.2



COLUMNA C-1



COLUMNA C-2



COLUMNA C-3



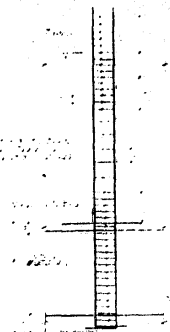
COLUMNA C-4



COLUMNA C-5



COLUMNA C-6



ELEVACION TIPO DE ESTRIBOS EN COLUMNA

CONTINUA  
E.M. 5.1

CONTINUA  
E.M. 5.2

NOTAS GENERALES

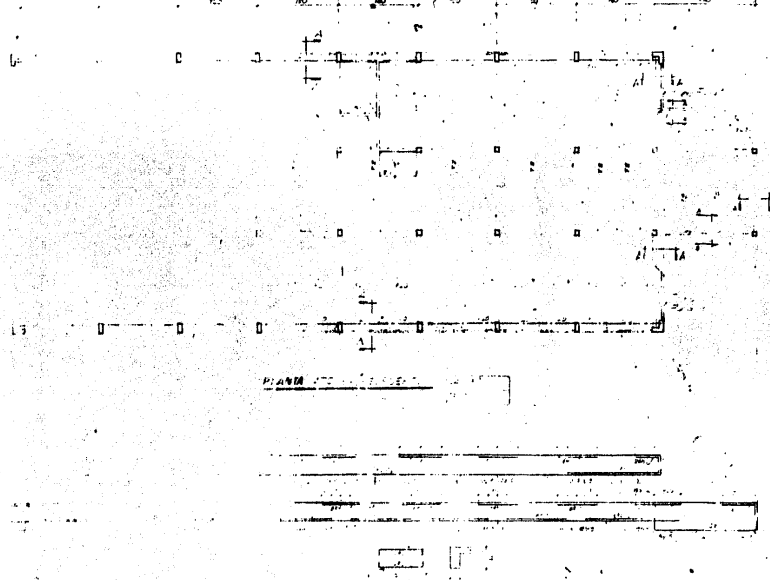
PLANTA DE CIMENTACION



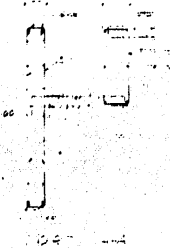


A B C D E F G H I J K

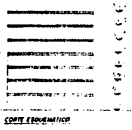
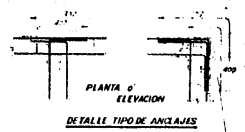
6



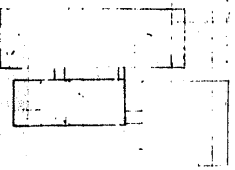
CORTE TIPO DE  
LOSA MACTIA



NOTAS GERALES:



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



CORTE DE PAREDES  
Alguno ORIGINAL

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| PROYECTADO POR | ING. J. M. GARCIA |
| REVISADO POR   | ING. J. M. GARCIA |
| APROBADO POR   | ING. J. M. GARCIA |
| FECHA          | 1960              |
| PROYECTO       | PLANTA            |



#### 4.- ORGANIZACION Y CONTROL DE OBRA.

##### 4.1.- Organización de la Obra.

La industria de la construcción tiene características que no se encuentran en otras industrias, ya que existe un extenso número de operaciones y procesos desde una simple excavación hasta la construcción de una presa, -- desde el hincado de pilotes hasta la construcción de un edificio de muchos niveles, desde la construcción de un túnel hasta el montaje de un puente, - etc., todos ellos requieren de procedimientos constructivos equipo y mano de obra diferentes. El lugar de trabajos es siempre temporal y la producción a plena capacidad en cualquier sitio dura tan solo unos cuantos meses ó cuando muchos unos años. Así, la organización del campo debe adaptarse a las distintas condiciones que varían de proyecto a proyecto y debe ser lo bastante flexible como para controlar adecuadamente los trabajos que se vayan a ejecutar bajo la multiplicidad de éstas condiciones. Aún más la planeación y el presupuesto que ésta genere de los trabajos de construcción, - deben tomar en cuenta éstas características.

Por lo tanto, los proyectos de construcción deberán estar cuidadosamente planeados y estimados, en forma tal que puedan ser terminados satisfactoriamente en cuanto la calidad, tiempo y costo. La planeación ayuda a seleccionar el método de construcción más económico, determinando el equipo, -- ajustando las necesidades financieras y de mano de obra, fijando apropiadamente los pedidos y entregas de materiales estableciendo la supervisión necesaria, definiendo la necesidad de solicitar sub-contratistas, en el tiempo adecuado y llevando a cabo el trabajo dentro del costo previsto.

Sin embargo, ningún plan esbozado en el papel trabajará con una continuidad completa en la práctica, aunque teóricamente sea perfecto. La operación uniforme tal como se describe en la red ó se muestra en una gráfica de barras, quedará afectada por retrasos imprevistos, restricciones impredecibles y factores desconocidos. Es por ésto esencial que la dirección esté informada al detalle continuamente del progreso de los trabajos y que se ha

gan predicciones precisas respecto al efecto de cada uno de los incidentes del lugar, a cerca de los recursos disponibles y las operaciones futuras.

El propósito primordial del control del proyecto es revisar los procedimientos en curso y pronosticar las necesidades futuras del trabajo, con objeto de que éste sea terminado satisfactoriamente. Para trabajar eficazmente debe haber alguna forma de determinar soluciones rápidas y efectivas a los problemas diarios, a fin de que los requisitos esenciales de las medidas de reparación sean iniciados con prontitud. Por ésto, puede ser conveniente hacer de nuevo el presupuesto de la porción incompleta de los trabajos y revisar los datos de costo-tiempo, a la luz del costo que en ése momento tengan las operaciones; puede ser necesario volver a distribuir los recursos disponibles ó adquirir otros; sin duda será esencial revisar el resto completo del programa con el fin de terminar el trabajo dentro del tiempo especificado y al menor costo posible. Al emplear el método de la ruta crítica pueden determinarse las revisiones lógicas para las nuevas situaciones. El método tradicional de acelerar todos los trabajos cuando no se cumplía con el programa, resulta obsoleto en la oficina de un superintendente que tiene a su alcance la ruta crítica.

Entre más lógica y exacta sea la planeación, más fácil será ejecutar el trabajo de acuerdo con el programa. Sin embargo, una planeación detallada lleva tiempo y cuesta dinero, en consecuencia la planeación de un proyecto en la etapa de concurso puede no proseguir lo suficiente como para dar todos los detalles necesarios en el control del proyecto. Por ésta razón, es esencial que antes de iniciar los trabajos en el sitio de la obra, el programa para el proyecto sea revisado para obtener los detalles especiales. Aunque éste procedimiento de revisión es realmente la última fase de la planeación detallada, es también el primer paso hacia el control real del proyecto en el lugar de su realización y debe llevarse a cabo cuidadosamente.

Con el diagrama de flechas principal terminado y doblemente revisado para localizar errores u omisiones y con las redes auxiliares, que muestran los detalles más complejos de las partes del proyecto dignas de mayor atención personal, el proyectista tiene un patrón del plan para programar la mano de obra, los materiales y el equipo. Sin embargo, con frecuencia en la planeación de la construcción la red nos proporciona la suficiente informa-

ción que en la etapa de desarrollo que se ha presentado para someterla a concurso; pues en ello se ha determinado un intervalo para las fechas de iniciación y terminación de cada una de las actividades y se ha trazado un programa de ruta crítica por medio del diagrama de barras.

No obstante, cuando se logra un contrato se requieren los detalles más completos; por lo que se hace imprescindible conocer las fechas óptimas para la iniciación real de cada operación teniendo en cuenta el flujo uniforme de los recursos necesarios. Se fijaron ya las fechas para las actividades críticas, pero ahora deben revisarse las que corresponden a las actividades no críticas dejando algún tiempo flotante disponible para los retrasos impredecibles. Originalmente la estimación de los tiempos para todas las actividades del proyecto se basó en la obtención de la duración óptima para el costo total mínimo. Dentro del tiempo flotante disponible y de ésta duración límite, podrán ajustarse las actividades no críticas a través de todo el proyecto ó puede ser más práctico usar brigadas más pequeñas incrementándose el tiempo para dichas actividades, ayudando así a uniformar los requerimientos de la mano de obra y equipo.

Así mismo, dos actividades que utilizan el mismo equipo ó el mismo personal planeadas originalmente como simultáneas, pueden hacerse ahora consecutivas si una ó ambas tienen suficiente holgura. Pues bien, la distribución de los recursos se lleva a cabo de tal forma que se asignen la duración y las fechas de iniciación de las actividades no críticas, de manera que uniformicen en lo posible el trabajo, el equipo y el suministro de los recursos. Sin embargo, al buscar éstos objetivos debe tenerse cuidado con la holgura en las cadenas no críticas, pues no es conveniente consumir todo el tiempo; ya que no quedaría ningún margen para maniobras durante la construcción

Los cambios en el programa que resulten de la revisión, por supuesto, necesitarán cambios en la estimación de los tiempos dados en el diagrama de fechas. Obviamente, ésto generará un modelo de red final para el proyecto y los programas definitivos; es esencial que las fechas de iniciación de todas las actividades sean dadas a conocer al personal antes de iniciar el trabajo en el sitio para que el personal pueda concentrar sus esfuerzos, desde el principio en las operaciones de construcción y el superintendente de la obra se presenta también desde un principio con un plan factible.

#### 4.2.- Control de Obra.

Básicamente es necesario el control del proyecto con la ruta crítica -- para revisiones periódicas normales de trabajo, junto con las revisiones -- del modelo de red como necesidad consecuente. El procedimiento general con-- siste en revisar periódicamente la red del proyecto reemplazando las predi-- ciones originales por los hechos reales, conforme transcurre el tiempo. -

Cada vez que se revisa la duración de las actividades, debe analizarse la red, para determinar si la ruta crítica y la duración del proyecto han -- sido afectadas. Si se encuentra que alguna ó algunas actividades están a-- trazadas con respecto al programa, podrá corregirse la red y acelerar apro-- piadamente las actividades en cuestión, volviendo así al programa original. Estos atrasos pueden tomar la forma de trabajo extra de equipo y/o mano de-- obra adicional etc., podrá predecirse el costo real de éstas medidas correc-- tivas y comparar diferentes proposiciones, con objeto de determinar la solu-- ción total óptima. Algunas veces será más económico aceptar el retraso en-- la terminación del proyecto.

Las actividades no críticas retrazadas podrán consumir su tiempo flo-- tante disponible sin afectar la duración del proyecto. Si el atraso es de-- magnitud suficiente para sobrepasar la holgura, la ruta crítica cambiará y la porción restante de la red deberá analizarse de nuevo. Algunas veces se-- rá ventajoso reformar deliberadamente la ruta crítica ó cambiar la secuen-- cia de las actividades, cuando se tienen retrasos en el lugar de la obra y-- problemas imprevistos. De cualquier manera, las consecuencias de lo que se haga podrán ser analizadas y cuantificadas lo más pronto posible, lo que -- permite una comparación con otras proposiciones y con los cálculos origina-- les.

Una vez decididas las medidas correctivas, la red con sus programas y-- diagramas de barras, se revisa convenientemente disponiéndose de un nuevo -- plan para la parte no terminada del proyecto. De ésta forma el plan de --- construcción puede ser actualizado cada vez que sea necesario.

Las causas más comunes de retraso en trabajos de construcción son:

- 1.- Estimaciones incorrectas de la duración de las actividades.
- 2.- Características casuales del sitio por condiciones metereológicas-- imprevistas.
- 3.- Retrazos impredecibles en la entrega de materiales.

- 4.- Huelgas u otros problemas de la mano de obra.
- 5.- Condiciones inesperadas en el lugar.
- 6.- Trabajos extras.

El criterio que define la revisión de la red es la magnitud del retraso en la fecha de terminación. Para retrasos tolerables de unos días, la tabulación de los días de calendario puede revisarse y hacerse una anotación en el diagrama de fechas. En los retrasos mayores, la necesidad de cambiar la secuencia de los eventos ó la introducción de nuevas actividades, exigirá - una revisión completa del modelo de red con el fin de describir correctamente el nuevo plan.

La revisión periódica de las operaciones en el lugar de la obra puede realizarse en cualquier tiempo adecuado. Por lo general será suficiente -- con períodos de una o dos semanas; pero esto es trabajando con base a tres turnos, se justifica la revisión diaria de las operaciones de mayor impor--tancia, las actividades críticas. Otra forma sería hacer la revisión en la ocurrencia de eventos de control específicos; o sea que el sistema es bastante flexible y puede ser acomodado a la política constructiva a seguir. La revisión de un proyecto puede limitarse al exámen de las actividades críticas y casi críticas ó puede referirse a la situación de todo el trabajo.

Ahora bien, la revisión de una red puede cubrir todo el diagrama o puede limitarse a una porción en particular.

Los factores que definen la frecuencia de revisión del proyecto son:

- 1.- El grado de incertidumbre.
- 2.- La magnitud del proyecto.
- 3.- El tiempo de terminación.
- 4.- Los problemas que se encuentren.

A primera vista parece que sólo es necesario ahorrar tiempo en las actividades críticas, con el fin de recuperar el tiempo de un proyecto retrasado. Por lo tanto, hay una tendencia a concentrarse en las revisiones periódicas del desarrollo de un trabajo, en las actividades que están en la ruta crítica. Sin embargo, si ésto se exagera, las actividades no críticas pueden retrasarse hasta el punto de que se vuelvan críticas. Los dos métodos que impiden llegar a ésta situación son:

- a) Revisión de todas las actividades del programa.

## b) Revisión de la tasa de gastos del trabajo

Tal vez el primer método necesitará una cantidad considerable de trabajo de revisión improductivo, a menos que haya un retraso serio en las actividades no críticas, de cualquier forma éste es el único camino positivo para determinar la magnitud del atraso.

El método de la tasa de gastos del trabajo, es el exámen de gastos del día comparado con los gastos programados. Si las actividades críticas están a tiempo ó adelantadas, pero los gastos están atrasados con respecto a los programados es evidente que hay un retraso en las actividades no críticas; por otro lado, bajo circunstancias similares si los gastos concuerdan ó van adelantados con respecto a los programados, no habrá surgido ningún retraso serio a menos que se hayan logrado los tiempos de la ruta crítica, empleando recursos tomados de las actividades no críticas.

Con el fin de ahorrar trabajo innecesario y asegurar que cualquier retraso en las actividades no críticas se detectará inmediatamente, la manera más simple y más práctica en un proyecto extenso, consiste en revisar tanto las actividades críticas y cercanas a serlo, como los gastos del trabajo, a intervalos cortos y regulares. Cuando el análisis de gastos indique la posibilidad de un retraso, se emprenderá una revisión completa de las actividades. Si el proyecto dispone de la ruta crítica para el control de costos la revisión periódica del trabajo completo podrá coincidir perfectamente -- con los periodos mensuales de costo, que a su vez coinciden con las fechas sucesivas de pago.

Ahora bién, si se encuentra en cualquier tiempo que las actividades -- críticas están atrasadas con respecto a lo que ordena el programa o apenas a tiempo, mientras que al mismo tiempo los gastos son más altos de lo que se esperaba, entonces, ó se han descuidado los conceptos críticos en favor de las actividades no críticas ó el costo para alcanzar las fechas críticas fue sub-estimado; el presupuesto detallado de cada una de las actividades -- revelará la causa real.

La información para las revisiones periódicas de las actividades en el lugar de la obra se recopila de los informes de avance de las actividades, -- en la figura 4.2.1, se muestra la información que se requiere. Durante el período de revisión cada informe debe cubrir todas las actividades importantes en desarrollo, respecto a su iniciación ó terminación.

| INFORME DE AVANCE DE ACTIVIDADES |                             |   |                                |                                 |                    |                               |                     |
|----------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|
| Obra _____                       |                             | Calculo _____                                 |                                | Fecha _____                     |                    |                               |                     |
| Cuerpo _____                     |                             | Revisó _____                                  |                                | Hoja _____                      |                    |                               |                     |
| Actividad                        | Descripción de la actividad | No se inicio ?<br>Se inicio ?<br>Se termino ? | Fecha programada de iniciación | Fecha programada de terminación | Estado de avance % | Fecha esperada de terminación | Razones del retraso |
|                                  |                             |   |                                |                                 |                    |                               |                     |

Figura 4.2.1 Informe del avance de actividades



Esta información se transcribe al diagrama de flechas que en realidad se vuelve un registro permanente del desarrollo de los trabajos.

Si todas las actividades están en tiempo y no se prevén dificultades, no hay nada más que hacer hasta el siguiente período de revisión. Sin embargo, si algunas actividades no están a tiempo, entonces se calculan las terminaciones próximas y las terminaciones más tardías en todos los eventos a ocurrir, a partir de los nuevos datos, de ésta manera se determinan tanto el tiempo de terminación del proyecto estimado actualmente, así como la ruta crítica actual. Si ésta estimación es aceptable, el proyecto podrá continuar tal como se programó; ésto significa simplemente que se acepta el estado actual del proyecto hasta el siguiente período de revisión.

Por otra parte si la duración actual del proyecto es inaceptable, habrá dos maneras posibles de solucionarlo.

La primera consiste en recuperar el tiempo perdido por medio del manejo de los recursos disponibles, dentro del concepto de red presente. La redistribución de la mano de obra y equipo introducirá nuevas características en el diagrama de flechas y tal vez originará nuevas rutas críticas, cualquier cambio se hará evidente en cuanto se analice el modelo de red. El esquema de recuperación propuesto se vuelve a programar y a estimar presupuesto. Si éste es satisfactorio, el proyecto podrá proseguir de acuerdo con éste nuevo programa y con nuevos eventos de control; si no, se intentará una nueva distribución de recursos. Tal vez sea posible recuperar por completo el tiempo perdido, sin recurrir a la compresión. Si no es así, el primer paso indiscutible será acelerar las actividades críticas.

La otra solución es diseñar un modelo de red completamente nuevo a partir de la situación actual del proyecto, hasta el evento de terminación del mismo. Esto es introducir nuevos métodos y/o equipo de construcción, junto con los recursos adicionales, con el objeto de mantener la fecha de terminación originalmente establecida. Se determina entonces el nuevo presupuesto. Si ésta postura es aceptable, el proyecto se vuelve a programar y se procederá de acuerdo con éste nuevo plan. Si no, se podrán idear otros planes, hasta que se obtenga la solución de menor costo total.

La mayor ventaja de la ruta crítica es la determinación lógica de las actividades apropiadas para su análisis, a fin de poner a tiempo un proyecto retrasado. Tal vez sean necesarias horas extras si deben acelerarse --

los trabajos; pero en lugar de acelerar todo el proyecto, la ruta crítica indica las operaciones clave para trabajo extra, ahorrando así gastos innecesarios en actividades sin trascendencia.

En trabajos de construcción complejos, la planeación y programación se realizan por lo general con computadoras, para evitar al proyectista la cantidad de cálculos tediosos y rutinarios. Aún cuando la red se reduzca en la planeación de modo que puedan adoptarse los métodos manuales, el control apropiado del proyecto durante la construcción será posible únicamente si tales actividades agrupadas se restituyen a su forma individual. Esto es, si un muro de concreto puede ser considerado como una actividad durante la planeación del proyecto, pero para un control adecuado de ésta, deberá ser desglosada en sus componentes, tales como colocación del acero de refuerzo, cimbrado y vaciado del concreto. Por ésta razón, podrá ser necesario el uso de la computadora, mientras que los métodos manuales resultan adecuados durante la planeación original, aún cuando no se prescindiera del uso de la computadora.

Además, el control de un proyecto no sólo incluye el procesado de los informes sobre el avance de las actividades y las consecuentes revisiones de la red; sino también los procedimientos de análisis de los costos y la contabilidad de la obra, que no son necesariamente parte de la revisión del avance diario de obra. Con un sistema de control programado para computadoras, éstas facetas se combinan, evitándose la gran cantidad de los cálculos laboriosos, cuando se realiza a mano la actualización de las redes y de los programas asociados.

La ventaja principal de la computadora es que puede almacenar el programa en su memoria, para posteriormente usarlo en la corrección e impresión del nuevo programa, procediendo en ésta forma cada vez que sea necesario. La base del programa es por supuesto, el diagrama de flechas en el que se identifican las actividades por medio de los números en sus nodos, para así almacenarlo en la computadora, la que mediante las instrucciones correctamente codificadas, hace los cambios en el programa, cada vez que se considere conveniente; así el ingeniero se concentra en la determinación de los cambios factibles y no al cálculo laborioso del nuevo programa. Cuando el control de un proyecto se amplía hasta incluir el análisis de los costos y la contabilidad, la computadora proporciona tanto el avance de obra, el costo para cada actividad del proyecto, los costos periódicos,

el costo hasta la fecha, el estado financiero y demás información que se considere necesaria, para el control de la obra de ingeniería civil.

**5.- EJEMPLO: " CLINICA DEL I.M.S.S. "**

La clínica que se tomará de ejemplo, se encuentra ubicada en la vfa- Gustavo Baz y Emilio Cárdenas, Tlalnepantla, Estado de México. Esta clínica consta de:

- A) Servicios Generales.
- B) Torre de Hospitalización.
- C) Consulta externa.
- D) Casa de Máquinas.

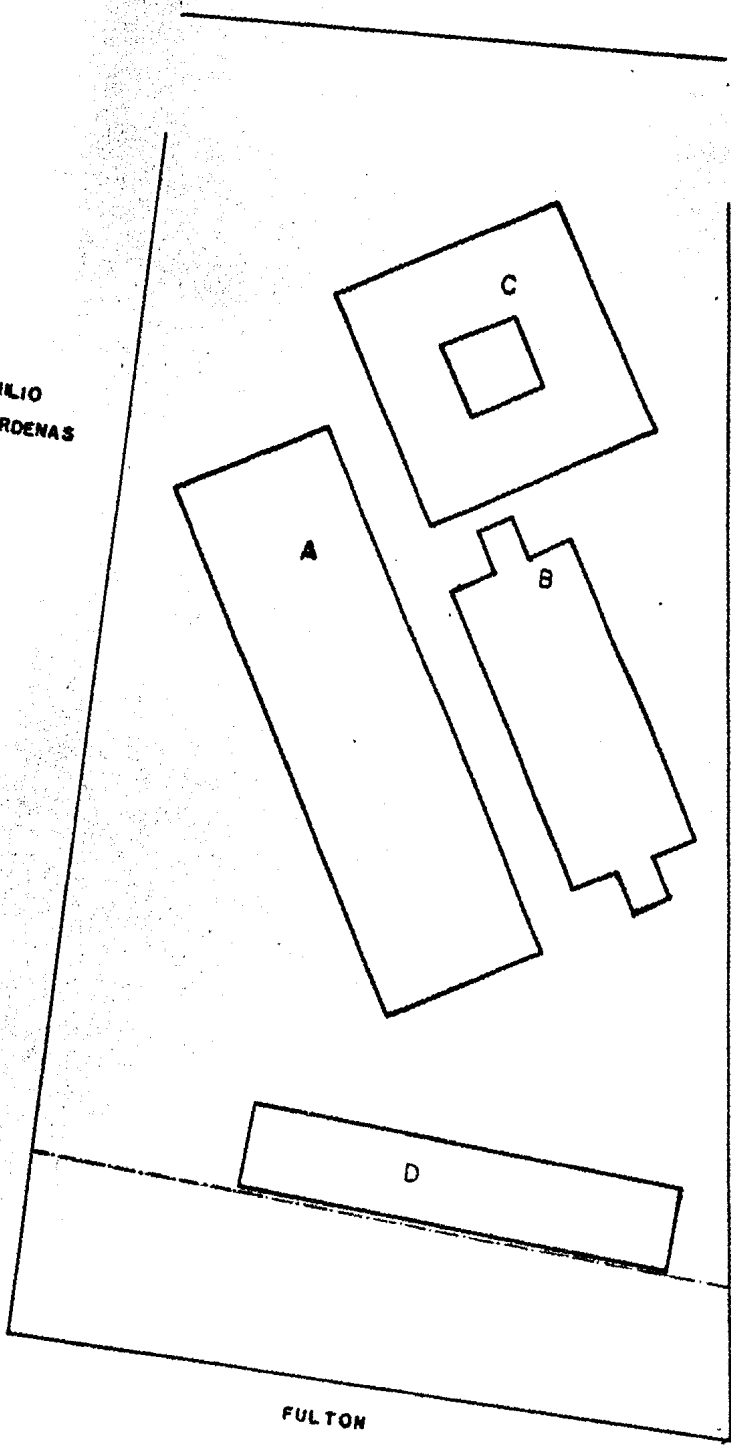
A continuación se presenta la programación de la obra negra de la - Torre de Hospitalización y se propone el control de la misma, integrados por:

- 5.1 Planos Estructurales.
- 5.2 Catálogo de Conceptos.
- 5.3 Red Torre de Hospitalización
- 5.4 Tabla de Precedencias
- 5.5 Control de la Obra.

VIA GUSTAVO BAZ

EMILIO  
CARDENAS

FILIBERTO  
GOMEZ



FULTON

CATALOGO DE CONCEPTOS  
DE LA  
CLINICA HOSPITAL GENERAL DE ZONA  
CUERPO B (TORRE)

CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA CIVIL, CORRESPONDIENTE A PRELIMINARES Y CIMENTACION EN EL HOSPITAL GENERAL DE ZONA (212 CAMAS) TIPO DEL EDIFICIO DE HOSPITALIZACION DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL IMSS Y DE LA SAHOP EN VIGOR.

| CLAVE | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|---|--------|----------|
|       | PRELIMINARES  |        |          |
| 1.-   | Limpia de terreno para trazo de edificios y obras exteriores; incluyendo: acarreo de escombros fuera de la obra.  | M2     | 2,628.00 |
| 2.-   | Trazo y nivelación del terreno en edificios; estableciendo referencias definitivas tales como, mojoneras, bancos de nivel, localización de entre eje; incluye: materiales, herramienta y equipo | M2     | 2,628.00 |
| 3.-   | Despalme de terreno retirando una capa de 20 cm. de espesor promedio para eliminar materiales orgánicos acarreo a 20 m.   | M2     | 2,628.00 |
| 4.-   | Excavación en cepas de 0 a 2 m. de profundidad en material tipo "A" incluye afinado de taludes; fondo de excavación y acarreo libre de 20 m. medido en banco.                                   | M3     | 125.00   |
| 5.-   | Excavación (perforaciones) para pilas de concreto armado, con profundidades según necesidades de proyecto; incluye estabilizarlas en lodo bento   |        |          |

| CLAVE | C O N C E P T O  | UNIDAD  | CANTIDAD |
|-------|--|---------|----------|
|       | nftico y acarreo de material producto de excavación a 20 m. mano de obra herramienta y los equipos necesarios.   | M       | 56.00    |
|       | b) de 0.80 m de diámetro   | M       | 196.00   |
|       | c) de 0.90 m de diámetro   | M       | 56.00    |
|       | d) de 1.10 m de diámetro   | M       | 196.00   |
| 6.-   | Relleno y compactado en capas con material inerte tepetate traído de la obra, tendido regado y compactado del material en capas de 20 cm. al 85% -- proctor, incluye: acarreo libre de 20 m. volúmen medido en banco.  | M3      | 250.00   |
| 7.-   | Relleno compactado en compensaciones ó mesetas con material inerte tepetate, traído fuera de la obra, regado y compactado del material en capas - de de 20 cm. al 90% proctor; incluye acarreo libre de 20m. herramienta y mano de obra,. Volúmen medido compactado. | M3      | 1,209.60 |
| 8.0   | Extracción de agua con bomba de 4" - de diámetro considerando unicamente el tiempo efectivo; incluye operación de equipo.  | H/B     | 200.00   |
| 9.-   | Dren formado con material clasificado (grava) y tubo perforado hasta -- 1:4 incluye excavación, relleno y acarreos.  | ML      | 205.00   |
| 10.-  | Sobre acarreo en carretilla por estación de 20 mts. medido en banco de material producto de excavaciones.  | M3/EST. | 128.00   |



| CLAVE | C O N C E P T O  | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|--|--------|----------|
| 11.-  | Acarreo en camión fuera de obra, 1er. km. de material producto de las excavaciones, volúmen medido en banco incluye: carga y descarga. | M3     | 1,284.76 |
| 12.-  | Acarreo en camión fuera de obra km.-subsecuentes de material producto de la excavación al sitio indicado por las autoridades.          | M3/KM  | 1,284.76 |

#### CIMENTACION

|     |  |      |       |
|-----|--|------|-------|
| 1.- | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 Kg/cm. del Nº 2.5 (5/16"), habilitado y armado en pilas de cimentación; incluyendo: alambre recocido para amarrar; ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreos y mano de obra. | TON. | 1.333 |
| 2.- | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg/cm2. del Nº 3, (3/8") habilitado y armado en pilas de cimentación; incluyendo: alambre recocido para amarrar, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreos y mano de obra.   | TON  | 2.822 |
| 3.- | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg/cm2. del Nº 6 (3/4"), habilitado y armado en pilas de cimentación: incluyendo: alambre recocido para amarrar, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreos y mano de obra.   | TON  | 5.859 |
| 4.- | Acero de refuerzo A.R. fs= 2000 kg/cm2. del Nº 8 (1 " ), habilitado  |      |       |

| CLAVE | CONCEPTO   | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|--|--------|----------|
|       | y armado en pilas de cimentación <u>in</u> cluyendo: alambre recocido para <u>a</u> marre, ganchos, traslapes, silletas desperdicios, fletes, acarreos y <u>ma</u> no de obra.   | TON    | 11.232   |
| 5.-   | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg/cm2. del N° 10 (1/4"), habilitado y armado en pilas de cimentación <u>in</u> cluyendo: alambre recocido para <u>ama</u> rre, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreos.   | TON    | 1.275    |
| 6.-   | Concreto f'c= 250 Kg/cm2. en pilas de cimentación con agregado máximo de 19 mm (3/4") incluye fabricado, vibrado, colado, curado, desperdicios, material para muestreo, mano de obra de los equipos necesarios de inyección hasta su completa terminación y herramienta. | M3     | 354.18   |
| 7.-   | Cimbra común de contacto y descimbra en pilas de cimentación incluye material, mano de obra y herramienta.   | M2     | 186.66   |
| 8.-   | Descabece de pilas de concreto <u>arma</u> do para anclaje de contratraves de cimentación, según necesidades de <u>o</u> bra; incluye: limpieza de varilla y extracción del material producto de la demolición fuera de obra, herramienta y mano de obra.                | PZA    | 36.00    |
| 9.-   | Plantilla de concreto de 5 cm. de espesor f'c= 100 kg/cm2. y agregado máximo de 38 mm. (1 1/2") incluye;   |        |          |

| CLAVE | C O N C E P T O   | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|---|--------|----------|
|       | material, mano de obra, acarreo y herramienta.  | M2     | 267.74   |
| 10.-  | Acero de refuerzo A.R. f's=2000 - kg/cm2. del N° 3, (3/8"), habilitado y armado en cimentación; incluyendo: alambre recocido para amarre, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreos y mano de obra.  | TON    | 4.976    |
| 11.-  | Acero de refuerzo A/r f's=2000 kg/cm2. del N° 6 al 12 (3/4"x1 1/2") habilitado y armado en cimentación incluyendo: alambre recocido para amarre, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes, acarreo y mano de obra.  | TON    | 33.988   |
| 12.-  | Cimbra común de contacto y descimbra en zapatas, contratrabes, dados y trabes deliga, incluye material mano de obra y herramienta.  | M2     | 826.20   |
| 13.-  | Concreto f'c= 250 kg/cm2. en cimentación (losas, zapatas, contratrabes, dados y trabes de liga) - con agregado máximo de 19 mm. --- (3/4") incluye: fabricado, vibrado, colado, curado con curacreto, desperdicios, material para muestreo, mano de obra y herramienta. | M3     | 129.33   |
| 1.-   | Excavación a mano en cepas en material clase "B" de 2.00 a 4.00 M de profundidad, medida en bancos- incluye: Ademes, afine de taludes   |        |          |

| CLAVE                  | C O N C E P T O   | UNIDAD | CANTIDAD  |
|------------------------|---|--------|-----------|
|                        | y fondo de la excavación, traspaleo y acarreo libre a 20 M. equipo, herramienta y mano de obra.   | M3     | 292.00    |
| 2.-                    | Excavación mano en cepas material-clase "C" de 1 a 6 M. de profundidad con explosivos medido en banco-incluye: afine de taludes y fondo-de excavación, traspaleo y acarreo libre a 20 M. equipo herramienta y mano de obra. | M3     | 60.00     |
| <u>SUPERESTRUCTURA</u> |   |        |           |
| 1.-                    | Cimbra aparente de contacto y de descimbra en columnas hasta una altura máxima de entrepiso de 4.80 - en cualquier nivel: incluyendo: -- chaflanes, material, mano de obra-herramienta.                                     | M2     | 3,165.24  |
| 2.-                    | Cimbra común de contacto y descimbra en losas y trabes hasta una altura máxima de entrepiso de 4.80 - m. en cualquier nivel; incluyendo-goteros, chaflanes, material, mano de obra y herramienta.                           | M2     | 15,457.83 |
| 3.-                    | Acero de refuerzo Nº 2 (2/4") normal habilitado y armado en superestructura: incluyendo; alambre para amarre, ganchos, traslapos, silletas, desperdicios, fletes, acarreo y mano de obra.                                   | TON    | 0.80      |

| CLAVE | C O N C E P T O  | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|--|--------|----------|
| 4.-   | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg./cm.2 del No. 2.5 - ( 5/16" ) habilitado y armado en superestructura, Incluyendo alambre recocido para amarre, ganchos, traslapes, silletas, desperdicios, fletes acarrees y mano de obra. | TON    | 11.516   |
| 5.-   | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg./cm.2 de No. 3 -- ( 3/8" ), habilitado y armado en superestructura; Inyendo alambre recocido para amarre, ganchos traslapes silletas, desperdicio, fletes, acarrees.                       | TON    | 109.268  |
| 6.-   | Acero de refuerzo A.R. f's= 2000 kg./cm. del No. 4 --- ( 1/2" ) habilitado y armado en superestructura incluye: alambre para amarres, ganchos, traslapes, sillas desperdicios fletes acarrees y mano de obra.                  | TON    | 0.100    |
| 7.-   | Acero de refuerzo A.R. f's= 200 kg./cm2. del No. 5 -- ( 5/8" ) habilitado y armado en superestructura. incluyendo alambre para amarre, ganchos, traslapes, silletas desperdicios, fletes acarrees y mano de obra               | TON    | 0.157    |

| CLAVE | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|---|--------|----------|
| 8.-   | Acero de refuerzo A.R.<br>F's=2000 kg/cm <sup>2</sup> . del No.<br>6 al 12 (3/4" a 1 1/2),<br>habilitando y armando en<br>superestructura, inclu--<br>yendo: alambre para ama<br>rre, ganchos, traslapes,<br>silletas, desperdicios,-<br>fletes; acarreos y mano-<br>de obra.                 | TON.   | 263.088  |
| 9.-   | Concreto f's=250 kg/cm <sup>2</sup> -<br>encolumnas en cualquier<br>nivel agregado máximo de<br>19mm. ( 3/4" ), Incluye--<br>fabricado i colado, vibra--<br>do, curado con curacreto<br>perfilado, desperdicios,-<br>material para muestreo,-<br>mano de obra y herramien<br>ta.              | M3     | 500.12   |
| 10.-  | Concreto f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> -<br>en losas y trabes en cual<br>quier nivel con agregado--<br>máximo de 19mm. (3/4") -<br>incluye: fabricado, cola-<br>do, vibrado, curado con -<br>curacreto, perfilado, des-<br>perdicios; material para<br>muestreo, mano de obra y-<br>herramienta. | M3     | 1,667.90 |

| CLAVE | CONCEPTO | UNIDAD. | CANTIDAD |
|-------|----------|---------|----------|
|-------|----------|---------|----------|

11.- Preparación en estructura de concreto armado para fijación superior de faldones y muros-precolados a base de placa de 0.008 (5/16") de espesor de acero laminado en caliente A-36,  $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ . del NO.4- (1/2"), 2 de 0.90 y 2 de 0.50 m. de largo con doble soldadura 7018 de filete de 0.006 m- (1/4") incluye: fabricación, - taladros, trazo, nivelación, - colocación, fijación, separadores, material y mano de obra.

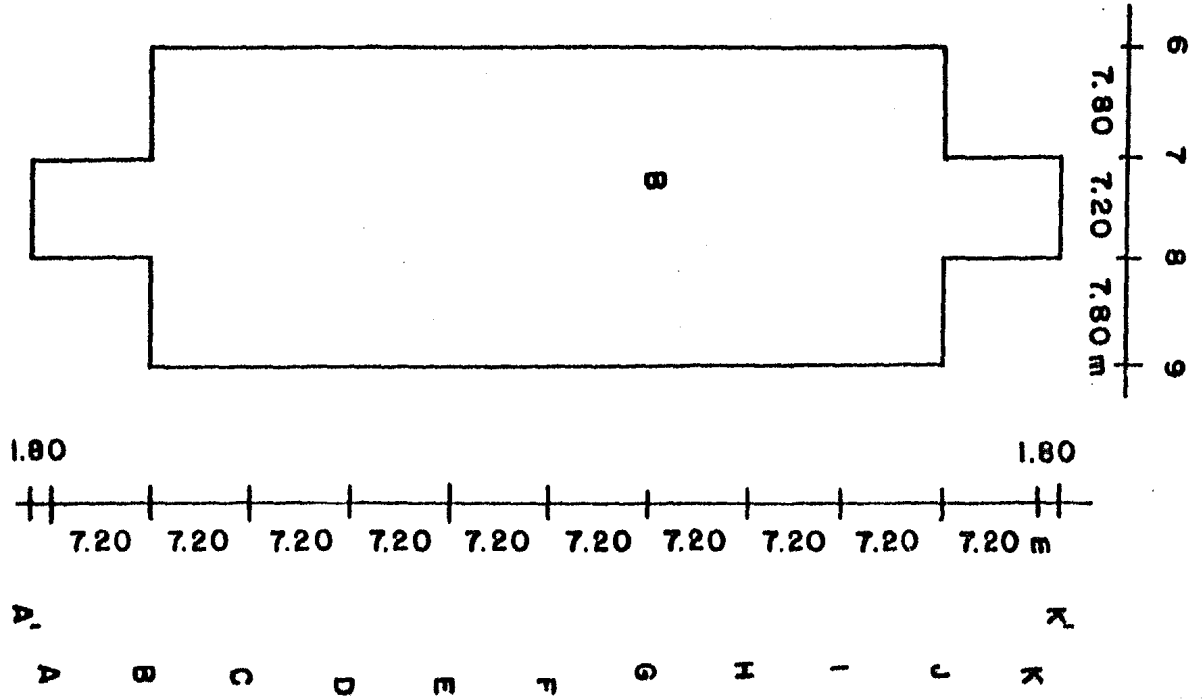
|                     |      |     |
|---------------------|------|-----|
| a) de 0.20 x 0.30M. | PZA. | 525 |
| b) de 0.20 x 0.15M. | PZA. | 227 |

12.- Preparación en estructura de concreto armado para fijación inferior de faldones y muros-precolados a base de placa de 0.008 (5/16") de espesor de acero laminado en caliente A-36  $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ , unida a 4 anclas de acero de refuerzo  $f'_s=2000 \text{ kg/cm}^2$ , del NO. (1/2") 2 de 0.65m. y 2 de 0.50m. de largo con doble soldadura 7018 de filete de 0.006 M. (1/4).

| CLAVE | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------|---|--------|----------|
|       | Incluye: fabricación, taladros, trazos, nivelación, colocación, fijación, separadores, material y mano de obra.   |        |          |
|       | a) de 0.15 x 0.15M  | PZA    | 120      |
|       | b) de 0.15 x 0.15M  | pza    | 416      |
| 131-  | Cazuelas de plástico mca. A.T.C. S.A. O similar autorizado por el IMSS para colgantes de falso plafón, colocadas a 90cm de centro a centro en ambos sentidos. Incluye: trazo, elementos, de fijación, suministro y colocación., | PZA.   | 5080.00  |



**TORRE DE HOSPITALIZACION**



# RED TORRE DE HOSPITALIZACION

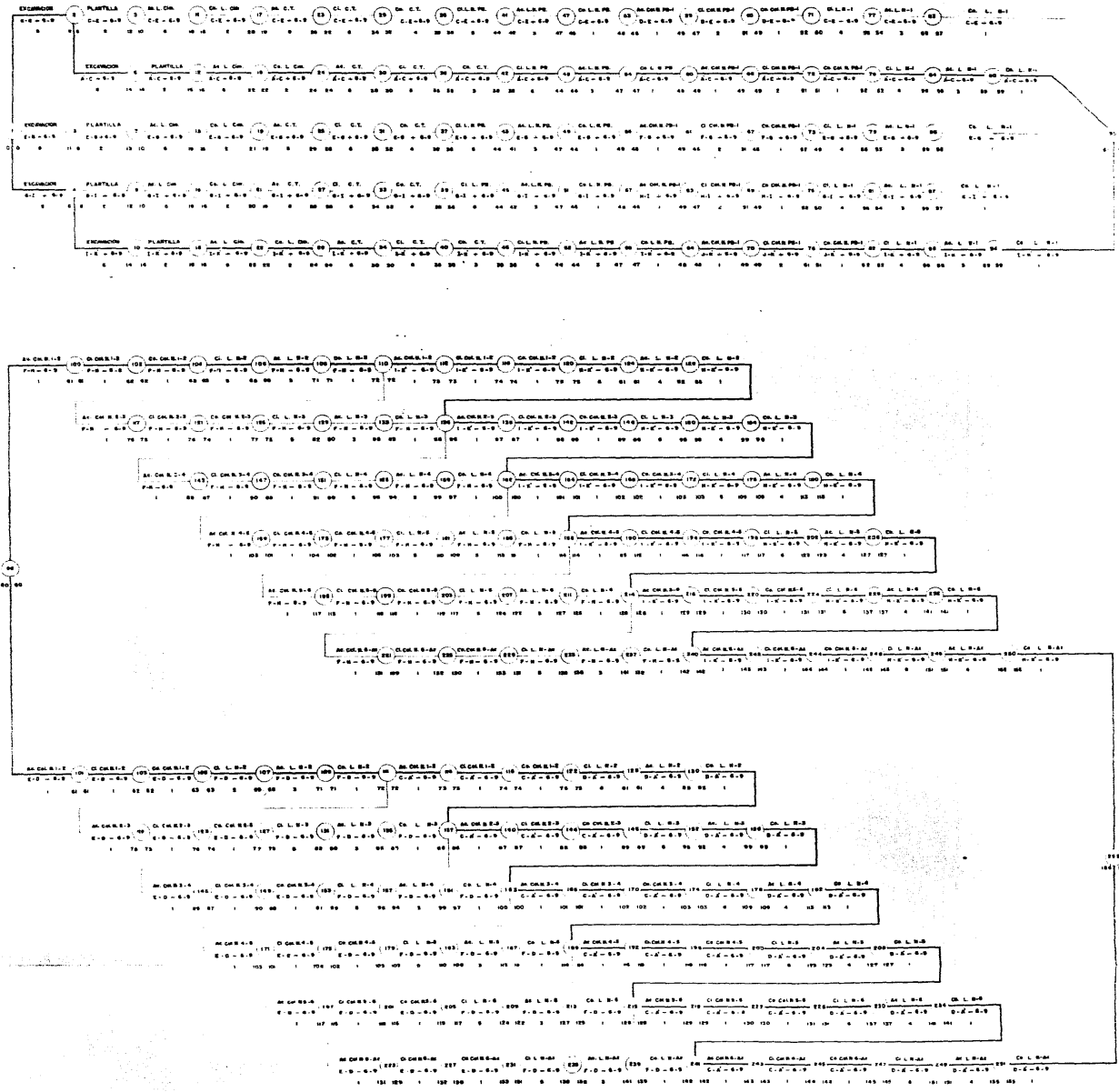


TABLA DE PRECEDENCIAS.

| ACT.  | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |        |
|-------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|---------------|--------|
|       |      | PROX                | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                 | TOTAL         | LIBRE. |
| 1-2   | 8    | 0                   | 0      | 8                     | 8      | X               | -             | -      |
| 1-3   | 8    | 0                   | 3      | 8                     | 11     |                 | 3             | 0      |
| 1-4   | 8    | 0                   | 0      | 8                     | 8      | X               | -             | -      |
| 2-5   | 2    | 8                   | 10     | 10                    | 12     |                 | 2             | 0      |
| 2-6   | 6    | 8                   | 8      | 14                    | 14     | X               | -             | -      |
| 3-7   | 2    | 8                   | 11     | 10                    | 13     |                 | 3             | 0      |
| 4-9   | 2    | 8                   | 10     | 10                    | 12     |                 | 2             | 0      |
| 4-10  | 6    | 8                   | 8      | 14                    | 14     | X               | -             | -      |
| 5-11  | 6    | 10                  | 12     | 16                    | 18     |                 | 2             | 0      |
| 6-12  | 2    | 14                  | 14     | 16                    | 16     | X               | -             | -      |
| 7-13  | 6    | 10                  | 13     | 16                    | 19     |                 | 3             | 0      |
| 9-15  | 6    | 10                  | 12     | 16                    | 18     |                 | 2             | 0      |
| 10-16 | 2    | 14                  | 14     | 16                    | 16     | X               | -             | -      |
| 11-17 | 2    | 16                  | 18     | 18                    | 20     |                 | 2             | 0      |
| 12-18 | 6    | 16                  | 16     | 22                    | 22     | X               | -             | -      |
| 13-19 | 2    | 16                  | 19     | 18                    | 21     |                 | 3             | 0      |
| 15-21 | 2    | 16                  | 18     | 18                    | 20     |                 | 2             | 0      |
| 16-22 | 6    | 16                  | 16     | 22                    | 22     | X               | -             | -      |
| 17-23 | 8    | 18                  | 20     | 26                    | 28     |                 | 2             | 0      |
| 18-24 | 2    | 22                  | 22     | 24                    | 24     | X               | -             | -      |
| 19-25 | 8    | 18                  | 21     | 26                    | 29     |                 | 3             | 0      |
| 21-27 | 8    | 18                  | 20     | 26                    | 28     |                 | 2             | 0      |
| 22-28 | 2    | 22                  | 22     | 24                    | 24     | X               | -             | -      |
| 23-29 | 6    | 26                  | 28     | 32                    | 34     |                 | 2             | 0      |
| 30    | 6    | 24                  | 24     | 30                    | 30     | X               | -             | -      |

TABLA DE PRECENDENCIAS

| ACT.  | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|-------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|---------------|-------|
|       |      | PROX                | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                 | TOTAL         | LIBRE |
| 25-31 | 6    | 26                  | 29     | 32                    | 35     |                 | 3             | 0     |
| 27-33 | 6    | 26                  | 28     | 32                    | 34     |                 | 2             | 0     |
| 28-34 | 6    | 24                  | 24     | 30                    | 30     | X               | -             | -     |
| 29-35 | 4    | 32                  | 34     | 36                    | 38     |                 | 2             | 0     |
| 30-36 | 5    | 30                  | 30     | 35                    | 35     | X               | -             | -     |
| 31-37 | 4    | 32                  | 35     | 36                    | 39     |                 | 3             | 0     |
| 33-39 | 4    | 32                  | 34     | 36                    | 38     |                 | 2             | 0     |
| 34-40 | 5    | 30                  | 30     | 35                    | 35     | X               | -             | -     |
| 35-41 | 6    | 36                  | 38     | 42                    | 44     |                 | 2             | 0     |
| 36-42 | 3    | 35                  | 35     | 38                    | 38     | X               | -             | -     |
| 37-43 | 5    | 36                  | 39     | 41                    | 44     |                 | 3             | 0     |
| 39-45 | 6    | 36                  | 38     | 42                    | 44     |                 | 2             | 0     |
| 40-46 | 3    | 35                  | 35     | 38                    | 38     | X               | -             | -     |
| 41-47 | 3    | 42                  | 44     | 45                    | 47     |                 | 2             | 0     |
| 42-48 | 6    | 38                  | 38     | 44                    | 44     | X               | -             | -     |
| 43-49 | 3    | 41                  | 44     | 44                    | 47     |                 | 3             | 0     |
| 45-51 | 3    | 42                  | 44     | 45                    | 47     |                 | 2             | 0     |
| 46-52 | 6    | 38                  | 38     | 44                    | 44     | X               | -             | -     |
| 47-53 | 1    | 45                  | 47     | 46                    | 48     |                 | 2             | 0     |
| 48-54 | 3    | 44                  | 44     | 47                    | 47     | X               | -             | -     |
| 49-55 | 1    | 44                  | 47     | 45                    | 48     |                 | 3             | 0     |
| 51-57 | 1    | 45                  | 47     | 46                    | 48     |                 | 2             | 0     |
| 52-58 | 3    | 44                  | 44     | 47                    | 47     | X               | -             | -     |
| 53-59 | 1    | 46                  | 48     | 47                    | 49     |                 | 2             | 0     |
| 54-60 | 1    | 47                  | 47     | 48                    | 48     |                 |               |       |
| 55-61 | 1    | 45                  | 48     | 46                    | 49     |                 |               |       |
| 57-63 | 1    | 46                  | 48     | 47                    | 49     |                 |               |       |
| 58-64 | 1    | 47                  | 47     | 48                    | 48     |                 |               |       |

TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.   | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|--------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|---------------|-------|
|        |      | PROX.               | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                 | TOTAL         | LIBRE |
| 59-65  | 2    | 47                  | 49     | 49                    | 51     |                 | 2             | 0     |
| 60-66  | 1    | 48                  | 48     | 49                    | 49     | X               | -             | -     |
| 61-67  | 2    | 46                  | 49     | 48                    | 51     |                 | 3             | 0     |
| 63-69  | 2    | 47                  | 49     | 49                    | 51     |                 | 2             | 0     |
| 64-70  | 1    | 48                  | 48     | 49                    | 49     | X               | -             | -     |
| 65-71  | 1    | 49                  | 51     | 50                    | 52     |                 | 2             | 0     |
| 66-72  | 2    | 49                  | 49     | 51                    | 51     | X               | -             | -     |
| 67-73  | 1    | 48                  | 51     | 49                    | 52     |                 | 3             | 0     |
| 69-75  | 1    | 49                  | 51     | 50                    | 52     |                 | 2             | 0     |
| 70-76  | 2    | 49                  | 49     | 51                    | 51     | X               | -             | -     |
| 71-77  | 4    | 50                  | 52     | 54                    | 56     |                 | 2             | 0     |
| 72-78  | 1    | 51                  | 51     | 52                    | 52     | X               | -             | -     |
| 73-79  | 4    | 49                  | 52     | 53                    | 56     |                 | 3             | 0     |
| 75-82  | 4    | 50                  | 52     | 54                    | 56     |                 | 2             | 0     |
| 76-82  | 1    | 51                  | 51     | 52                    | 52     | X               | -             | -     |
| 77-83  | 3    | 54                  | 56     | 57                    | 59     |                 | 2             | 0     |
| 78-84  | 4    | 52                  | 52     | 56                    | 56     | X               | -             | -     |
| 79-85  | 3    | 53                  | 56     | 56                    | 59     |                 | 3             | 0     |
| 81-87  | 3    | 54                  | 56     | 57                    | 59     |                 | 2             | 0     |
| 82-88  | 4    | 52                  | 52     | 56                    | 56     | X               | -             | -     |
| 83-95  | 1    | 57                  | 59     | 58                    | 60     |                 | 2             | 2     |
| 84-90  | 3    | 56                  | 56     | 59                    | 59     | X               | -             | -     |
| 85-95  | 1    | 56                  | 59     | 57                    | 60     |                 | 3             | 3     |
| 87-95  | 1    | 57                  | 59     | 58                    | 60     |                 | 2             | 2     |
| 88-94  | 3    | 56                  | 56     | 59                    | 59     | X               | -             | -     |
| 90-95  | 1    | 59                  | 59     | 60                    | 60     | X               | -             | -     |
| 94-95  | 1    | 59                  | 59     | 60                    | 60     | X               | -             | -     |
| 95-100 | 1    | 60                  | 60     | 61                    | 61     | X               | -             | -     |

TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT     | DUR | I N I C I A C I O N |       | T E R M I N A C I O N |       | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|---------|-----|---------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------|---------------|-------|
|         |     | PROX                | REOTA | PROX.                 | REOTA |                 | TOTAL         | LIBRE |
| 95-101  | 1   | 60                  | 60    | 61                    | 61    | X               | -             | -     |
| 100-102 | 1   | 61                  | 61    | 62                    | 62    | X               | -             | -     |
| 101-103 | 1   | 61                  | 61    | 62                    | 62    | X               | -             | -     |
| 102-104 | 1   | 62                  | 62    | 63                    | 63    | X               | -             | -     |
| 103-105 | 1   | 62                  | 62    | 63                    | 63    | X               | -             | -     |
| 104-106 | 5   | 63                  | 63    | 68                    | 68    | X               | -             | -     |
| 105-107 | 5   | 63                  | 63    | 68                    | 68    | X               | -             | -     |
| 106-108 | 3   | 68                  | 68    | 71                    | 71    | X               | -             | -     |
| 107-109 | 3   | 68                  | 68    | 71                    | 71    | X               | -             | -     |
| 108-110 | 1   | 71                  | 71    | 72                    | 72    | X               | -             | -     |
| 109-111 | 1   | 71                  | 71    | 72                    | 72    | X               | -             | -     |
| 110-112 | 1   | 72                  | 72    | 73                    | 73    | X               | -             | -     |
| 110-117 | 1   | 72                  | 74    | 73                    | 75    |                 | 2             | 0     |
| 111-114 | 1   | 72                  | 72    | 73                    | 73    | X               | -             | -     |
| 111-119 | 1   | 72                  | 74    | 73                    | 75    |                 | 2             | 0     |
| 112-116 | 1   | 73                  | 73    | 74                    | 74    | X               | -             | -     |
| 117-121 | 1   | 73                  | 75    | 74                    | 76    |                 | 2             | 0     |
| 114-118 | 1   | 73                  | 73    | 74                    | 74    | X               | -             | -     |
| 119-123 | 1   | 73                  | 75    | 74                    | 76    |                 | 2             | 0     |
| 116-120 | 1   | 74                  | 74    | 75                    | 75    | X               | -             | -     |
| 121-125 | 1   | 74                  | 76    | 75                    | 77    |                 | 2             | 0     |
| 118-122 | 1   | 74                  | 74    | 75                    | 75    | X               | -             | -     |
| 120-127 | 1   | 74                  | 76    | 75                    | 77    |                 | 2             | 0     |
| 120-124 | 6   | 75                  | 75    | 81                    | 81    | X               | -             | -     |
| 125-129 | 5   | 75                  | 77    | 80                    | 82    |                 | 2             | 0     |
| 122-126 | 6   | 75                  | 75    | 81                    | 81    | X               | -             | -     |
| 127-131 | 5   | 75                  | 77    | 80                    | 82    |                 | 2             | 0     |
| 124-128 | 4   | 81                  | 81    | 85                    | 85    | X               | -             | -     |

TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.    | DUR | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        |         | A C T |       | H O L G U R A |  |
|---------|-----|---------------------|--------|-----------------------|--------|---------|-------|-------|---------------|--|
|         |     | PROX.               | REMOTA | PROX.                 | REMOTA | CRITICA | TOTAL | LIBRE |               |  |
| 129-133 | 3   | 80                  | 82     | 83                    | 85     |         | 2     | 0     |               |  |
| 126-130 | 4   | 81                  | 81     | 85                    | 85     | X       | -     | -     |               |  |
| 131-135 | 3   | 80                  | 82     | 83                    | 85     |         | 2     | 0     |               |  |
| 128-136 | 1   | 85                  | 85     | 86                    | 86     | X       | -     | -     |               |  |
| 133-136 | 1   | 83                  | 85     | 84                    | 86     |         | 2     | 2     |               |  |
| 130-137 | 1   | 85                  | 85     | 86                    | 86     | X       | -     | -     |               |  |
| 135-137 | 1   | 83                  | 85     | 84                    | 86     |         | 2     | 2     |               |  |
| 136-138 | 1   | 86                  | 86     | 87                    | 87     | X       | -     | -     |               |  |
| 136-143 | 1   | 86                  | 88     | 87                    | 89     |         | 2     | 0     |               |  |
| 137-140 | 1   | 86                  | 86     | 87                    | 87     | X       | -     | -     |               |  |
| 137-145 | 1   | 86                  | 88     | 87                    | 89     |         | 2     | 0     |               |  |
| 138-142 | 1   | 87                  | 87     | 88                    | 88     | X       | -     | -     |               |  |
| 143-147 | 1   | 87                  | 89     | 88                    | 90     |         | 2     | 0     |               |  |
| 140-144 | 1   | 87                  | 87     | 88                    | 88     | X       | -     | -     |               |  |
| 145-149 | 1   | 87                  | 89     | 88                    | 90     |         | 2     | 0     |               |  |
| 142-146 | 1   | 88                  | 88     | 89                    | 89     | X       | -     | -     |               |  |
| 147-151 | 1   | 88                  | 90     | 89                    | 91     |         | 2     | 0     |               |  |
| 144-148 | 1   | 88                  | 88     | 89                    | 89     | X       | -     | -     |               |  |
| 149-153 | 1   | 88                  | 90     | 89                    | 91     |         | 2     | 0     |               |  |
| 146-151 | 6   | 89                  | 89     | 95                    | 95     | X       | -     | -     |               |  |
| 151-155 | 5   | 89                  | 91     | 94                    | 96     |         | 2     | 0     |               |  |
| 148-152 | 6   | 89                  | 89     | 95                    | 95     | X       | -     | -     |               |  |
| 153-157 | 5   | 89                  | 91     | 94                    | 96     |         | 2     | 0     |               |  |
| 150-154 | 4   | 95                  | 95     | 99                    | 99     | X       | -     | -     |               |  |
| 155-159 | 3   | 94                  | 96     | 97                    | 99     |         | 2     | 0     |               |  |
| 152-156 | 4   | 95                  | 95     | 99                    | 99     | X       | -     | -     |               |  |
| 157-161 | 3   | 94                  | 96     | 97                    | 99     |         | 2     | 0     |               |  |
| 154-162 | 1   | 99                  | 99     | 100                   | 100    | X       | -     | -     |               |  |

TA-BLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.    | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|---------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|----------------|---------------|-------|
|         |      | PROX                | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                | TOTAL         | LIBRE |
| 159-162 | 1    | 97                  | 99     | 98                    | 100    | -              | 2             | 2     |
| 156-163 | 1    | 99                  | 99     | 100                   | 100    | X              | -             | -     |
| 161-163 | 1    | 97                  | 99     | 98                    | 100    |                | 2             | 2     |
| 162-164 | 1    | 100                 | 100    | 101                   | 101    | X              | -             | -     |
| 162-169 | 1    | 100                 | 102    | 101                   | 103    |                | 2             | 2     |
| 163-166 | 1    | 100                 | 100    | 101                   | 101    | X              | -             | -     |
| 163-171 | 1    | 100                 | 102    | 101                   | 103    |                | 2             | 0     |
| 164-168 | 1    | 101                 | 101    | 102                   | 102    | X              | -             | -     |
| 169-173 | 1    | 101                 | 103    | 102                   | 104    |                | 2             | 0     |
| 166-170 | 1    | 101                 | 101    | 102                   | 102    | X              | -             | -     |
| 171-175 | 1    | 101                 | 103    | 102                   | 104    |                | 2             | 0     |
| 168-172 | 1    | 102                 | 102    | 103                   | 103    | X              | -             | -     |
| 173-177 | 1    | 102                 | 104    | 103                   | 105    |                | 2             | 0     |
| 170-174 | 1    | 102                 | 102    | 103                   | 103    | X              | -             | -     |
| 175-179 | 1    | 102                 | 104    | 103                   | 105    |                | 2             | 0     |
| 172-176 | 6    | 103                 | 103    | 109                   | 109    | X              | -             | -     |
| 177-181 | 5    | 103                 | 105    | 109                   | 110    |                | 2             | 0     |
| 174-178 | 6    | 103                 | 103    | 109                   | 109    | X              | -             | -     |
| 179-183 | 5    | 103                 | 105    | 109                   | 110    |                | 2             | 0     |
| 176-180 | 4    | 109                 | 109    | 113                   | 113    | X              | -             | -     |
| 181-185 | 3    | 108                 | 110    | 111                   | 113    |                | 2             | 0     |
| 178-182 | 4    | 109                 | 109    | 113                   | 113    | X              | -             | -     |
| 183-187 | 3    | 108                 | 110    | 111                   | 113    |                | 2             | 0     |
| 180-188 | 1    | 113                 | 113    | 114                   | 114    | X              | -             | -     |
| 185-188 | 1    | 111                 | 113    | 112                   | 114    |                | 2             | 2     |
| 182-189 | 1    | 113                 | 113    | 114                   | 114    | X              | -             | -     |
| 187-189 | 1    | 111                 | 113    | 112                   | 114    |                | 2             | 2     |



TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.    | DUR | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|---------|-----|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|---------------|-------|
|         |     | PROX.               | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                 | TOTAL         | LIBRE |
| 188-190 | 1   | 114                 | 114    | 115                   | 115    | X               | -             | -     |
| 188-195 | 1   | 114                 | 116    | 115                   | 117    |                 | 2             | 0     |
| 189-192 | 1   | 114                 | 114    | 115                   | 115    | X               | -             | -     |
| 189-197 | 1   | 114                 | 116    | 115                   | 117    |                 | 2             | 0     |
| 190-194 | 1   | 115                 | 115    | 116                   | 116    | X               | -             | -     |
| 195-199 | 1   | 115                 | 117    | 116                   | 118    |                 | 2             | 0     |
| 192-196 | 1   | 115                 | 115    | 116                   | 116    | X               | -             | -     |
| 197-201 | 1   | 115                 | 117    | 116                   | 118    |                 | 2             | 0     |
| 194-198 | 1   | 116                 | 116    | 117                   | 117    | X               | -             | -     |
| 199-203 | 1   | 116                 | 118    | 117                   | 119    |                 | 2             | 0     |
| 196-200 | 1   | 116                 | 116    | 117                   | 117    | X               | -             | -     |
| 201-205 | 1   | 116                 | 118    | 117                   | 119    |                 | 2             | -     |
| 198-202 | 6   | 117                 | 117    | 123                   | 123    | X               | -             | -     |
| 203-207 | 5   | 117                 | 119    | 122                   | 124    |                 | 2             | 0     |
| 200-204 | 6   | 117                 | 117    | 123                   | 123    | X               | -             | -     |
| 205-209 | 5   | 117                 | 119    | 122                   | 124    |                 | 2             | 0     |
| 202-206 | 4   | 123                 | 123    | 127                   | 127    | X               | -             | -     |
| 207-211 | 3   | 122                 | 124    | 125                   | 127    |                 | 2             | -     |
| 204-208 | 4   | 123                 | 123    | 127                   | 127    | X               | -             | -     |
| 209-213 | 3   | 122                 | 124    | 125                   | 127    |                 | 2             | 0     |
| 206-214 | 1   | 127                 | 127    | 128                   | 128    | X               | -             | -     |
| 211-214 | 1   | 125                 | 127    | 126                   | 128    |                 | 2             | 2     |
| 208-215 | 1   | 127                 | 127    | 128                   | 128    | X               | -             | -     |
| 213-215 | 1   | 125                 | 127    | 126                   | 128    |                 | 2             | 2     |
| 214-216 | 1   | 128                 | 128    | 129                   | 129    | X               | -             | -     |
| 214-221 | 1   | 128                 | 130    | 129                   | 131    |                 | 2             | 0     |

TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.    | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        |                | H O L G U R A |       |
|---------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|----------------|---------------|-------|
|         |      | PROX.               | REMOTA | PROX.                 | REMOTA | ACT<br>CRITICA | TOTAL         | LIBRE |
| 215-218 | 1    | 128                 | 128    | 129                   | 129    | X              | -             | -     |
| 215-223 | 1    | 128                 | 130    | 129                   | 131    |                | 2             | 0     |
| 215-220 | 1    | 129                 | 129    | 130                   | 130    | X              | -             | -     |
| 221-225 | 1    | 129                 | 131    | 130                   | 132    |                | 2             | 0     |
| 218-222 | 1    | 129                 | 129    | 130                   | 130    | X              | -             | -     |
| 223-227 | 1    | 129                 | 131    | 130                   | 132    |                | 2             | 0     |
| 220-224 | 1    | 130                 | 130    | 131                   | 131    | X              | -             | -     |
| 225-229 | 1    | 130                 | 132    | 131                   | 133    |                | 2             | 0     |
| 222-226 | 1    | 130                 | 130    | 131                   | 131    | X              | -             | -     |
| 227-231 | 1    | 130                 | 132    | 131                   | 132    |                | 2             | 0     |
| 224-228 | 6    | 131                 | 131    | 137                   | 137    | X              | -             | -     |
| 229-233 | 5    | 131                 | 133    | 136                   | 138    |                | 2             | 0     |
| 226-230 | 6    | 131                 | 131    | 137                   | 137    | X              | -             | -     |
| 231-235 | 5    | 131                 | 133    | 136                   | 138    |                | 2             | 0     |
| 228-232 | 4    | 137                 | 137    | 141                   | 141    | X              | -             | -     |
| 233-237 | 3    | 136                 | 138    | 139                   | 141    |                | 2             | 0     |
| 230-234 | 4    | 137                 | 137    | 141                   | 141    | X              | -             | -     |
| 235-239 | 3    | 137                 | 138    | 139                   | 141    |                | 2             | 0     |
| 232-240 | 1    | 141                 | 141    | 142                   | 142    | X              | -             | -     |
| 237-240 | 1    | 139                 | 141    | 140                   | 142    |                | 2             | 0     |
| 234-241 | 1    | 141                 | 141    | 142                   | 142    | X              | -             | -     |
| 239-241 | 1    | 139                 | 141    | 140                   | 142    |                | 2             | 2     |
| 240-242 | 1    | 142                 | 142    | 143                   | 143    | X              | -             | -     |
| 241-243 | 1    | 142                 | 142    | 143                   | 143    | X              | -             | -     |
| 242-244 | 1    | 143                 | 143    | 144                   | 144    | X              | -             | -     |
| 243-245 | 1    | 143                 | 143    | 144                   | 144    | X              | -             | -     |

TABLA DE PRECEDENCIAS

| ACT.    | DUR. | I N I C I A C I O N |        | T E R M I N A C I O N |        | ACT.<br>CRITICA | H O L G U R A |       |
|---------|------|---------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|---------------|-------|
|         |      | PROX.               | REMOTA | PROX.                 | REMOTA |                 | TOTAL         | LIBRE |
| 244-246 | 1    | 144                 | 144    | 145                   | 145    | X               | -             | -     |
| 245-247 | 1    | 144                 | 144    | 145                   | 145    | X               | -             | -     |
| 246-248 | 6    | 145                 | 145    | 151                   | 151    | X               | -             | -     |
| 247-249 | 6    | 145                 | 145    | 151                   | 151    | X               | -             | -     |
| 248-250 | 4    | 151                 | 151    | 155                   | 155    | X               | -             | -     |
| 249-251 | 4    | 151                 | 151    | 155                   | 155    | X               | -             | -     |
| 250-252 | 1    | 155                 | 155    | 156                   | 156    | X               | -             | -     |
| 251-252 | 1    | 155                 | 155    | 156                   | 156    | X               | -             | -     |

Para el control de la obra se hace necesario apoyarse en la Ruta Crítica del Proyecto, realizando revisiones periódicas normales de trabajo y también mediante la revisión de la tasa de gastos del trabajo ejecutado. - Por lo que se requiere de:

5.5.1) Presupuesto de la obra, el cual consta de:

Concepto

Unidad

Cantidad

P. U.

Importe por concepto

Importe por partidas

Importe total.

5.5.2) Presupuesto Básico a Precios de Venta

El Presupuesto Básico a Precios de Venta, se utiliza para reportar la obra ejecutada, usando un precio promedio para los diferentes conceptos que integran la cuenta equis. El precio Básico se obtiene del presupuesto de obra, sumando las cantidades de los conceptos representativos de la cuenta equis, se suman también todos los importes de todos los conceptos de la cuenta equis, la relación formada por el importe total entre la cantidad total de la cuenta considerada nos da el precio básico de venta. (Forma N° 1 )

5.5.3 ) Catálogo de Cuentas.

En este catálogo se abrirán las CUENTAS, SUBCUENTAS Y CUENTAS ESPECIALES que sean necesarias para registrar el costo que origine la Obra. ( Forma N° 2 )

5.5.4) Presupuesto a Costo Directo.

Este presupuesto constará de cada uno de los conceptos con su respectiva unidad, cantidad, así como el Costo Directo para cada concepto; el cual operado por la cantidad nos da el importe A Costo Directo de cada concepto, obteniéndose finalmente el importe A Costo Directo por Partidas.

#### 5.5.5) Contar con los Análisis de Precios Unitarios.

Es de vital importancia en la Construcción, pues de ellos se desprende:

- 5.5.5.1) Eltabulador de salarios y factor de incremento.
- 5.5.5.2) Lista de materiales con sus respectivos precios.
- 5.5.5.3) Análisis Básicos
- 5.5.5.4) Costos Horarios
- 5.5.5.5) Pagos a Destajistas ( tabulador de destajos )
- 5.5.5.6) Porcentaje de Indirecto

#### 5.5.6) Desglose del Presupuesto A Costo Directo.

En este desglose se debe obtener la cantidad de cada uno de los materiales y el importe de los mismos a Costo Directo (Forma N°3 y N° 4), de igual manera se precedera con la Maquinaria y Equipo, con la Mano de Obra y con los Subcontratistas.

#### 5.5.7) Proforma de Destajos.

El Proforma de Destajos es muy util en el control del Costo Directo de la Obra, el proforma de destajos consiste en indicar en cada uno de los conceptos el costo de la mano de obra, el cual operado por la cantidad a ejecutar nos dá el importe de la Mano de Obra, esto es para cada uno de los conceptos, los que se agrupan por subcuentas.

#### 5.5.8) Resultado en Obra.

El resultado en Obra se obtiene de el precio de venta menos el costo total de la obra. El costo total de la obra se integra por el costo directo, más I.S.R. y R.U.T., más gastos de oficina matriz, más gastos financieros (por atrazo en el cobro).

Llevando a la práctica lo anteriormente citado, esto es comparando lo planeado con los resultados de la Obra, el encargado de la misma podra obtener conclusiones periódicas, respecto al control de la Obra y estará en condiciones de tomar las medidas correctivas que sean necesarias, para causar el Control de la Obra.

## PRESUPUESTO BASICO

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

| CTA. | CONCEPTO                | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|------|-------------------------|--------|----------|----------------|---------|
| 04   | TRAZO Y NIVELACION      | M2     |          |                |         |
| 05   | EXCAVACION A MANO       | M3     |          |                |         |
| 07   | RELLENO                 | M3     |          |                |         |
| 08   | CARGA Y ACARREO         | M3     |          |                |         |
| 09   | CIMBRAEN CIMENTACION    | M2     |          |                |         |
| 10   | ACERO EN CIMENTACION    | TON    |          |                |         |
| 11   | CONCRETO EN CIMENTACION | M3     |          |                |         |
| 16   | CIMBRA EN ESTRUCTURA    | M2     |          |                |         |
| 17   | ACERO EN ESTRUCTURA     | TON    |          |                |         |
| 18   | CONCRETO EN ESTRUCTURA  | M3     |          |                |         |
| 26   | MUROS DE TABIQUE        | M2     |          |                |         |
| 29   | CADENAS Y CASTILLOS     | M      |          |                |         |

## CATALOGO DE CUENTAS OBRA

CUENTAS DE COSTO DIRECTO:

|    |                            |    |                              |
|----|----------------------------|----|------------------------------|
| 04 | TRAZO Y NIVELACION         | 11 | CONCRETO EN CIMENTACION      |
| 05 | EXC. A MANO                | 16 | CIMBRA EN ESTRUCTURA         |
| 07 | RELLENO                    | 17 | ACERO DE RFZO. EN ESTRUCTURA |
| 08 | CARGA Y ACARREO            | 18 | CONCRETO EN ESTRUCTURA       |
| 09 | CIMBRA EN CIMENTACION      | 26 | MUROS DE TABIQUE             |
| 10 | ACERO DE RFZO. CIMENTACION | 29 | CADENAS Y CASTILLOS          |

SUBCUENTAS COMUNES

|    |                             |    |                     |
|----|-----------------------------|----|---------------------|
| 01 | MANO DE OBRA                | 05 | HERRAMIENTA         |
| 02 | MANO DE OBRA SUBCONTRATO    | 06 | MAQUINARIA Y EQUIPO |
| 03 | MAQUINARIA Y EQUIPO RENTADO | 07 | SUBCONTRATOS        |
| 04 | COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES  |    |                     |

SUBCUENTAS ESPECIALES:

CTA. 07 RELLENOS

SUBCTA 08 MATERIAL DE RELLENO  
09 AGUA

CTA. 11 CIMBRA CIMENTACION Y  
CTA 16 CIMBRA ESTRUCTURA

SUBCTA 08 MADERA 3a.  
09 CLAVO  
10 ALAMBRE  
11 TRIPLAY  
12 CELOTEX

CTA. 10 ACERO EN CIMENTACION

CTA. 17 ACERO EN ESTRUCTURA

SUBCTA. 08 ACERO DE REFUERZO  
09 IMPERMEABILIZANTE  
10 CONCRETO.

CTA 26 MUROS TABIQUES

SUBCTA 08 TABIQUE  
09 AGREGADOS

CTA 29 CADENAS Y CASTILLOS

SUBCTA 08 MADERA  
09 CLAVO  
10 ALAMBRE  
11 CONCRETO  
12 ACERO DE REFUERZO

\*\*\*\*\*

PRESUPUESTO BASICO

| FECHA | CONCEPTO                           | UNIDAD | CANTIDAD | OBRA | C.U. | IMPORTE |
|-------|------------------------------------|--------|----------|------|------|---------|
| 07    | TEPETATE                           | M3     |          |      |      |         |
| 07    | AGUA                               | M3     |          |      |      |         |
| 16    | DIESEL                             | LT     |          |      |      |         |
| 09    | MADERA 3a                          | P.T.   |          |      |      |         |
| 09    | CLAVO                              | KG     |          |      |      |         |
| 09    | ALAMBRE                            | KG     |          |      |      |         |
| 09    | TRIPLAY                            | HOJA   |          |      |      |         |
| 10    | ACERO #2                           | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 2.5                        | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 3                          | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 4                          | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 5                          | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO #6                           | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 10                         | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ALAMBRE                            | KG     |          |      |      |         |
| 11    | CONCRETO                           | M3     |          |      |      |         |
| 11    | IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL         | KG     |          |      |      |         |
| 11    | CURACRETO                          | LT     |          |      |      |         |
| 16    | MADERA 3a                          | P.T.   |          |      |      |         |
| 16    | CLAVO                              | KG     |          |      |      |         |
| 16    | ALAMBRE                            | KG     |          |      |      |         |
| 16    | TRIPLAY                            | HOJA.  |          |      |      |         |
| 16    | CELOTEX                            | M2     |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 2                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO #2.5                         | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 3                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 4                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 5                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 6                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 8                          | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ACERO # 10                         | TON.   |          |      |      |         |
| 17    | ALAMBRE                            | KG     |          |      |      |         |
| 18    | CONCRETO                           | M3     |          |      |      |         |
| 18    | IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL         | KG     |          |      |      |         |
| 18    | CURACRETO                          | LT.    |          |      |      |         |
| 26    | TABIQUE                            | MILLAR |          |      |      |         |
| 26    | BORTE RO                           | M2     |          |      |      |         |
| 29    | MADERA                             | P.T.   |          |      |      |         |
| 29    | ALAMBRE Y CLAVO                    |        |          |      |      |         |
| 29    | CONCRETO                           | M3     |          |      |      |         |
| 29    | ACERO                              | TON    |          |      |      |         |
| 10    | ACERO # 8                          | TON    |          |      |      |         |
| 04    | TRAZO Y NIVELACION                 | M2     |          |      |      |         |
| 05    | EXCAVACION A MANO                  | M3     |          |      |      |         |
| 07    | RELLENO                            | M3     |          |      |      |         |
| 08    | CARGA Y RELLENO                    | M3     |          |      |      |         |
| 09    | CARGA EN CIMENTACION               | M2     |          |      |      |         |
| 10    | ACARREO EN REFUERZO EN CIMENTACION | TON.   |          |      |      |         |
| 11    | CONCRETO EN CIMENTACION            | M3     |          |      |      |         |
| 16    | CIMBRA EN ESTRUCTURA               | M2     |          |      |      |         |
| 17    | ACERO EN ESTRUCTURA                | TON.   |          |      |      |         |
| 18    | CONCRETO EN ESTRUCTURA             | M3     |          |      |      |         |
| 26    | MUROS DE TABIQUE                   | M2     |          |      |      |         |
| 29    | CADENAS Y CASTILLOS                | M      |          |      |      |         |



PRESUPUESTO BASICO

FECHA \_\_\_\_\_ A COSTO DIRECTO OBRA \_\_\_\_\_

| CTA. | CONCEPTO                           | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | IMPORTE |
|------|------------------------------------|--------|----------|----------------|---------|
| 04   | TRAZO Y NIVELACION                 | M2     |          |                |         |
| 05   | EXCAVACION A MANO                  | M3     |          |                |         |
| 07   | RELLENO                            | M3     |          |                |         |
| 08   | CARGA Y RELLENO                    | M3     |          |                |         |
| 09   | CARGA EN CIMENTACION               | M2     |          |                |         |
| 10   | ACARREO EN REFUERZO EN CIMENTACION | TON    |          |                |         |
| 11   | CONCRETO EN CIMENTACION            | M3     |          |                |         |
| 16   | CIMBRA EN ESTRUCTURA               | M2     |          |                |         |
| 17   | ACERO EN ESTRUCTURA                | TON    |          |                |         |
| 18   | CONCRETO EN ESTRUCTURA             | M3     |          |                |         |
| 26   | MUROS DE TABIQUE                   | M2     |          |                |         |
| 29   | CADENAS Y CASTILLOS                | M      |          |                |         |



B I B L I O G R A F I A

- 1) METODO DE LA RUTA CRITICA Y SUS APLICACIONES A LA CONSTRUCCION.  
JAMES M. ANTILL - RONALD W. WOODHEAD. ED. LIMUSA
  
- 2) PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS  
  
CURSO DEL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA.  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
AGOSTO DE 1978.
  
- 3) ADMINISTRACION Y CONTROL DE PROYECTOS TOMOS I II Y III  
  
DR. R. L. MARTINO  
ED. EDITORA TECNICA. S.A.
  
- 4) APUNTES DE RUTA CRITICA SECCION DE CONSTRUCCION  
  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
  
- 5) METODOS DE OPTIMIZACION  
  
FRANCISCO J. JAUFFRED M.  
ALBERTO MORENO BONETT.  
  
J. JESUS ACOSTA.  
  
ED. REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.  
MEXICO.
  
- 6) METODOS MODERNOS DE PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL  
  
MELCHOR RODRIGUEZ CABALLERO.  
  
ED. LIMUSA.