

62
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

**METODO PARA LA PLANEACION DE PROYECTOS
EN MEDIOS ALTERNOS DE UNA
INSTITUCION BANCARIA**

T E S I S

Que para obtener el título de

A C T U A R I O

Presenta

JOSE LUIS VAZQUEZ ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS: MAT. AGUSTIN CANO GARCES

México, D.F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

Indice

	Pag.
Introducción.....	01

Capítulo I

1.1 Medios Alternos.....	03
1.2 Banco por Teléfono.....	04
1.3 Si-empresarial.....	05
1.4 Cajeros de Servicio Inmediato.....	06
1.5 Autorizaciones Automáticas y Transferencia Electrónica de Fondos.....	06

Capítulo II

2.1 Antecedentes.....	09
2.2 La red de PERT/CPM.....	10
2.2.1 Construcción de la Red.....	10
2.2.2 Análisis de la Red de PERT/CPM.....	13
2.2.3 Cálculo de Holguras.....	19
2.2.4 Uso de la Teoría de Probabilidades en PERT/CPM.....	22
2.3 Relación de Tiempos y Costos.....	25
2.4 Otra Forma de Obtener la Relación de Costos y tiempos Usando un Paquete de Computadora.....	45

Indice

Capítulo III

3.1 Metodología Propuesta por el Area de Sistemas.....	47
3.2 Foundation.....	50

Capítulo IV

4.1 Descripción del Proyecto.....	53
4.2 Identificación de Actividades.....	56
4.2 Elaboración de la Tabla de Actividades.....	59
4.3 Tiempo Esperado de Terminación de Cada Actividad.....	61
4.4 Construcción de la Red.....	62
4.5 Cálculos de Fecha de Inicio y Terminación.....	63
4.7 Calculo de las Holguras y Ruta Crítica.....	63
4.8 Plan General de Ejecución de Actividades.....	66
4.9 Asignación de Recursos Adicionales.....	67
4.9.1 Calculo del Valor Absoluto de las "Pendientes".....	68
4.9.2 Reducción al Tiempo Mínimo.....	69

Conclusiones.....	102
-------------------	-----

Bibliografía.....	104
-------------------	-----

INTRODUCCION

Introducción

En Bancomer como en otras Instituciones muy grandes los proyectos son generalmente a mediano y largo plazo, por lo que es importante contar con una buena metodología que nos permita hacer una planeación adecuada, ya que de lo contrario las metas establecidas en la realización de los proyectos corren el riesgo de no cumplirse en los tiempos establecidos, pudiendo afectar no solo al proyecto en sí, sino también a otros proyectos y/o actividades que dependen de él y por consiguiente a la metas establecidas por la Institución. Por tanto en la medida en que nuestros proyectos se realicen conforme a la planeado y establecido, diremos que la metodología empleada para la planeación del proyecto es la correcta.

Las labores que me ocupan consisten en la coordinación de proyectos de Medios Alternos, específicamente en Transferencia Electrónica de Fondos y Autorizaciones Automáticas, motivo por el cual es de especial interés para mí realizar un estudio sobre la planeación y evaluación de proyectos en el área de Medios Alternos de Bancomer. La terminación del proyecto de Transferencia Electrónica de Fondos ha tenido grandes dificultades para su instalación en producción, motivo por el cual es importante estudiar si la metodología empleada en la planeación fue la correcta, o bien proponer una planeación alterna del proyecto.

Utilizando los conocimientos matemáticos y los de las materias impartidas en la facultad de Ciencias afines a la planeación y evaluación de proyectos - Investigaciones de Operaciones, Programación Lineal, Análisis de Redes, etc -. Es factible para el pasante de actuaría realizar un trabajo de tesis sobre este tema.

El presente trabajo titulado " Metodología para la Planeación de Proyectos en Medios Alternos de una Institución Bancaria", se divide en cinco capítulos, los cuales se presentan de la siguiente manera:

- a) En el capítulo uno se describen los medios alternos, los cuales serán nuestro entorno en el cual se propondrá la metodología y también donde se aplicará las técnicas matemáticas.
- b) En el capítulo dos se desarrolla la metodología propuesta utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera (Investigación de Operaciones, Programación lineal, etc.), así como la experiencia adquirida en Bancomer. Cabe señalar que la metodología toma como base la teoría de Técnicas y Evaluación de Programas "PERT" y el Método de la Ruta Crítica "CPM".
- c) En el capítulo tres se describen brevemente algunas metodologías usadas para la planeación de proyectos en Bancomer; esta descripción se hace con el fin de comparar la metodología propuesta y ver su factibilidad de aplicación.
- d) En el capítulo cuatro se aplica a un caso concreto, específicamente al proyecto de transferencia electrónica de fondos, la metodología propuesta para demostrar que es factible de aplicarse a la realidad.

CAPITULO 1

MEDIOS ALTERNOS

1.1 Medios Alternos en Bancomer

En un principio todos los servicios que ofrecía una institución bancaria siempre eran a través de una sucursal, por lo cual era necesario que el cliente se desplazara a estos lugares. Pero debido a los adelantos tecnológicos - comunicaciones, informática, etc.- los bancos han dado nuevas alternativas al cliente para que este obtenga los servicios de una manera eficiente y rápida. Por lo que gracias a todos estos adelantos tecnológicos surgen los medios alternos, que se definen como aquellos servicios que ofrece el banco fuera de una sucursal.

Los objetivos más importantes que se persiguen al ofrecer los medios alternos son:

- a) Descongestionamiento en los patios de sucursales.
- b) Ofrecer un servicio con mayor facilidad al cliente sin que este tenga que acudir a una sucursal bancaria.
- c) Brindar al cliente un servicio de calidad usando tecnología de vanguardia.
- d) Al usar equipo de computo para estos servicios se pretende:
 - Disminución de personal en áreas operativas
 - Disminución de errores en la realización de las operaciones.
- e) Asumir el liderazgo ante otros bancos.

Los medios alternos que actualmente ofrece Bancomer son:

1.2 Banco por Teléfono.

Es un servicio que brinda el banco a personas físicas y morales; el único requisito es que el solicitante tenga una cuenta de cheques en Bancomer. Este servicio consiste en darle al cliente una clave de acceso al sistema de Banco por Teléfono, el cual se podrá acceder con solamente llamar al 705 91 12 y será atendido por personal de Bancomer, "Concertadores", o por algún equipo de computo "Infobot o Infobot Premier".

El cliente puede manejar hasta 60 cuentas de cheques con su clave telefónica con las cuales podrá efectuar las siguientes operaciones: consultas a tasas de interés, tipos de cambio; cotización de Cetes, aceptaciones y petrobonos; saldos de cheques, depósitos bancarios, valores a plazo fijo; estado de cuenta. traspasos de cuentas de cheques a cuentas de crédito y débito.

Este sistema se encuentra instalado en el equipo central del banco por lo que esta en línea.

Por último algunos de los principales problemas que enfrenta banco por teléfono son:

- No se encuentra automatizado al 100% ya que para la atención a clientes se sigue usando a los concertadores.
- No se cobra por este servicio.
- Se pretende dar servicio al Sistema de Ahorro para el Retiro S.A.R.

Debido a las estrategias del Banco se comienza a trabajar con un nuevo proyecto de Banco por teléfono en el cual se resuelva la problemática existente y que interactue con el servicio de Transferencia Electrónica de Fondos y Autorizaciones Automáticas en línea - p.e. que se pueda hacer autorizaciones en línea a través de banco por teléfono -.

Este servicio se ofrece a nivel nacional.

1.3 Si-Empresarial.

Este servicio nace en 1984 a raíz de la necesidad de ofrecer a las empresas una gama de servicios bancarios de una manera sencilla, sin que exista un desplazamiento a una sucursal bancaria.

El servicio esta orientado a personas morales cuyo requisito es tener un monto mínimo de reciprocidad para con Bancomer. Consiste en instalar una terminal de computo o una PC la cual se comunica a través de una línea telefónica al equipo central del banco. Con este servicio se pueden realizar las siguientes operaciones: consultas a las diferentes tasas de inversión nacional e internacional para inversión en valores a plazo, inversiones en dólares; consultas a cotizaciones de metales, Cetes, Petrobonos, traspasos, inversiones, pagos de servicios. Además le permite administrar su tesorería -sus cuentas cheques-, etc.

Por último el servicio de Si-empresarial se ofrece a nivel Nacional y actualmente se tienen 1,600 terminales instaladas en área metropolitana y 1,600 en Banca del interior. Además de que el sistema ha tenido seis actualizaciones desde su primera instalación.

1.4 Cajeros de Servicio Inmediato.

El servicio de cajeros automáticos surge de la necesidad de brindarle a todo tarjeta-habiente de Bancomer, la facilidad de realizar sus operaciones bancarias a través de un cajero automático. El único requisito es que tenga una cuenta de cheques o crédito para que se le proporcione un plástico -tarjeta-, para que pueda realizar sus operaciones en el cajero.

Los cajeros automáticos permiten al tarjeta-habiente realizar consultas a saldos de cheques y tarjeta de crédito, depósitos, retiros de efectivo, transferencia de fondos, pagos a terceros y de tarjetas de crédito.

Debido al enlace de Bancomer con Carnet, tarjeta-habientes de Carnet pueden realizar operaciones en cajeros automáticos de Bancomer y viceversa. Además de que se está negociando para establecer un enlace con Banamex para cajeros automáticos.

Por otra parte Bancomer cuenta actualmente con la red mas grande de cajeros automáticos instalados en el país, dicha red consta de 1300 cajeros.

1.5 Autorizaciones Automáticas Y Transferencia Electrónica de Fondos.

Para este medio alternativo describiré con más detalle en que consiste, ya que es en estos proyectos en los que he tenido una participación mas directa.

El servicio de autorizaciones automáticas, esta orientado a

personas morales - comercios tales como restaurantes, boutiques, tiendas de ropa, centros comerciales, cadenas comerciales, etc. -, y consiste en dar una autorización a un tarjeta-habiente para la compra de cualquier artículo, desde cualquier terminal punto de venta.

El servicio de transferencia electrónica de fondos consiste en realizar las operaciones de cargos a clientes y abonos a comercios en sus cuentas de cheques, efectuadas con plásticos -tarjetas de crédito y débito- de manera electrónica, es decir que en cualquier compra con una tarjeta ya sea de crédito o débito, el comercio ya no tiene la necesidad de presentarse a una sucursal bancaria con el voucher, para que la cantidad de la compra le sea depositada a su cuenta de cheques. Cabe señalar que con el servicio de transferencia electrónica de fondos automáticamente se esta realizando el servicio de autorizaciones automáticas.

Debido a que no todos los comercios tienen las mismas características, en el sentido de que algunos forman parte de una cadena comercial - Gigante, Aurrera, Vip's, etc - , otros forman parte de una Centro Comercial - Perisur, Plaza Universidad, Plaza Galerías, etc,- y por ultimo otros que no pertenece a ninguno de los dos casos mencionados arriba - una cantina, una boutique, una joyería, etc.-; este servicio esta segmentado en tres partes de acuerdo al tipo de mercado y son:

- a) **Comercios Unicaja.** Se refiere a todos aquellos comercios que no cuentan con una infraestructura de computo como es el caso de una farmacia, boutique, etc.. Por lo que aquí solamente se les instala una o dos terminales punto de venta que pueda realizar la transferencia electrónica de fondos. El servicio de transferencia electrónica de fondos para este tipo de

comercios fue liberado en marzo de 1990.

- b) **Servidores.** Se refiere a los comercios que no tienen una infraestructura de computo, pero que pertenecen algún centro comercial o una plaza por ej. Plaza Aragón, Perinorte, etc.. Aquí se instala un equipo de computo -PC-, al cual se le carga la aplicación para poder realizar la Transferencia Electrónica de Fondos. Este servicio será liberado en mayo de 1992, ya que actualmente se tiene un piloto con una tienda comercial.

- c) **Interredes.** Contempla a todos los comercios que cuentan con una infraestructura de computo definida, y que pertenecen a alguna cadena comercial por ej. Comercial Mexicana, Gigante, Palacio de Hierro, etc.. En este caso lo que se hace es realizar una comunicación punto a punto entre el computador de la cadena comercial y el sistema 88 de Bancomer. El principal problema para ofrecer este servicio radica en que antes de aceptar el servicio, primero tienen que realizar una conciliación contable interna, entre sus maquinas registradoras y su computador. Bancomer ya cuenta con este servicio y se esta empezando a probar con la cadena de tiendas de Aurrera.

Cabe señalar que actualmente se realiza la " Transferencia de Electrónica de Fondos" fuera de línea con algunos interredes - Palacio de Hierro, Liverpool, etc -, el cual consiste en que los computadores de estos comercios capturan las transacciones de tarjeta de crédito y débito en una cinta magnética, y después son enviadas al banco para procesarse en el equipo central para que se hagan los cargos y abonos correspondientes.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA PERT/CPM

2.1 Antecedentes

El PERT -"Program Evaluation and Review Technique = Técnica de Revisión y Evaluación de Programas- y el CPM - Critical Path Method = Método de la Ruta Crítica -, son dos técnicas que nos permiten realizar nuestros proyectos mediante tres fases:

- a) Planeación, que consiste en identificar las actividades y las relaciones de precedencia entre ellas.
- b) Administración, que consiste en establecer que actividades pueden retrasarse y cuales no, sin afectar la fecha de terminación del proyecto.
- c) Control, que se refiere a la revisión en una fecha determinada sobre el avance del proyecto mediante gráficas y reportes, para determinar si es necesario o no una redefinición del mismo.

El PERT fue desarrollado a fines de la década de 1950 por el departamento De defensa de los Estados Unidos, para proyectos militares de investigación y desarrollo. Además ha tenido aplicaciones a otras actividades como las de construcción, diseño de plantas, etc.; una característica esencial de PERT es que permite manejar la incertidumbre que existe en los pronósticos de tiempo para la ejecución de actividades en los proyectos planeados.

CPM fue desarrollado en 1957 en forma independiente respecto a PERT y se refiere básicamente a la relación entre tiempos y costos de las actividades de los proyectos, por lo que aquí la incertidumbre pasa a segundo plano, dado que los tiempos se conocen.

En un principio PERT se utilizó para los proyectos de desarrollo e investigación y CPM se usó para proyectos de construcción, debido al papel que juega la incertidumbre. Actualmente las diferencias entre el PERT y CPM se han visto reducidas, gracias a los adelantos en los programas computacionales que pueden manejar incertidumbre y la relación entre tiempos y costos. Por lo tanto, en adelante se hablará de PERT/CPM indistintamente.

2.2 La Red de PERT/CPM

El gran uso de la red de PERT/CPM se debe a la facilidad con que puede ilustrar las relaciones que existen entre las distintas actividades a realizarse en los proyectos, así como su capacidad de presentar información importante de una manera concisa y sistemática.

2.2.1 Construcción de la Red

La primera etapa en el proceso de PERT/CPM consiste en identificar todas las actividades necesarias para la realización del proyecto y las relaciones entre ellas. Se requiere entonces contar con una lista de todas las actividades y como están relacionadas, ya que estas relaciones se tomarán como base para la elaboración de los cálculos. Además es necesario considerar aquellos pre requisitos necesarios para poder realizar las actividades que forman parte del proyecto. Como ejemplo, supongase que se tiene un proyecto que contempla las siguientes actividades: A, B, C, D, E.

Nombre de la Actividad	Descripción de la Actividad	Predecesores Inmediatos
A	Actividad A	--
B	Actividad B	A
C	Actividad C	A
D	Actividad D	A
E	Actividad E	B,C,D

Tabla 1.

La tabla se interpreta ó se lee de la siguiente manera: las actividades B,C y D pueden iniciarse solamente hasta que se haya terminado la actividad A, la actividad E puede iniciarse inmediatamente después de terminar las actividades B,C y D.

El conjunto de actividades y sus dependencias las vamos a representar mediante una red. Las reglas para la construcción de una red de PERT son:

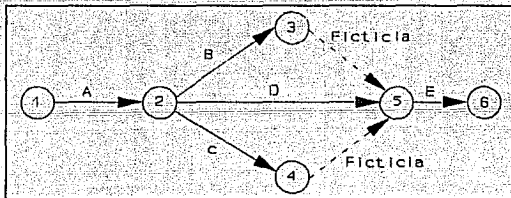
1. Cada actividad se representa mediante un arco único.
2. Cada nodo representa un evento.
3. La longitud del arco no tienen ningún significado.
4. Toda arco(actividad) tiene un inicio y un fin en nodos de eventos.
5. Entre dos nodos cualesquiera debe de haber a los más un arco.

- 6) Por claridad, debe procurarse que los arcos de la red estén dirigidos de izquierda a derecha o de arriba a abajo.

Por otra parte es conveniente tomar en cuenta los siguientes pasos para construir la red:

- Ordenar las actividades que forman parte del proyecto de una manera lógica.
- Determinar la relación de precedencia entre las actividades del proyecto.

En base a las reglas antes descritas, a continuación se presenta un gráfica de la red de PERT, tomando como base las actividades en la tabla 1.



Gráfica 1

Con esta ilustración podemos ver con mayor claridad que la actividad A debe de realizarse primero. Las actividades B, C y D pueden iniciarse al mismo tiempo, quedando solamente la terminación de la actividad E, como requisito para la terminación del proyecto.

Queda por explicar los dos arcos punteados que aparecen en la ilustración. Estos arcos representan actividades ficticias, las cuales son necesarias para poder cumplir con las reglas establecidas para la construcción de la red de PERT, es decir sirven para mostrar relaciones correctas entre actividades o bien para evitar la conexión en forma directa dos nodos a través de uno o más arcos. Por tanto estas actividades ficticias no consumen tiempo, ni costos.

Las actividades ficticias son necesarias, ya que de lo contrario no se cumplirían las reglas antes descritas; basta ver el ejemplo anterior en donde se usan dos actividades ficticias para poder unir los nodos 3 y 4. Si no se hiciera uso de estas dos actividades ficticias no se podría graficar en base a las reglas anteriores, ya que los nodos 2 y 5 se unirían con más de un arco, lo que contradice la regla 5 que se dió anteriormente para la construcción de la red.

2.2.2 Análisis de la Red PERT/CPM

El objetivo del análisis de la red es determinar la secuencia de realización de actividades, que nos permita terminar el proyecto en el menor tiempo posible. Para esto es necesario llevar a cabo lo siguiente:

- a) Determinar el tiempo estimado de duración de cada una de las actividades, y
- b) Realizar cálculos que nos permitan un análisis objetivo del proyecto - tiempo de duración, holguras, ruta crítica, etc. -.

De acuerdo a lo anterior la tabla 1 quedaría de la siguiente manera:

Actividad	Descripción de la Actividad	Predecesores Inmediatos	Duración Activ.
A	Actividad A	--	5 sem
B	Actividad B	A	2 sem
C	Actividad C	A	3 sem
D	Actividad D	A	4 sem
E	Actividad E	B,C,D	3 sem

Tabla 2.

De la tabla 2 podemos sumar los tiempos estimados de duración para cada actividad del proyecto, resultando 17 semanas. Este procedimiento no es la forma correcta de calcular la duración del proyecto, ya que en la explicación de la gráfica 1, vimos que las actividades B, C y D, se pueden realizar simultáneamente. La forma correcta de calcular la duración del proyecto es obteniendo la ruta crítica de la red.

Recordemos que para construir una red es necesario tomar en cuenta que el inicio y termino de una actividad se representa mediante nodos y estos nodos están unidos por los arcos. Un camino se define como una secuencia de arcos en la cual el nodo final de uno es el nodo inicial del que le sigue en la secuencia, es decir:

sea $a_1 = (x_1, x_2)$ el arco que une al nodo x_1 con el nodo x_2 ,

sea $a_2 = (x_2, x_3)$ el arco que une al nodo x_2 con el nodo x_3 ,

...

...
sea $a_{n-1} = (x_{n-1}, x_n)$ el arco que une al nodo x_{n-1} con el nodo x_n , entonces el camino P está formado por la secuencia $(a_1, a_2, \dots, a_{n-1})$.

En nuestro ejemplo la gráfica 1 tiene solamente tres caminos que parten del nodo inicial 1 y llegan al nodo final 6 y son:

1. A, B, E que pasa por los nodos 1, 2, 3, 5, 6. Se requieren 9 semanas para su terminación
2. A, D, E que pasa por los nodos 1, 2, 5, 6. Se requieren 12 semanas para su terminación.
3. A, C, E que pasa por los nodos 1, 2, 4, 5, 6. Se requieren 11 semanas para su terminación.

Para que el proyecto se realice es necesario que se terminen las actividades de los tres caminos anteriores. La ruta o camino que requiera mayor tiempo para su terminación se le conoce como ruta crítica. En este ejemplo el camino representado por los arcos A, D, E que pasan por los nodos 1, 2, 5, 6 es la ruta crítica ya que tiene una duración de 12 semanas. Se puede afirmar que cualquier retraso en las actividades de esta ruta afecta la terminación del proyecto. Esta es una manera de analizar la red, la cual es poco operante, ya que tendríamos que identificar todas los caminos de la red, calcular la duración de cada uno de ellos y seleccionar la ruta crítica.

Otra manera de obtener el camino crítico de la red es haciendo

algunos cálculos en dos fases:

a) La primera fase consiste en realizar cálculos "hacia adelante" de la red, que comienzan en el nodo inicial y terminan en el nodo final de la red. En cada nodo se calcula la fecha de inicio mas cercana del evento correspondiente, y el resultado se encierra en un cuadrado, formalmente:

- Sea FIC_i la fecha de inicio mas cercana de todas las actividades que se originan en el nodo i . Sea D_{ij} la duración de la actividad que comienza en el nodo i y termina en el nodo j , entonces $FIC_j = \max \{ FIC_i + D_{ij} \}$, para toda actividad que inicia en el nodo i y termina en el nodo j .

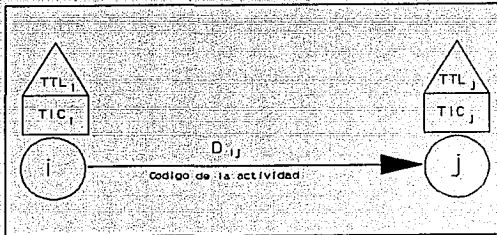
Nota: Para cualquier proyecto se supone que el nodo inicial tiene una fecha de inicio mas cercana igual a cero.

a) La segunda fase consiste en realizar cálculos "hacia atrás" de la red, que comienzan en el nodo final y terminan en el nodo inicial. El número obtenido en este calculo se encierra en un triángulo, y representa el tiempo de ocurrencia más lejano. Análogamente a la primera fase se considera la siguiente definición:

- Sea FTL_i la fecha de terminación mas lejana para las actividades que terminan en el nodo i , entonces:
 $FTL_i = \min \{ FTL_j - D_{ij} \}$, para toda actividad que inicia en el nodo i y termina en el nodo j .

Nota: Si n es el nodo final del proyecto entonces $FIC_n = FTL_n$.

La forma de representar gráficamente en la red los conceptos anteriores es :



Para ejemplificar la revisión hacia adelante y hacia atrás del proyecto, consideremos los datos de la tabla 2.

a) Cálculos de revisión hacia adelante

$$FIC_1 = 0$$

$$FIC_2 = \max_{i=1} \{ FIC_1 + D_{12} \} = 0 + 5 = 5$$

$$FIC_3 = \max_{i=2} \{ FIC_2 + D_{23} \} = 5 + 2 = 7$$

$$FIC_4 = \max_{i=2} \{ FIC_2 + D_{24} \} = 5 + 3 = 8$$

$$FIC_5 = \max_{i=2,3,4} \{ FIC_2 + D_{25}, FIC_3 + D_{35}, FIC_4 + D_{45} \} = \max \{ 5+4, 7+0, 8+0 \} = 9$$

$$FIC_6 = \max_{i=5} \{ FIC_5 + D_{56} \} = \max \{ 9+3 \} = 12$$

b) Cálculos de revisión hacia atrás

$$FTL_6 = FIC_6 = 12$$

$$FTL_5 = \min_{j=6} \{ FTL_j - D_{5j} \} = 12 - 3 = 9$$

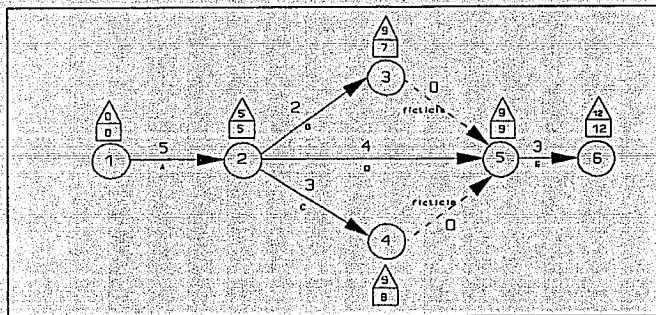
$$FTL_4 = \min_{j=4} \{ FTL_j - D_{4j} \} = 9 - 0 = 9$$

$$FTL_3 = \min_{j=3} \{ FTL_j - D_{3j} \} = 9 - 0 = 9$$

$$FTL_2 = \min_{j=3,4,5} \{ FTL_j - D_{2j}, FTL_1 - D_{21}, FTL_3 - D_{23} \} = \min \{ 9-2, 9-3, 9-4 \} = 5$$

$$FTL_1 = \min_{j=2} \{ FTL_j - D_{12} \} = \min \{ 5-5 \} = 0$$

Si se toman estos resultados para contruir la red queda como sigue:



Gráfica 2

Una vez efectuados los cálculos de revisión hacia adelante, de revisión hacia atrás y representarlos en la red, se procede a calcular la holgura libre y la holgura total de cada actividad para posteriormente obtener el camino o ruta crítica.

2.2.3 Calculo de Holguras

La holgura se define como el tiempo en que una actividad puede retrasarse sin afectar la fecha de terminación del proyecto. En nuestro caso se calcularán dos tipos de holgura: holgura total -HT- y holgura libre -HL-. y que se definen de la siguiente manera:

- 1) Holgura total $HT_{ij} = FTL_j - FIC_i - D_{ij}$, que presupone que el evento i se realiza lo más rápidamente posible, mientras que el evento j se retrasa lo más que se pueda.
- 2) Holgura Libre $HL_{ij} = FIC_j - FIC_i - D_{ij}$, que es cuando los eventos i y j comienzan lo más pronto posible.

Con estas dos definiciones y la red construida se puede obtener una tabla en la que se muestre los calculos de las holguras, a partir de la cual se puede obtener la ruta critica, y en este caso la tabla queda como sigue:

Actividad	D_{ij}	FIC_i	FTL_j	HT_{ij}	HL_{ij}
A_{12}	5	0	5	0	0
B_{21}	2	5	9	2	0
C_{24}	3	5	9	1	0
D_{25}	4	5	9	0	0
fic_{35}	0	7	9	2	2
fic_{45}	0	8	9	1	1
E_{56}	3	9	12	0	0

Tabla 3

Con base en la tabla obtenida la ruta critica va a estar formada por el conjunto de actividades cuya holgura libre y holgura total son igual a cero.

Nota: Cualquiera actividad que tenga holgura libre igual a cero no necesariamente es actividad crítica.

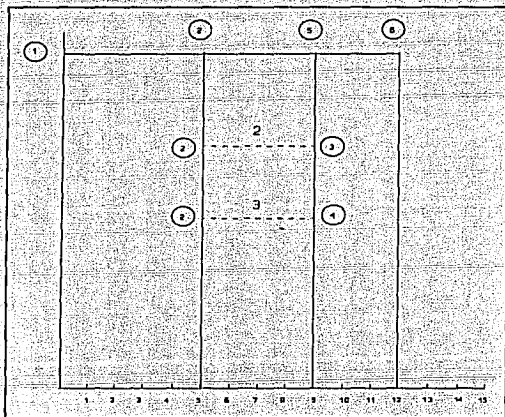
Por otra parte el haber obtenido la holgura total y la holgura libre de cada actividad, nos sirve para afirmar lo siguiente:

- 1.- Si $HT_i = HL_i$, entonces la actividad no crítica se puede ejecutar en cualquier momento de entre los tiempos de inicio más cercano y de terminación más tardío.
- 2.- Si $HL_i < HT_i$, entonces el inicio de la actividad no crítica se puede retrasar en relación con su FIC_i , en una cantidad no mayor que el valor de su HL_i pero sin afectar la ejecución de las actividades inmediatas sucesivas.

Es común que cuando se ejecuta un proyecto los recursos tanto de personal como de equipo, son insuficientes en el sentido de que no siempre se pueden realizar actividades en forma simultánea, pero por lo general se hace uso de las holguras totales para nivelar los recursos con que se cuenta en el transcurso del proyecto.

Por otra parte, es conveniente realizar un diagrama calendario sencillo de tal manera que pueda ser entendido fácilmente por el personal que ejecutará el proyecto. Este diagrama calendario lo podemos elaborar considerando en primer lugar las actividades críticas, las cuales se representarán con líneas llenas. Y después se consideran las actividades no críticas, que se representan con líneas punteadas tomando en cuenta la fecha de inicio más cercano y de terminación más lejano. Por último las actividades ficticias no se grafican en el calendario puesto que que no consumen tiempo, ni costos.

Tomando como base la tabla 3 se puede construir un diagrama calendario, el cual queda como sigue:



Dada la sencillez del ejemplo en el diagrama podemos ver que solamente las actividades B, que va del nodo 2 al 3, y la actividad C, que va del nodo 2 al 4, son las que únicamente pueden programarse en el intervalo de 5 a 9 semanas.

2.2.4 El uso de la Teoría de Probabilidades en PERT/CPM

Hasta el momento no se ha considerado la teoría de probabilidades, en el sentido de que el tiempo de ejecución para cada una de las actividades puede estimarse de acuerdo a los tres valores siguientes:

- a) Tiempo más probable m , en donde se considera que todas las actividades se realizan bajo condiciones normales.
- b) Tiempo pesimista b , en donde se considera que existen retrasos en las actividades del proyecto.
- c) tiempo optimista a , en donde se considera que las actividades se realizan en un tiempo mínimo.

Como hemos considerado que el tiempo a es cuando el desarrollo del proyecto va excelentemente y el tiempo b cuando dicho desarrollo va pésimamente, se puede afirmar que el tiempo m -el más probable- cae dentro del rango de tiempo (a,b) y no necesariamente a la mitad del intervalo. "...Debido a estas propiedades es intuitivamente justificado que la duración para cada actividad pueda seguir una distribución beta con su punto unimodal en m y sus puntos extremos en a y b ..."¹.

Con la distribución beta se puede obtener el tiempo esperado de duración para cada actividad que esta definido por la media, y

¹ Véase la Bibliografía al final de la tesis

por tanto también se puede obtener la varianza. Las formulas para la media y la varianza son:

$$D = \frac{a+b+4m}{6} \quad V = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

Para poder revisar que actividades requieren recursos urgentemente para evitar retrasos en el proyecto, debemos de recurrir a la distribución normal de probabilidades, dado que esta distribución describe los tiempos de terminación de un proyecto. A groso modo la justificación del por que se usa esta distribución según los creadores de PERT Y CPM es la siguiente:

Sea μ_i el tiempo de ocurrencia más próximo del evento i ; dado que los tiempos que se suman hasta i son variables aleatorias esto quiere decir que también μ_i es variable aleatoria, suponiendo que todas las actividades de la red son estadísticamente independientes la media de μ_i se obtiene considerando los dos casos siguientes:

- a) Si existe únicamente un camino del nodo inicial al nodo i , entonces $E(\mu_i)$ se obtiene como la suma de las duraciones esperadas D , para todas las actividades dadas a lo largo de este camino y la $Var(\mu_i)$ esta dada también por la suma de las varianzas de las mismas actividades.
- b) Si existe mas de un camino del evento inicial al evento i , Calcular los valores exactos de $E(\mu_i)$ y $Var(\mu_i)$, más complicado, por lo que se introduce una hipótesis

simplificatoria, la cual permite calcular $E(\mu_i)$ y $Var(\mu_i)$, como iguales a las del camino que llega al nodo i , y que tenga la suma mas grande de duraciones esperadas de las actividades. Si dos o más caminos tienen la misma $E(\mu_i)$ se elige aquella cuya $Var(\mu_i)$ sea la mas grande, ya que refleja mayor incertidumbre y resultados mas conservadores, en el sentido de que tal ruta puede variar más que las otras, por lo que se deberá tener mas cuidado sobre ésta. Por tanto $E(\mu_i)$ y $Var(\mu_i)$ están dados para los caminos seleccionados como $E(\mu_i) = \sum_{k \in C_i} E(\mu_k)$ y $Var(\mu_i) = \sum_{k \in C_i} Var(\mu_k)$, donde k define las actividades a lo largo del camino que llega a i .

La idea es que μ_i es la suma de variables aleatorias independientes, por lo que de acuerdo al teorema de limite central μ_i es casi normalmente distribuida con media $E(\mu_i)$ y $Var(\mu_i)$. Puesto que μ_i representa el tiempo de ocurrencia mas cercano, el evento i va a satisfacer un cierto tiempo programado TP_i con probabilidad

$$P(\mu_i \leq TP_i) = P\left(\frac{\mu_i - E(\mu_i)}{\sqrt{Var(\mu_i)}} \leq \frac{TP_i - E(\mu_i)}{\sqrt{Var(\mu_i)}}\right) = P(z \leq K_i)$$

donde z es la distribución normal estándar con media igual a cero y varianza igual a uno y por tanto

$$K_i = \frac{TP_i - E(\mu_i)}{\sqrt{Var(\mu_i)}}$$

2.3 Relaciones de Tiempo y Costo

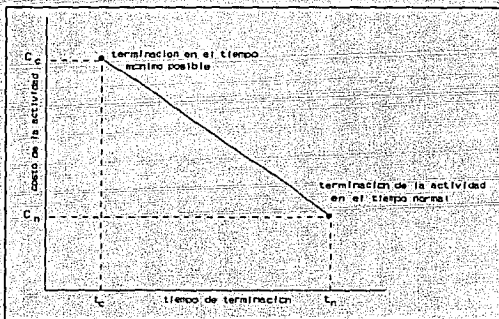
Hasta el momento se ha estudiado la planeación de proyectos tomando en cuenta solamente el factor tiempo. No se ha considerado que el factor costo influye considerablemente para la terminación de un proyecto, es por eso que ahora discutiremos la relación tiempo-costo en la planeación de proyectos.

Podemos decir que el tiempo de terminación del proyecto puede reducirse aumentando el costo; pero esta reducción tiene un límite de tal forma que cualquiera otra inversión adicional de recursos en el proyecto resulta inútil, ya que solamente se aumentarían los costos sin lograr reducir el tiempo. Esto implica que existe un programa de tiempo mínimo para el proyecto.

La reducción de tiempo para un proyecto va a ser factible solamente si se puede reducir el tiempo de duración de una actividad crítica. Para esto definamos los siguientes términos:

- C_n es el costo asociado a la duración normal de la actividad t_n .
- C_t es el costo asociado a la duración mínima de la actividad t_t .

Las relaciones entre estos términos lo podemos ver gráficamente como sigue:



Simplificando se supone que la relación de tiempo-costo para una actividad es lineal y por tanto en el intervalo (t_c, t_n) obtenemos una recta. Así pues para determinar que actividades deben reducirse obtenemos el valor absoluto de las pendientes de las rectas. El valor absoluto de la pendiente de cada recta representa el costo de reducción por unidad de tiempo. La fórmula para calcular la "pendiente" es:

$$\text{pendiente} = \frac{C_c - C_n}{t_n - t_c}$$

Para lograr reducir el proyecto al menor tiempo posible se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Se obtiene el valor absoluto de las pendientes de todas las actividades críticas.

- b) Se elige la actividad crítica cuyo valor absoluto de la pendiente sea mas pequeña.
- c) Se reduce tanto como sea posible la duración de la actividad crítica que tenga la pendiente mas pequeña en valor absoluto.

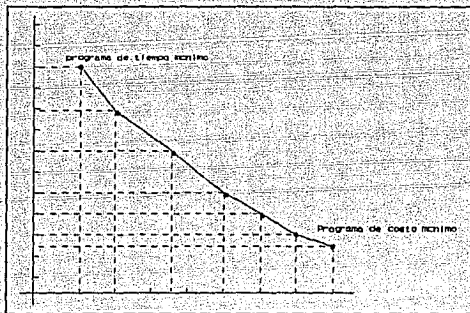
Revisando que ha sucedido con las holguras libres de las actividades no críticas, ya que si la holgura libre llega a ser cero puede suceder que esta actividad se convierta en actividad crítica.

- d) Tomar en cuenta el limite de holgura libre, ya que será este valor el que nos permitirá determinar que tanto se puede reducir la duración de la actividad crítica seleccionada. El limite de holgura se obtiene conforme a los siguientes pasos:

- Reducir en primera instancia la actividad crítica seleccionada en una unidad de tiempo, y se calculan las holguras libres para las actividades no críticas.
- Se revisa que actividades no críticas han disminuido su holgura libre en una unidad de tiempo, se toma como limite de holgura libre el valor mínimo que tenían las holguras libres de éstas actividades no críticas antes de la reducción en una unidad de tiempo.

- e) En caso de que aparezca una o más nuevas rutas críticas se aplica el mismo criterio de reducción en forma simultanea.

Este proceso se repite hasta que las actividades críticas lleguen a sus tiempos mínimos de reducción, y en tal caso se dirá que se ha llegado al programa de duración mínima del proyecto. Estos cálculos darán como resultado una gráfica parecida a la siguiente:



En la gráfica podemos ver que a medida que el tiempo disminuye el costo aumenta, hasta llegar al programa de tiempo mínimo. A manera de repaso y para comprender todos los cálculos - tiempo esperado, ruta crítica, holguras, costos, etc.- que se han presentado a lo largo de este capítulo; se analizará un ejemplo basado en la instalación de un servidor² en el centro comercial Perisur para el servicio de autorizaciones automáticas en línea.

El primer paso es identificar las actividades a realizar y determinar el tiempo optimista ($t.a$), que es cuando la actividad se ejecuta bajo condiciones extremadamente bien; tiempo pesimista ($t.b$), que es cuando la actividad se ejecuta en condiciones extremadamente malas, y por último el tiempo probable ($t.m$), que es cuando la actividad se ejecuta bajo condiciones normales. En nuestro ejemplo las actividades a realizarse y sus tiempos de duración son:

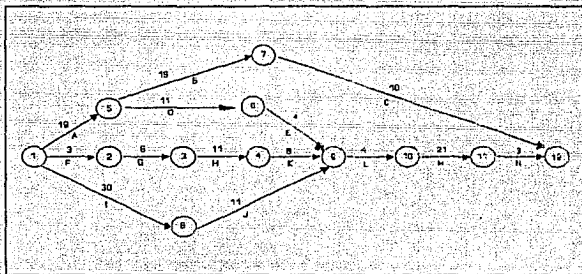
²Capítulo I Transferencia Electrónica de Fondos y Autorizaciones Automáticas en Línea.

Actividad	t.m.	t.a.	t.b.
Cableado del servidor a las cajas reg	18	15	24
Desarrollo del software para el serv.	38	34	54
Instalación de cajas registradoras	10	8	12
Instalación del rayo láser	10	8	18
Pruebas del láser	4	2	6
Asignación del puerto para el serv.	3	2	4
Def. aplicativa del puerto en el S88	5	4	12
Elaboración y trámite de cambios	10	8	15
Contrato de servicio Perisur-Bancomer	12	9	15
Adecuaciones físicas en Bancomer	8.5	4.5	9.5
Adecuaciones físicas en Perisur	18	16	24
Instalación del servidor	4	2	6
Pruebas servidor-sistema 88	20	16	30
Instalación en producción	3	2	4

Como segundo paso establecer la precedencia de las actividades, y calcular el tiempo de duración estimada en base a la fórmula vista anteriormente ($a+b+4m/6$).

Actividad	cod.	rel. prec.	D
Adecuaciones en Perisur	A	-----	19
Cableado para conexión de cajas regis	B	A	19
Instalación de cajas registradoras	C	B	10
Instalación del rayo láser	D	A	11
Pruebas del láser	E	D	4
Asignación del puerto para el serv.	F	-----	3
Def. aplicativa del puerto en el S88	G	F	6
Elaboración y trámite de cambios	H	G	11
Adecuación del software para el serv.	I	-----	40
Contrato de servicio Bancomer-Perisur	J	I	12
Adecuaciones físicas en Bancomer	K	H	8
Instalación del servidor	L	K, J, E	4
Pruebas servidor-sistema 88	M	L	21
Instalación en producción	N	M	3

El siguiente paso es elaborar la red de actividades para obtener las holguras y la ruta crítica:



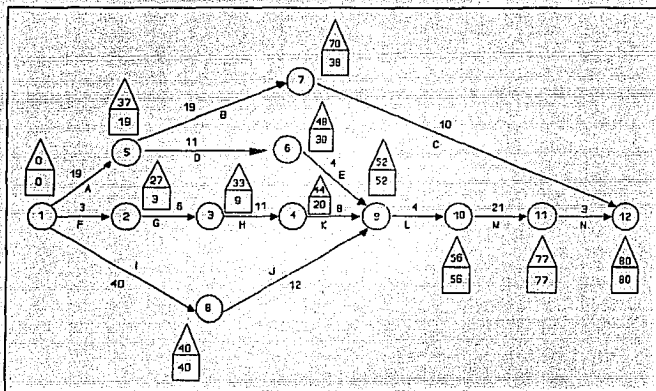
Una vez obtenido el diagrama, como siguiente paso se deben realizar los cálculos en la red para obtener las holguras y la ruta crítica.

Para facilitar la comprensión del diagrama de la red y para saber de qué actividad se está hablando, en lo subsecuente se usará la siguiente notación:

A_{ij} , en donde A representa el código de la actividad, i representa el nodo o vértice inicial y j representa el nodo o vértice final de la actividad.

para obtener la holgura libre y total de cada actividad se usan las fórmulas vistas anteriormente

En nuestro caso la red con los cálculos ya efectuados queda como sigue:



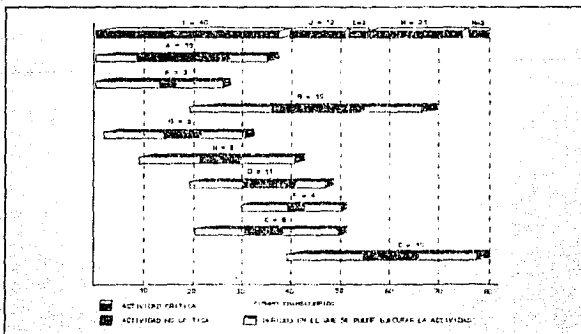
A continuación se construirá la tabla en donde se presentarán las actividades críticas, el valor de las holguras totales y libres para las actividades del proyecto. Además se notará que en algunos valores de las holguras libres y totales de ciertas actividades aparecerá un superíndice *, con el cual se está indicado que se trata de una actividad crítica.

La tabla con las holguras libres y totales de las actividades del proyecto se muestran a continuación:

ACTIVIDAD	D_v	TTC	FTL	HT _v	HL _v
A ₁₅	19	0	37	18	0
F ₁₂	3	0	27	24	0
I ₁₈	40	0	40	0	0
B ₃₇	19	19	70	32	0
G ₂₃	6	3	33	24	0
H ₃₄	11	9	44	24	0
D ₅₆	11	19	48	18	0
E ₄₉	4	30	52	18	18
J ₄₀	12	40	52	0	0
K ₄₉	8	20	52	24	20
C ₇₁₂	10	38	80	32	32
L ₉₁₀	4	52	56	0	0
M ₁₀₁₁	21	56	77	0	0
N ₁₁₁₂	3	77	80	0	0

La ruta crítica esta dada por la secuencia de los arcos I, J, L, M, y N.

El calendario para la ejecución de actividades queda así:



Si el proyecto se ejecuta bajo este plan se tardarían 80 semanas en su terminación, con un costo de \$ 8,250.00

A continuación se presenta la tabla con costos asociados a los tiempos normales y mínimos:

ACTIVIDAD	t_n	C_n	t_c	C_c
A ₁₅	19	1000	14	1500
F ₁₂	3	150	2	200
I ₁₈	40	800	30 ^c	2000 ^c
B ₅₇	19	700	10	1500
G ₂₃	6	200	3	500
H ₃₄	11	300	7	500
D ₅₆	11	2000	8	2600
E ₆₉	4	500	3	700
J ₈₉	12	700	8 ^c	1200 ^c
K ₄₉	8	400	6	600
C ₇₁₂	10	800	6	1400
L ₉₁₀	4	200	2 ^c	500 ^c
M ₁₀₁₁	21	400	18 ^c	900 ^c
N ₁₁₁₂	3	100	3 ^c	100 ^c

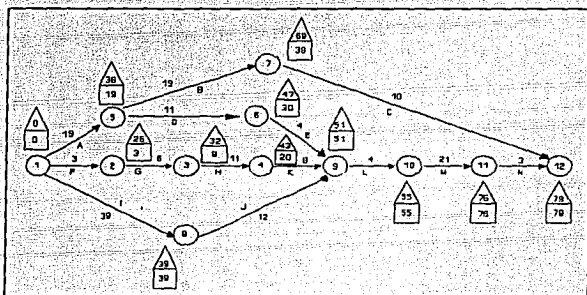
El siguiente paso es calcular el valor absoluto de las pendientes de las actividades en base a sus costos y tiempos, para reducir las actividades críticas a sus tiempos mínimos de terminación; para esto es necesario calcular primero la pendiente de todas las actividades. Las pendientes obtenidas se muestran en la siguiente tabla:

ACTIVIDAD	t_e	C_e	t_c	C_c	pend.
A ₁₅	19	1000	14	1500	100
F ₁₂	3	150	2	200	50
I ₁₈	40	800	30 ^c	2000 ^c	120 ^c
B ₃₇	19	700	10	1500	88.89
G ₂₃	6	200	3	500	100
H ₃₄	11	300	7	500	50
D ₃₆	11	2000	8	2600	200
E ₆₉	4	500	3	700	200
J ₈₉	12	700	8 ^c	1200 ^c	125 ^c
K ₄₉	8	400	6	600	100
C ₇₁₂	10	800	6	1400	150
L ₉₁₀	4	200	2 ^c	500 ^c	150 ^c
M ₁₀₁₁	21	400	18 ^c	900 ^c	167 ^c
N ₁₁₁₂	3	100	3 ^c	100 ^c	--- ^c

Aplicando las reglas dadas anteriormente para la reducción de actividades en sus tiempos mínimos, tenemos que elegir la actividad crítica cuyo valor absoluto de la pendiente sea mas pequeño y es la actividad I₁₈.

Primero se reduce la duración de la actividad en una unidad, segundo se elabora el diagrama de la red, tercero se calculan las holguras libres de las actividades no críticas, y cuarto se determina el límite de holgura libre.

El diagrama de la red queda como sigue:



Por tanto procedemos a calcular las holguras libres de las actividades no críticas cuyo valor de holgura es mayor que cero, por lo que las holguras a calcular son las de las actividades E_6 , K_8 , y C_{11} :

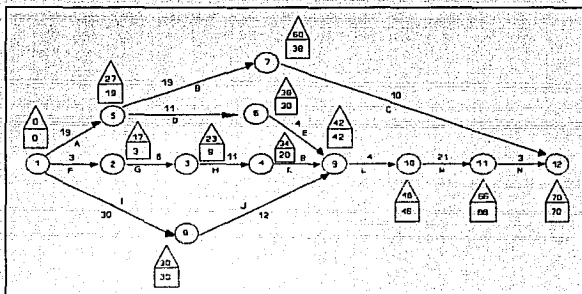
$$\text{para } E_6, HL = 51 - 30 - 4 = 17$$

$$\text{para } K_8, HL = 51 - 20 - 8 = 23$$

$$\text{para } C_{11}, HL = 79 - 38 - 10 = 31$$

podemos ver que las tres holguras se han reducido en una unidad, por lo que el limite de Holgura es igual al $\min \{ 17, 23, 31 \}$, esto implica que la actividad I podríamos reducirla hasta en 17 unidades, pero como su limite de reducción es de 30, solamente la debemos reducir en 10 unidades.

Reduciendo la actividad I_{30} de 40 a 30 el diagrama queda como sigue:

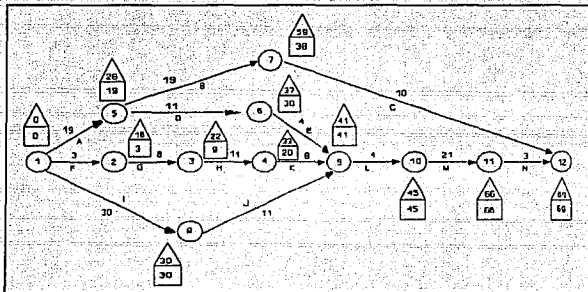


La tabla de todas las holguras queda como sigue:

ACTIVIDAD	D_{ij}	TTC_i	FTL_j	HT_{ij}	HL_{ij}
$A_{1,5}$	19	0	27	0	0
$F_{1,2}$	3	0	17	14	0
$I_{1,8}$	30	0	30	0 ^c	0 ^c
$B_{5,7}$	19	19	60	22	0
$G_{2,3}$	6	3	23	14	0
$H_{3,4}$	11	9	31	11	0
$D_{5,6}$	11	19	38	8	0
$E_{6,9}$	4	30	42	8	8
$J_{8,9}$	12	30	42	0 ^c	0 ^c
$K_{4,6}$	8	20	42	14	14
$C_{7,12}$	10	38	70	22	22
$L_{9,10}$	4	42	46	0 ^c	0 ^c
$M_{10,11}$	21	46	67	0 ^c	0 ^c
$N_{11,12}$	3	67	70	0 ^c	0 ^c

Si el proyecto se ejecuta así el costo sería de $8250 + (40 - 30) 120 = 9450$, y tendría una duración de 70 semanas

El siguiente paso es reducir J_8 , para esto obtenemos primero el límite de holgura reduciendo J_8 en una unidad, el diagrama queda como sigue:



Calculamos las holguras libres de las actividades no críticas E_6 , K_8 y $C_{7,12}$

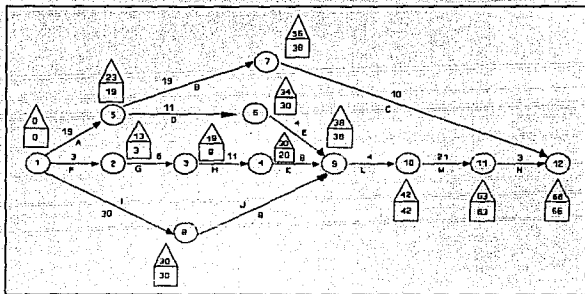
para E_6 , la $HL = 41 - 30 - 4 = 7$

para K_8 , la $HL = 41 - 20 - 8 = 13$

para $C_{7,12}$ la $HL = 69 - 38 - 10 = 21$

En las tres actividades se han reducido sus holguras en una unidad por lo que el límite de holgura libre es el $\min \{ 7, 13, 21 \} = 7$. Con esto podemos reducir la actividad J_8 , de 12 a 8.

Haciendo esta reducción el diagrama queda como sigue:

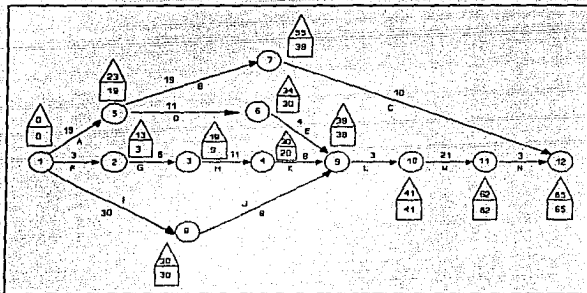


La tabla de las holguras queda como sigue:

ACTIVIDAD	D_{ij}	TTC_{ij}	FTL_{ij}	HL_{ij}^*	HL_{ij}
$A_{1,5}$	19	0	23	4	0
$F_{1,2}$	3	0	13	10	0
$I_{1,8}$	30	0	30	0	0
$B_{5,7}$	19	19	56	18	0
$G_{2,3}$	6	3	19	10	0
$H_{3,4}$	11	9	30	10	0
$D_{5,6}$	11	19	34	4	0
$E_{6,9}$	4	30	38	4	4
$J_{8,9}$	12	30	38	0	0
$K_{4,9}$	8	20	36	10	10
$C_{7,9}$	10	38	66	14	16
$L_{9,10}$	4	38	42	0	0
$M_{10,11}$	21	42	63	0	0
$N_{11,12}$	3	63	66	0	0

Si el proyecto se ejecuta en base a estos datos, tendría una duración de 66 semanas y un costo de $9450 + (12-8) 125 = 9950$

Luego hacemos la reducción en una unidad para ver que tanto se puede reducir la actividad $L_{9,10}$. Por lo que se hace la reducción en una unidad, quedando el diagrama de la red como sigue:



Para obtener el limite de holgura libre se calculan las holguras de la actividades no criticas $E_{6,9}$, $K_{4,9}$ y $C_{7,12}$:

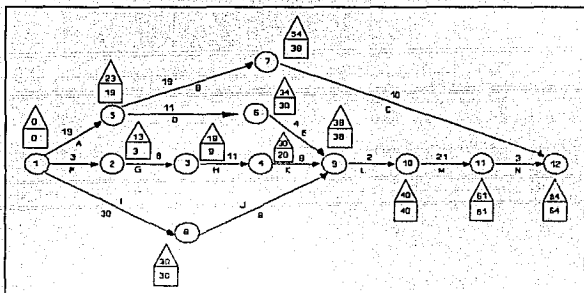
$$\text{para } E_{6,9}, \text{ la HL} = 38 - 30 - 4 = 4$$

$$\text{para } K_{4,9}, \text{ la HL} = 38 - 20 - 8 = 10$$

$$\text{para } C_{7,12}, \text{ la HL} = 65 - 38 - 10 = 17$$

Solamente la holgura de 1 actividad $C_{7,12}$ se redujo por lo que el limite de holgura libre es 18, y por tanto la actividad L la podemos reducir de 4 a 2 unidades de tiempo.

El diagrama de red al reducir la actividad $L_{9,10}$ queda como sigue:

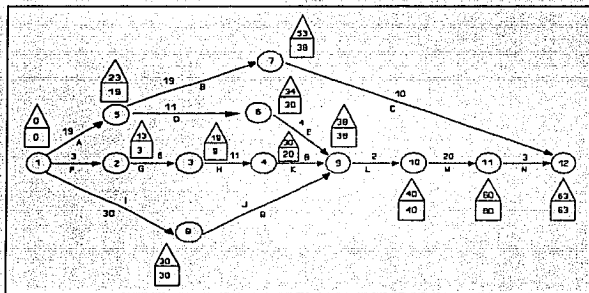


La tabla de las holgas queda como muestra a continuación:

ACTIVIDAD	D_i	TTC_i	FTL_i	HT_i	HL_i
A_{15}	19	0	23	4	0
F_{12}	3	0	13	10	0
I_{12}	30	0	30	0 ^c	0 ^c
B_{37}	19	19	56	18	0
G_{23}	6	3	19	10	0
H_{34}	11	9	30	10	0
D_{36}	11	19	33	4	0
E_{69}	4	30	26	4	4
J_{39}	12	30	36	0 ^c	0 ^c
K_{45}	8	20	36	10	10
$C_{7,12}$	10	38	64	16	10
$L_{9,10}$	4	38	40	0 ^c	0 ^c
$M_{10,11}$	21	40	61	0 ^c	0 ^c
$N_{11,12}$	3	62	64	0 ^c	0 ^c

En base a esto datos si el proyecto se ejecutara tendría una duración de 64 semanas, con un costo de $9950 + (4-2)150 = 10\ 250$

Para terminar con la reducción de tiempos mínimos de las actividades críticas, se debe también reducir la actividad $M_{10,11}$ en una unidad de tiempo para obtener el límite de holgura. Haciendo esto la red queda como sigue:



Se calculan las holguras libres para las actividades no críticas $E_{6,9}$, $K_{4,9}$ y $C_{7,12}$:

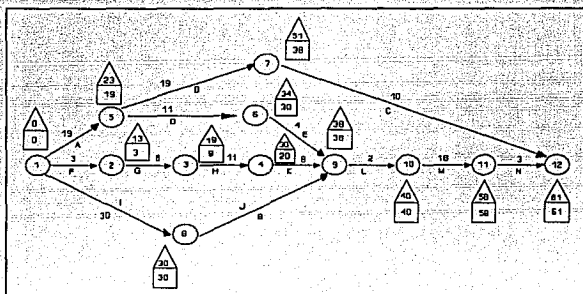
para $E_{6,9}$, la $HL = 38 - 30 - 4 = 4$

para $K_{4,9}$, la $HL = 38 - 8 - 20 = 10$

para $C_{7,12}$, la $HL = 63 - 38 - 10 = 15$

como la holgura de la actividad $C_{7,12}$ fue la única que se redujo en una unidad, el límite de holgura libre es 16, por tal motivo la actividad $M_{10,11}$ puede reducirse de 21 a 18 unidades de tiempo.

El diagrama de la red reduciendo la actividad $M_{10,11}$ de 21 a 18 unidades de tiempo queda como sigue:

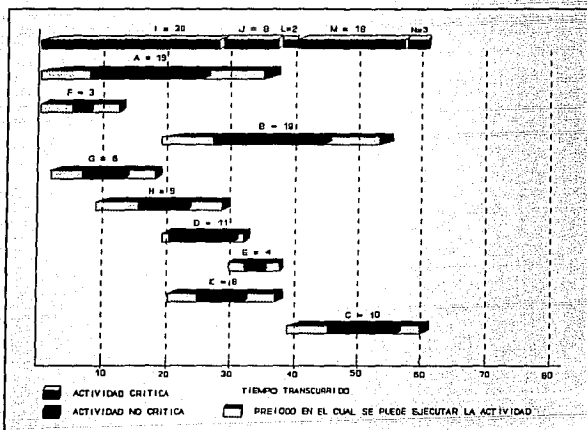


La tabla de las holguras queda como sigue:

ACTIVIDAD	D_i	TTC	FTL _i	HT _i	HL _i
A ₁₅	19	0	23	4	0
F ₁₂	3	0	13	10	0
I ₁₈	30	0	30	0 ^c	0 ^c
B ₅₇	19	19	56	18	0
G ₂₃	6	3	19	10	0
H ₃₄	11	9	30	10	0
D ₅₆	11	19	34	4	0
E ₆₉	4	30	38	4	4
J ₈₉	12	30	38	0 ^c	0 ^c
K ₄₉	8	20	38	10	10
C ₇₁₂	10	38	61	13	13
L ₉₁₀	4	38	40	0 ^c	0 ^c
M ₁₀₁₁	21	40	58	0 ^c	0 ^c
N ₁₁₁₂	3	58	61	0 ^c	0 ^c

Con esto se ha llegado a la reducción de los tiempos mínimos de las actividades críticas. Si el proyecto se realizara con estos tiempos

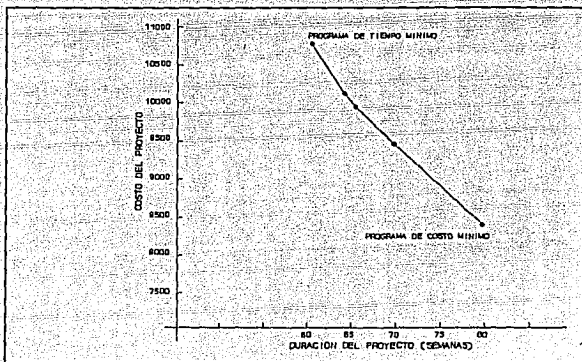
y costos tendría una duración de 61 semanas y un costo de 10 751, el calendario para la ejecución de actividades quedaría de la siguiente manera:



A continuación se presentara una tabla resumen de como fueron cambiando los costos-tiempos del proyecto hasta llegar a su reducción mínima.

	Tiempo	Costo
condiciones normales	80	7, 850
al reducir I de 40 a 30	70	9, 450
al reducir J de 12 a 8	66	9, 950
al reducir L de 4 a 2	64	10, 250
al reducir M de 21 a 18	61	10, 751

El programa de costo mínimo y el de tiempo e mínimo, se presentan en al siguiente grafica:



En la gráfica podemos observar que a medida que se reduce el tiempo para la terminación del proyecto, el costo se eleva hasta llegar al programa de tiempo mínimo, en donde a partir de allí cualquier otra inversión de recursos extras en el proyecto resultaría inútil, ya que no se lograría reducir el tiempo.

2.4 Otra forma de obtener la relación de costos y tiempos usando un paquete de computadora

Es importante señalar que existen paquetes de computación con los cuales se pueden efectuar los cálculos para obtener los tiempos mínimos de duración de cada actividad, asignando recursos adicionales; pero para ello es necesario crear un modelo matemático de la siguiente manera:

- a) La función objetivo siempre será minimizar una cierta función.
- b) las variables independientes van a estar en relación uno a uno con los nodos que forman la red, y
- c) Las restricciones van a estar dadas por la duración de cada actividad.

un poco más formal sería:

Min Z

con $x_i - x_j + R_{ij} \geq d_{ij}$, $R_{ij} \leq V_{ij}$, en donde

x_i es la fecha de iniciación más cercana de las actividades que inician en el nodo i

d_{ij} es la duración de la actividad que va del nodo i al nodo j

R_{ij} es la reducción posible de la duración de la actividad que va del nodo i al nodo j

V_{ij} es el máximo valor posible de R_{ij}

En nuestro ejemplo el modelo queda de la siguiente manera:

MIN X_{12}

con las siguientes restricciones:

$$X_2 - X_1 + R_{12} \geq 3$$

$$X_8 - X_1 + R_{18} \geq 40$$

$$X_5 - X_7 + R_{57} \geq 19$$

$$X_6 - X_5 + R_{56} \geq 11$$

$$X_3 - X_1 + R_{15} \geq 19$$

$$X_3 - X_2 + R_{23} \geq 6$$

$$X_4 - X_3 + R_{34} \geq 11$$

$$X_9 - X_6 + R_{69} \geq 4$$

$$X_9 - X_4 + R_{49} \geq 8$$

$$X_9 - X_8 + R_{89} \geq 12$$

$$X_{12} - X_7 + R_{712} \geq 10$$

$$X_{10} - X_9 + R_{910} \geq 4$$

$$X_{11} - X_{10} + R_{1011} \geq 21$$

$$X_{12} - X_{11} + R_{1112} \geq 3$$

$$R_{15} \leq 5$$

$$R_{12} \leq 1$$

$$R_{18} \leq 10$$

$$R_{57} \leq 9$$

$$R_{56} \leq 3$$

$$R_{23} \leq 3$$

$$R_{34} \leq 4$$

$$R_{69} \leq 1$$

$$R_{49} \leq 2$$

$$R_{89} \leq 4$$

$$R_{712} \leq 4$$

$$R_{910} \leq 2$$

$$R_{1011} \leq 3$$

$$R_{1112} \leq 0 \text{ y además } x_i \geq 0 \text{ para toda } i.$$

CAPITULO III

METODOLOGIA USADA EN BANCOMER

3. Metodología Usada en Bancomer

En el presente capítulo se explicará a grosso modo las técnicas usadas para la planeación de proyectos.

3.1 Metodología propuesta por el área de Sistemas

En primera instancia de 1986 a 1989 se propuso ésta metodología que mas que para planear fue para controlar proyectos apoyada en un sistema que se desarrollo en 1987. La metodología fue propuesta por el área de administración de proyectos y consistía en proporcionar normas, instrucciones, procedimientos para el manejo de la información incluyendo la interpretación de la información proporcionada por el sistema desarrollado y estableciendo reglas básicas para evitar y/o prevenir problemas relacionados con el proyecto.

Por otra parte tal metodología requería que las personas encargadas de los proyectos tuvieran:

- a) Sentido común
- b) Un conocimiento del objetivo del proyecto
- c) Un conocimiento del proceso o parte del proceso que forma parte del proyecto.
- d) Experiencia personal en el campo de planeación y control del proyecto.
- e) Habilidad para identificar los equipos de trabajo que participaran, así como sus responsabilidades.

Los conceptos básicos manejados en la metodología fueron:

- El control del proyecto requiere que primero exista un proyecto.
- El ciclo de desarrollo del proyecto se compone de varias etapas secuenciales y lógicas
- Los sistemas de control deben reflejar la estructura del plan del proyecto (responsabilidades).
- El control del proyecto debe de ser flexible
- Los controles deben de reportar rápidamente las desviaciones.

Los principios básicos del control del proyectos eran:

- La necesidad de distinguir "las operaciones" de Control (carácter técnico), de la función control (Carácter Administrativo).
- El control del proyecto es imposible si no existen "Estandares" de alguna manera prefijados y será tanto mejor cuanto mas precisos y cuantitativos sean dichos estandares.
- El control es mucho mas eficaz y rápido cuando se concentra en los casos en que no se logro lo previsto, mas que en los resultados que se obtuvieron como se habian planeado
- Todo control es imposible si no se compara con un plan previo.
- Para un buen control también es necesario el reporte de

avances, ya que con ello se puede ver el retraso de los proyectos. Estos reportes deben de:

- ser elaborados por los participantes en el proyecto.
- deben de ser periódicos, actualizados, claros y efectivos.
- requieren de actitud objetiva y honesta.

Dado que en la institución los movimientos de personal son relativamente constantes esta metodología ya no es usada; debido a que las personas que la propusieron se dedican a actividades distintas y el personal que llegó a esta área consideró que la metodología no era la adecuada.

3.2 Foundation

Foundation es una herramienta considerada como CASE, la cual permite integrar, planificar, diseñar e instalar y dar mantenimiento a los sistemas de información. A continuación se presentan datos históricos acerca del origen de foundation:

- En 1954 Se desarrolla la primera aplicación.
- 1962 Se Construye una Metodología de desarrollo de sistemas.
- 1972 Se construye el primer diccionario de datos.
- 1977 Se construye la primera arquitectura de aplicaciones.
- 1980 Se desarrolla el Method/1.
- 1984 Se termina el desarrollo de Design/1.
- 1985 Se hace el desarrollo de los Programmer's Workbench.
- 1988 Se desarrolla la primera versión de Foundation
- 1990 Se desarrolla la versión de foundation instalada en Bancomer.

Foundation esta compuesto de tres subsistemas que son:

- a) Method/1. Que proporciona un sistema automático para la evaluación de proyecto, planificación de tareas y gestión, y control, de modificaciones. Este sistema permite generar un plan de trabajo, además de calcular la ruta crítica del plan. Genera un calendario de actividades considerando la fecha de inicio y termino de cada una de las actividades. Genera un horario de actividades de acuerdo al plan.
Por otra parte si hubiese cambio en el plan general permite recalcular la ruta crítica. Además permite modificar el plan haciendo una asignación de recursos adicionales.

Es importante hacer notar que el method/1 nos serviría como una alternativa para la planeación de proyectos.

- b) Design/1. Es un sistema basado en un diccionario para diseñadores y analistas que permite construir diagramas de flujos de datos, modelos de datos y pantallas, así como para generar cualquier tipo de informes
- c) Install/1. Utiliza las especificaciones elaboradas en design/1 para generar programas en cobol, promoviendo la estandarización del proceso de producción de software dado que genera todo lo procesado por las aplicaciones: registros, pantallas SQL, lógica y librerías de copy's.

Foundation como herramienta Case fue introducida a Bancomer bajo los siguientes supuestos:

- . es una herramienta que aumenta la calidad a través de un mejor control en el proceso de desarrollo y de los riesgos de incumplimiento de plazos y costos.
- . Es el inicio de nuevos desarrollos y marca una perspectiva de fuerte demanda de proyectos.
- . Marca un cambio Organizativo que introduce una nueva visión del desarrollo de sistemas.
- . Tiene bajos costos de asimilación.
- . Es una metodología adaptable y abierta, asimismo personalizable a las características de una organización.

Esta herramienta fue instalada en febrero de 1991, en un periodo de 4 meses. y las principales dificultades que se tuvieron en la instalación fueron:

- a) No se tenía una estrategia
- b) Falta de conocimientos sobre la herramienta a instalar por parte del personal.
- c) No se llevo a cabo el proceso de instalación recomendado por el proveedor que vendió el producto.
- d) No se tenía una estadarizacion en el manejo de procesos de producción que recomienda foundation.

Al tener estas dificultades trajo como consecuencia que los resultados obtenidos no fueran satisfactorios, entre los que podemos mencionar:

- a) Solamente tres personas tiene los conocimientos para manejar la foundation.
- b) Las aplicaciones que están bajo esta plataforma son: Clientes, Contabilidad y Cartera.

Por último es importante señalar que actualmente se esta trabajando para llevar a cabo una estrategia, para que en un año el 95 % del personal haga uso adecuado de esta herramienta.

CAPITULO IV

APLICACION A UN CASO CONCRETO

4. Aplicación a un caso concreto

Aplicación de la Metodología propuesta al Proyecto "Transferencia Electrónica de Fondos", para servidores e interredes¹.

Una vez que se ha propuesto la metodología para la planeación de proyectos es necesario demostrar en un caso concreto que dicha metodología es factible de aplicarse, por lo que se elegirá el proyecto de "Transferencia Electrónica de Fondos", para su aplicación.

4.1 Descripción del proyecto

En junio de 1991 se inicia el proyecto "Transferencia Electrónica de Fondos" (TEF), con el objetivo de mantener a Bancomer dentro del mercado de servicios automatizados. Este proyecto consiste en la afectación inmediata de los saldos de los tarjetahabientes y comercios, como resultado de las operaciones efectuadas con tarjetas de crédito y débito.

Los objetivos del proyecto son:

- a) Descentralizar la captura de transacciones al instalar en el Sistema 88 la captura electrónica de datos al momento de recibir la solicitud de autorización.
- b) Instalar el servicio de transferencia electrónica de fondos en las principales cadenas y centros comerciales del país (Interredes y Servidor).

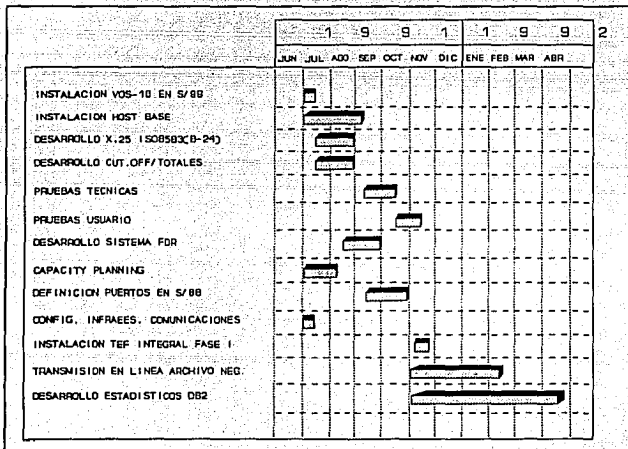
¹Ver Capítulo I "Transferencia Electrónica de Fondos"

- c) Lograr una mayor cobertura en el mercado, ofreciendo servicios automatizados que permitan captar nuevos recursos financieros.

Los beneficios esperados del proyecto son:

- a) Disminución de la captura manual de pagarés al transferir electrónicamente un 80% del volumen actual de operaciones.
- b) Disminución de solicitudes de aclaración al disminuir la captura manual.
- c) Disminución de fraudes y sobregiros en tarjetas de crédito, y por lo tanto, menos quebrantos a la institución.
- d) Liberación de recursos humanos ocupados actualmente en la captura de pagarés.
- e) Eliminación de procesos manuales en los comercios como:
- Planchar el voucher
 - Sumar los vouchers para abono en sucursal
- f) Abono a la cuenta de cheques del comercio al siguiente día en que sea efectuada la operación.

El plan general para la ejecución de las actividades del proyecto es el siguiente:



este plan se obtuvo en una serie de juntas de trabajo que se llevaron a cabo con las áreas involucradas en el proyecto. En cada actividad se le preguntaba al área responsable de su ejecución lo siguiente:

- duración de la actividad
- fecha inicio.
- fecha de terminación.

4.2 Identificación de las actividades

El primer paso que contempla la metodología es la identificación de las actividades a realizar; en el proyecto de transferencia electrónica de fondos las actividades identificadas fueron:

- 1. Instalación del sistema operativo 10 en el sistema 88. Es necesario tener instalada esta versión, ya que de lo contrario es imposible instalar el sistema de transferencia electrónica de fondos.**
- 2. Instalación del versión 5.1 a la 6.2 de ON2. ON2 es el sistema en el cual se desarrolló el sistema de Transferencia Electrónica de Fondos.**
- 3. Diseño del sistema Transferencia Electrónica de Fondos tanto para interredes como plazas o centros comerciales.**
- 4. Desarrollo del sistema de captura electrónica en línea bajo el protocolo de comunicación X.25 formato ISO-8583 base 24, para los comercios interredes.**
- 5. Instalación en producción de sistema de captura electrónica en línea para comercios desarrollado en X.25**
- 6. Diseño del sistema transferencia electrónica de fondos para Switch de Bancomer en X.25**
- 7. Desarrollo del sistema de captura electrónica en línea para el Switch de Bancomer bajo el protocolo X.25 con formato ISO-8583 en base 24.**

8. Pruebas de tipo técnico con el switch en X.25 y el sistema 88. Estas pruebas consisten en lograr la comunicación entre el switch y el sistema 88.
9. Pruebas aplicativas entre el sistema 88 y el switch en X.25. Estas pruebas consisten en probar el software desarrollado para el switch, así como el software desarrollado en el sistema 88.
10. Instalación del switch en X.25 en un comercio piloto, para poder realizar una expansión masiva del servicio.
11. Desarrollo en el sistema 88 del sistema de captura electrónica en línea bajo el protocolo de comunicación SNA/SDLC LUO para los centros comerciales y plazas.
12. Instalación en producción del sistema de captura electrónica en línea desarrollado en SNA/SDLC LUO.
13. Diseño del sistema Transferencia Electrónica de Fondos para el Servidor de Bancomer en SNA/SDLC LUO.
14. Desarrollo del sistema de captura electrónica para el servidor de Bancomer bajo el protocolo SNA/SDLC con formato LUO.
15. Pruebas de tipo técnico con el servidor en SNA/SDLC LUO y el sistema 88. Estas pruebas consisten en lograr la comunicación entre el servidor y el sistema 88.
16. Pruebas aplicativas entre el sistema 88 y el servidor en SNA/SDLC LUO. Estas pruebas consisten en probar el software desarrollado para el servidor, así como el software

desarrollado en el sistema 88.

17. Instalación del servidor en SNA/SDLC LU0 en un comercio piloto para poder expandir el servicio en este tipo de mercado.
18. Elaboración de un estudio de capacidad en el sistema 88 para soportar el servicio de transferencia electrónica de fondos durante los próximos cuatro años, así como de la red de comunicaciones.
19. Crecimiento del modelo 82 al modelo 86 en el sistema 88. Como recomendación del estudio de capacidad en el sistema 88.
20. Crecimiento de puertos en el sistema 88 para soportar en servicio de transferencia electrónica de fondos.
21. Diseño del sistema de reportes (BDR) para el servicio de transferencia electrónica de fondos a nivel nacional. Dicho sistema consiste en la emisión de reportes de todas las transacciones efectuadas por el sistema transferencia electrónica de fondos.
22. Desarrollo del sistema de reportes (BDR) para el servicio de transferencia electrónica de fondos a nivel nacional.
23. Instalación del sistema de reportes de (BDR) en producción.
24. Instalación del sistema transferencia electrónica de fondos desarrollado en SNA/SDLC/LU0 en producción.
25. Liberación a producción del sistema de Transferencia Electrónica de Fondos.

4.3 Elaboración de la tabla de actividades

En el paso dos de la metodología se contempla los siguientes puntos:

- a) **Asignarles un código (símbolo, notación, letra, número, etc.) a cada actividad para poder trabajar mas fácilmente.**
- b) **Ordenarlas de una manera lógica y la relación de precedencia entre ellas.**

llevando a cabo esto tenemos que las actividades quedan de la siguiente manera:

Actividad	Código	Precedencia
Diseño de TEF en sistema 88	A	
Diseño del Switch en X.25	B	
Diseño del Servidor en SNA	C	
Estudio de Capacidad del S88 y Red de comuni.	D	A
Instalación sistema operativo 10. en S88	E	D
Crecimiento de modelo 82 a 86 en Sistema 88	F	D
Crecimiento en puertos en el sistema 88	G	F
Instalación sistema ON2 para TEF	H	E,F
Desarrollo de TEF en X.25	I	H
Instalación en producción de TEF en X.25	J	I
Desarrollo del Switch en X.25	K	B
Desarrollo del Servidor en SNA	L	C
Desarrollo de TEF en SNA	M	I
Instalación en producción de TEF en SNA	N	M
Pruebas comunicación S88 - Switch X.25	O	J,K
Pruebas comunicación S88 - Servidor SNA	P	L,N
Pruebas aplicativas S88-Switch X.25	Q	O
Pruebas aplicativas S88-Servidor SNA	R	P
Diseño de sistema BDR	S	A
Desarrollo de sistema BDR	T	S
Instalación de BDR	U	T
Instalación Piloto de switch en X.25	V	Q
Instalación piloto de Servidor en SNA	W	R
Liberación de TEF	X	V,W

4.4 Tiempo esperado de terminación para cada actividad

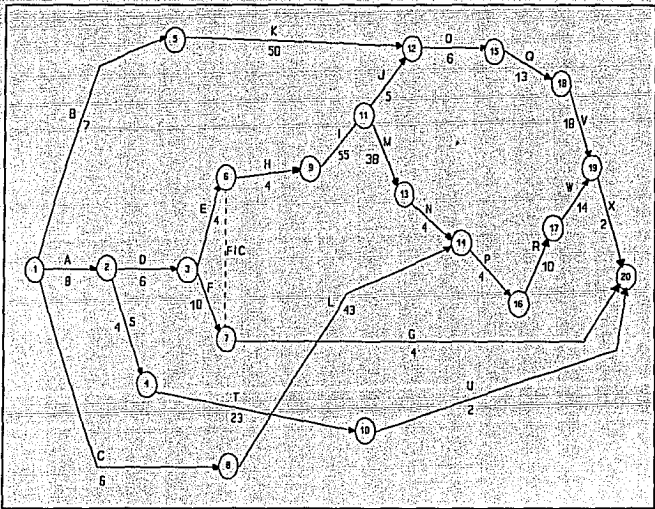
Dado el tiempo pesimista, optimista y normal de cada una de las actividades, se debe calcular el tiempo esperado de terminación de cada una de las actividades conforme a la fórmula propuesta en el capítulo II: $t_e = (a + b + 4m)/(6)$, así la tabla queda como sigue:

Actividad	Precedencia	ta	tb	tm	te
A		5	15	10	8
B		6	12	8	7
C		4	10	8	6
D	A	5	10	8	6
E	D	3	7	4	4
F	D	8	15	10	10
G	F	3	5	4	4
H	E,F	4	5	8	4
I	H	50	70	60	55
J	I	4	10	7	5
K	B	45	65	55	50
L	C	40	50	45	43
M	I	35	45	40	38
N	M	3	7	4	4
O	J,K	5	10	8	6
P	L,N	3	8	5	4
Q	O	10	20	15	13
R	P	8	15	10	10
S	A	4	8	5	4
T	S	20	30	25	23
U	T	1	4	2	2
V	Q	15	25	20	18
W	R	12	18	15	14
X	V,W	1	3	2	2

Cabe señalar que al efectuarse los cálculos anteriores, se ha redondeado el tiempo esperado de terminación de cada actividad.

4.5 Construcción de la red

A continuación se procede a construir la red de PERT, por lo que la red queda de la siguiente manera:



Es importante hacer notar que en la red se ha creado un actividad que no estaba en la tabla anterior, dicha actividad es ficticia (fic) y es necesaria para cumplir con la relación de precedencia que indica la tabla; además de que no afecta a la duración del proyecto ya que no consume tiempo.

La tabla con los cálculos realizados queda como sigue:

Actividad	D _o	FIC _o	FTL _o	HT _o	HL _o
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₅	7	0	60	53	0
C ₁₈	6	0	76	70	0
D ₂₃	6	8	14	0	0
E ₃₆	4	14	18	0	0
F ₃₇	10	14	145	121	0
G ₇₀	4	24	145	121	121
H ₆₉	4	18	22	0	0
I ₉₁₁	55	22	77	0	0
J ₁₁₁₃	5	77	110	28	0
K ₅₁₂	50	7	110	53	25
L ₁₁₄	43	6	119	70	70
M ₁₁₁₃	38	77	115	0	0
N ₁₃₁₄	4	115	119	0	0
O ₁₂₁₅	6	82	116	28	0
P ₁₄₁₆	4	119	123	0	0
Q ₁₂₁₈	13	88	129	28	0
R ₁₆₁₇	10	123	133	0	0
S ₂₈	4	8	124	112	0
T ₄₁₀	23	12	147	112	0
U ₁₀₂₀	2	35	149	112	112
V ₁₈₁₀	18	101	147	28	28
W ₁₇₁₉	14	333	147	0	0
X ₁₉₂₀	2	147	149	0	0

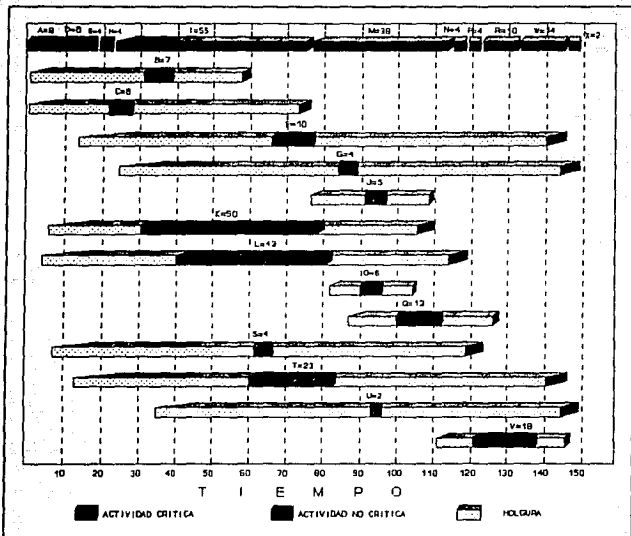
De acuerdo a los visto en el capítulo II, podemos decir que la ruta crítica de nuestra red esta dada por el camino que pasa por los nodos que unen las actividades A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₉, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀.

Por otra parte los tiempos y costos asociados a cada actividad se muestran en la tabla siguiente:

Actividad	t _a	C _a	t _b	C _b
A ₁₂	8	50,000	6	60,000
B ₁₃	7	10,000	7	10,000
C ₁₈	6	10,000	6	10,000
D ₂₃	6	1,000	3	2,500
E ₂₆	4	900	3	1,200
F ₃₇	10	1,500	8	1,800
G ₇₀	4	2,000	4	2,000
H ₈₀	4	20,000	3	25,000
I ₉₁₁	55	200,000	45	240,000
J ₁₁₁₂	5	5,000	4	5,500
K ₅₁₂	50	200,000	45	210,000
L ₈₁₄	43	200,000	48	210,000
M ₁₁₁₃	38	150,000	30	180,000
N ₁₂₁₄	4	5,000	4	5,000
O ₁₂₁₅	6	1,200	4	1,600
P ₁₄₁₆	4	1,000	3	1,200
Q ₁₅₁₈	13	1,500	10	1,800
R ₁₆₁₇	10	1,200	8	1,400
S ₂₈	4	3,000	3	3,100
T ₄₁₀	23	10,000	20	10,600
U ₁₀₂₀	2	2,000	2	2,000
V ₁₈₁₉	18	3,000	12	4,200
W ₁₇₁₉	14	1,800	10	2,400
X ₁₉₂₀	2	1,000	2	1,000

4.8 Plan general de ejecución de actividades

El paso seis contempla la elaboración de un calendario de actividades, el cual será entregado a todo el personal encargado de ejecutar las actividades. El calendario sirve para saber de una manera gráfica en que fechas se deberán ejecutar las actividades del proyecto y cuanto tiempo pueden retrasarse una actividad no crítica. En nuestro ejemplo el calendario de actividades queda como sigue:



4.9 Asignación de Recursos Adicionales

Una vez que se ha calculado la duración total de proyecto bajo costos y tiempos normales, la fase II contempla la asignación de recursos adicionales a cada una de las actividades, con el fin de reducir al menor tiempo posible la duración del proyecto; para ello es necesario realizar los siguientes pasos:

4.9.1 Cálculo del Valor absoluto de las pendientes

Dado que ya se cuenta con la tabla de tiempos normales de duración de las actividades asociadas a sus costos normales y los tiempos mínimos de duración de cada actividad asociados a la asignación de recursos adicionales. Se puede obtener el valor absoluto de la pendiente (costo por unidad de tiempo) de cada una de las actividades. La tabla queda como sigue:

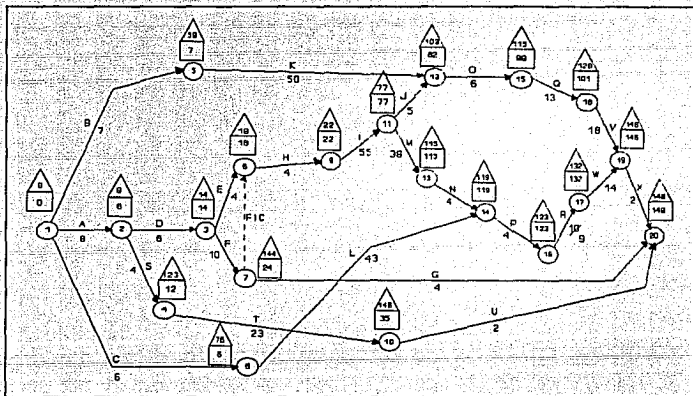
Actividad	t_c	C_c	t_m	C_m	Pend.
A ₁₂	8	50,000	6	60,000	5,000
B ₁₃	7	10,000	7	10,000	---
C ₁₈	6	10,000	6	10,000	---
D ₂₁	6	1,000	3	2,500	500
E ₂₆	4	900	3	1,200	300
F ₂₇	10	1,500	8	1,800	150
G ₇₀	4	2,000	4	2,000	---
H ₆₀	4	20,000	3	25,000	5,000
I ₉₁₁	55	200,000	45	240,000	4,000
J ₁₁₁₂	5	5,000	4	5,500	500
K ₂₁₂	50	200,000	45	210,000	2,000
L ₈₁₄	43	200,000	48	210,000	2,000
M ₁₁₁₂	38	150,000	30	180,000	3,750
N ₁₂₁₄	4	5,000	4	5,000	---
O ₁₁₁₃	6	1,200	4	1,600	100
P ₁₄₁₆	4	1,000	3	1,200	200
Q ₁₂₁₈	13	1,500	10	1,800	100
R ₁₆₁₇	10	1,200	8	1,400	100
S ₂₈	4	3,000	3	3,100	100
T ₄₁₀	23	10,000	20	10,600	200
U ₁₀₂₀	2	2,000	2	2,000	---
V ₁₈₁₉	18	3,000	12	4,200	200
W ₁₇₁₉	14	1,800	10	2,400	150
X ₁₉₂₀	2	1,000	2	1,000	---

4.9.2 Reducción al tiempo mínimo

A) Una vez obtenido el valor absoluto de las pendientes el siguiente paso es reducir las actividades críticas a sus tiempos mínimos de duración, para ello nos basamos en las reglas presentadas en el capítulo II.

Así pues se comenzará a reducir la actividad $R_{16/17}$, ya que es la actividad cuyo valor absoluto de la pendiente es menor a los demás valores absolutos de las actividades críticas.

Por tanto reducimos en 1 la actividad R y la red queda como sigue:



a continuación se procede a calcular el limite de holgura libre, el cual se obtiene calculando las holguras libres de las actividades no criticas, quedando la tabla como sigue:

Actividad	D_v	FIC	FTL	HL
B ₁₅	7	0	59	0
C ₁₈	6	0	76	0
F ₃₇	10	14	144	0
G ₁₂₀	4	24	148	120
J ₁₁₁₂	5	77	109	0
K ₁₁₂	50	7	109	25
L ₄₁₄	43	6	119	70
O ₁₂₁₅	6	82	115	0
Q ₁₃₁₈	13	88	128	0
S ₂₈	4	8	123	0
T ₄₁₀	23	12	146	0
U ₁₀₃₀	2	35	148	111
V ₁₁₁₉	18	101	146	27

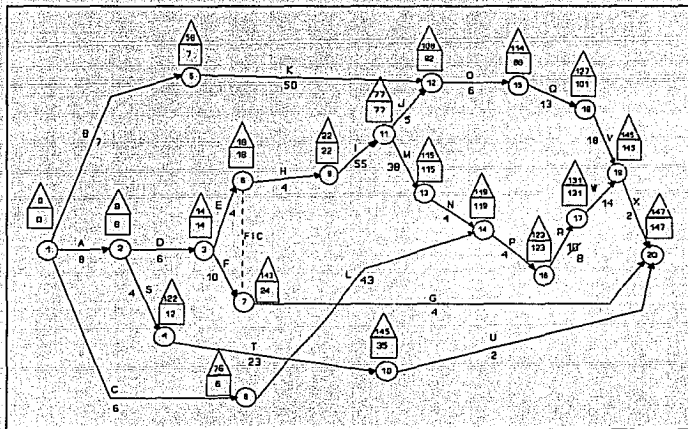
Se puede observar que G, U y V han disminuido su holgura libre en uno, es decir:

G=121 G= 120

U=112 U= 111

V=28 V= 27

Por tanto el límite de holgura es el $\min(120, 111, 28) = 18$, esto quiere decir que la actividad R se puede reducir hasta en 18 unidades, pero como su tiempo mínimo es 8 esto implica que solo se puede reducir en dos unidades, por lo que se reduce de 10 a 8, quedando la red como sigue:

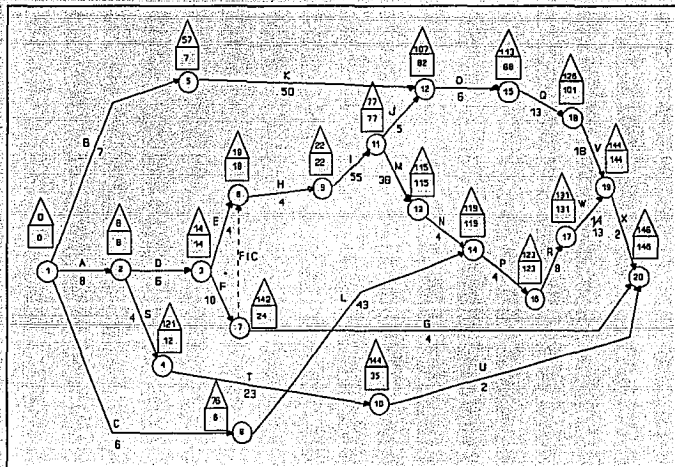


Ahora calculamos las holguras libres y totales para obtener la ruta crítica por lo que la tabla queda como sigue:

Actividad	D_y	FC_y	FTL_y	HT_y	HL_y
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	59	51	0
C ₁₈	6	0	76	70	0
D ₂₃	6	8	14	0	0
E ₃₆	4	14	18	0	0
F ₃₇	10	14	144	119	0
G ₇₀	4	24	148	119	119
H ₆₉	4	18	22	0	0
I ₉₁₁	55	22	77	0	0
J ₁₁₁₂	5	77	109	26	0
K ₃₁₂	50	7	109	51	25
L ₂₁₄	43	6	119	70	70
M ₁₁₁₃	38	77	115	0	0
N ₁₃₁₄	4	115	119	0	0
O ₁₂₁₅	6	82	115	26	0
P ₁₄₁₆	4	119	123	0	0
Q ₁₃₁₈	13	88	128	26	0
R ₁₆₁₇	8	123	131	0	0
S ₂₈	4	8	123	110	0
T ₄₁₀	23	12	146	110	0
U ₁₀₂₀	2	35	148	110	110
V ₁₈₁₉	18	101	146	26	26
W ₁₇₁₉	14	131	145	0	0
X ₁₉₂₀	2	145	147	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₉, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀. Además de que se ha reducido la actividad R a su tiempo mínimo. Si el proyecto se realizara bajo estos tiempos y costos tendría una duración de 147 días y un costo de 881, 300 dólares.

B) Observando la tabla 1 de pendientes vemos que W_{1719} es la actividad que se debe reducir a su tiempo mínimo, ya que es la que tiene pendiente más pequeña después de R_{1617} , por tanto reducimos en 1 la actividad W_{1719} , para calcular el límite de holgura. La red queda como sigue:



La tabla para calcular el limite de holgura queda como sigue:

Actividad	D_g	FC	FTL	HL
B ₁₅	7	0	57	0
C ₁₈	6	0	76	0
F ₃₇	10	14	144	0
G ₇₁₀	4	24	148	118
J ₁₁₁₂	5	77	109	0
K ₁₁₂	50	7	109	25
L ₂₁₄	43	6	119	70
O ₁₂₁₅	6	82	115	0
Q ₁₁₁₈	13	88	128	0
S ₂₈	4	8	123	0
T ₂₁₀	23	12	146	0
U ₁₀₂₀	2	35	148	109
V ₁₈₁₀	18	101	146	25

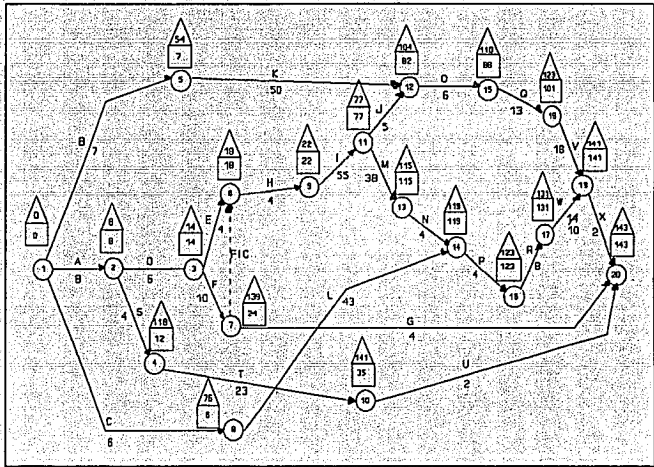
Se puede observar que G, U y V han disminuido su holgura libre en una unidad, es decir:

G=119 G= 118

U=110 U= 109

V=26 V= 25

Esto implica que el limite de holgura libre esta dado por el minimo de {118,109,25} = 25, lo cual quiere decir que la actividad W la podemos reducir hasta en 25 unidades, pero como su duración minima es 10 solamente se reduce en cuatro unidades. Una vez reducida W de 14 a 10 la red queda como sigue:



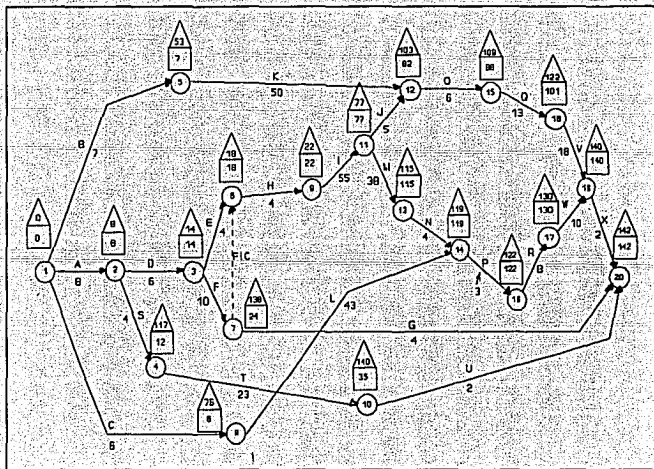
La tabla para obtener la ruta crítica queda como sigue:

Actividad	D_i	FC_i	FTL_i	HT_i	HL_i
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	54	47	0
C ₁₈	6	0	76	70	0
D ₂₃	6	8	14	0	0
E ₃₆	4	14	18	0	0
F ₃₇	10	14	139	115	0
G ₇₀	4	24	143	115	115
H ₆₀	4	18	22	0	0
I ₉₁₁	55	22	77	0	0
J ₁₁₁₂	5	77	104	22	0
K ₃₁₂	50	7	104	47	25
L ₂₁₄	43	6	119	70	70
M ₁₁₁₃	38	77	115	0	0
N ₁₃₁₄	4	115	119	0	0
O ₁₃₁₅	6	82	110	22	0
P ₁₄₁₆	4	119	123	0	0
Q ₁₃₁₈	13	88	123	22	0
R ₁₆₁₇	8	123	131	0	0
S ₂₈	4	8	118	106	0
T ₄₁₀	23	12	141	106	0
U ₁₀₂₀	2	35	143	106	106
V ₁₈₁₉	18	101	141	22	22
W ₁₇₁₉	10	131	141	0	0
X ₁₉₂₀	2	141	143	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₀, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀.

Una vez reducida W₁₇₁₉ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 143 días y un costo \$ 881,900.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo los anteriores supuestos.

C) Observando la tabla 1 de pendientes vemos que P_{1416} es la actividad que se debe reducir a su tiempo mínimo, ya que es la que tiene pendiente más pequeña después de R_{1617} y W_{1719} . Aquí no es necesario calcular el límite de holgura libre puesto que P_{1416} solamente se puede reducir en una unidad, por tanto reducimos en 1 la actividad P_{1416} . la red queda como sigue:



La tabla para obtener la ruta crítica queda de la siguiente manera:

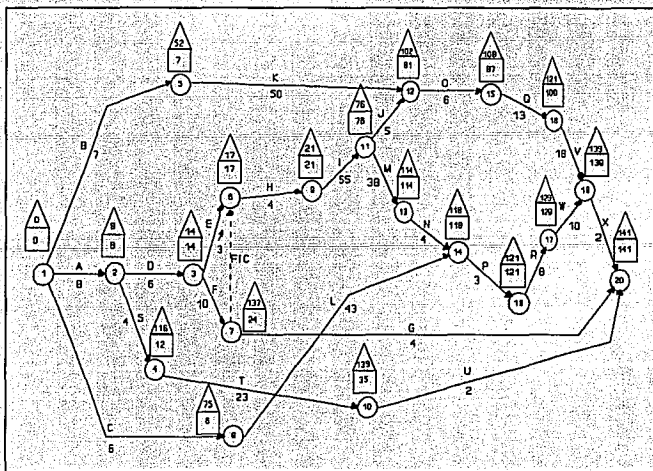
Actividad	D_{ij}	FIG_i	FTL_j	HT_{ij}	HL_{ij}
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	53	46	0
C ₁₈	6	0	76	70	0
D ₂₃	6	8	14	0	0
E ₃₆	4	14	18	0	0
F ₃₇	10	14	138	114	0
G ₇₀	4	24	142	114	114
H ₆₉	4	18	22	0	0
I ₉₁₁	55	22	77	0	0
J ₁₁₁₂	5	77	103	21	0
K ₃₁₂	50	7	103	46	25
L ₂₁₄	43	6	119	70	70
M ₁₁₁₃	38	77	115	0	0
N ₁₃₁₄	4	115	119	0	0
O ₁₂₁₅	6	82	109	21	0
P ₁₄₁₆	3	119	122	0	0
Q ₁₅₁₈	13	88	122	21	0
R ₁₆₁₇	8	122	130	0	0
S ₂₈	4	8	117	105	0
T ₄₁₆	23	12	140	105	0
U ₁₀₂₀	2	35	142	105	105
V ₁₈₁₉	18	101	140	21	21
W ₁₇₁₉	10	130	140	0	0
X ₁₉₂₀	2	140	142	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₉, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀.

Una vez reducida P₁₄₁₆ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 142 días y costo de \$ 882,100.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo los anteriores supuestos.

D) Nuevamente observamos la tabla 1 de las pendientes y podemos ver que la siguiente actividad que se debe reducir a su tiempo mínimo es E_{36} , ya que es la que tiene la siguiente pendiente mas pequeña.

Al igual que P_{1416} , aquí tampoco es necesario calcular el limite de holgura libre puesto que la actividad E_{36} solamente la se puede reducir en una unidad. Así al reducirla en uno la red queda como sigue:



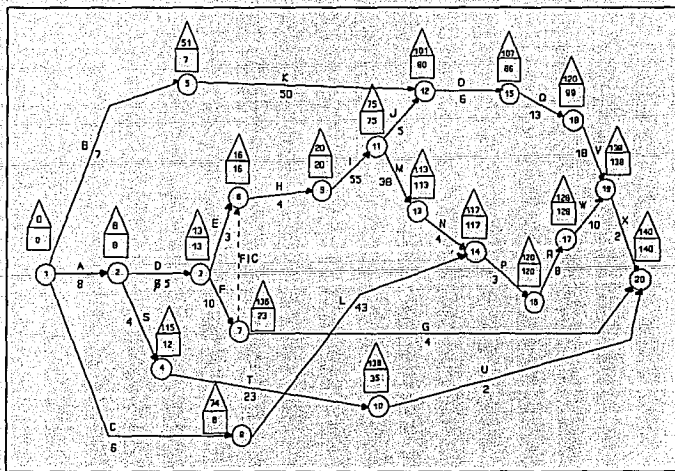
La tabla en donde se obtienen las holguras libre y totales de cada actividad queda como sigue:

Actividad	D_{ij}	FTC_{ij}	FTL_{ij}	HT_{ij}	HL_{ij}
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	52	45	0
C ₁₈	6	0	75	70	0
D ₂₃	6	8	14	0	0
E ₃₆	3	14	17	0	0
F ₃₇	10	14	137	113	0
G ₇₁₀	4	24	141	113	113
H ₆₉	4	17	21	0	0
I ₉₁₁	55	21	76	0	0
J ₁₁₁₂	5	77	102	21	0
K ₅₁₂	50	7	102	46	25
L ₈₁₄	43	6	118	69	69
M ₁₁₁₃	38	76	114	0	0
N ₁₃₁₄	4	114	118	0	0
O ₁₂₁₅	6	81	108	21	0
P ₁₄₁₆	3	118	121	0	0
Q ₁₃₁₈	13	87	121	21	0
R ₁₆₁₇	8	121	129	0	0
S ₂₈	4	8	116	104	0
T ₁₁₀	23	12	139	104	0
U ₁₀₂₀	2	35	141	104	104
V ₁₈₁₉	18	100	139	21	21
W ₁₇₁₉	10	129	139	0	0
X ₁₉₂₀	2	139	141	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₉, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀.

Una vez reducida E₃₆ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 141 días y costo de \$ 882,400.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo los anteriores supuestos.

E) Ahora reducimos la actividad D_{21} a su tiempo mínimo, ya que es la actividad cuyo valor absoluto de la pendiente es mas pequeño que las demás actividades, que no se han reducido a su tiempo mínimo. Aquí si es necesario calcular el limite de holgura, ya que la actividad D_{21} puede reducirse en mas de una unidad, por lo que la red queda como sigue:



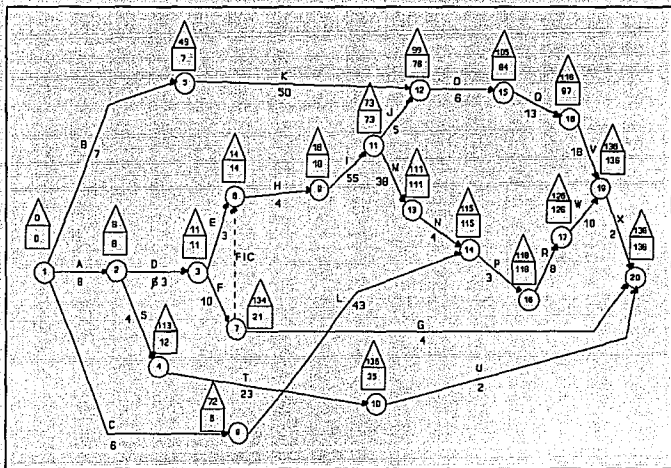
La tabla para obtener el limite de holgura libre queda como sigue:

Actividad	D_j	FF_j	FTL_j	HL_j
B ₁₃	7	0	51	0
C ₁₈	6	0	74	0
F ₂₇	10	13	136	0
G ₇₀	4	23	140	113
J ₁₁₃	5	75	101	0
K ₃₁₂	50	7	101	23
L ₃₁₄	43	6	117	68
O ₁₃₃	6	80	107	0
Q ₁₃₁₈	13	86	120	0
S ₂₈	4	8	115	0
T ₄₀	23	12	138	0
U ₁₀₂₀	2	35	140	103
V ₁₈₁₉	18	99	138	21

Se puede observar que K, L y U han disminuido su holgura libre en una unidad, es decir:

K=24 K= 23
 L=69 L= 68
 U=104 U= 103

Esto implica que el limite de holgura libre esta dado por el mínimo de {23,68,103} = 23, lo cual quiere decir que la actividad D se puede reducir hasta en 25 unidades, pero como su duración mínima es 3 solamente se reduce en tres unidades, por tanto reduciéndola de 6 a 3 la red queda como sigue:



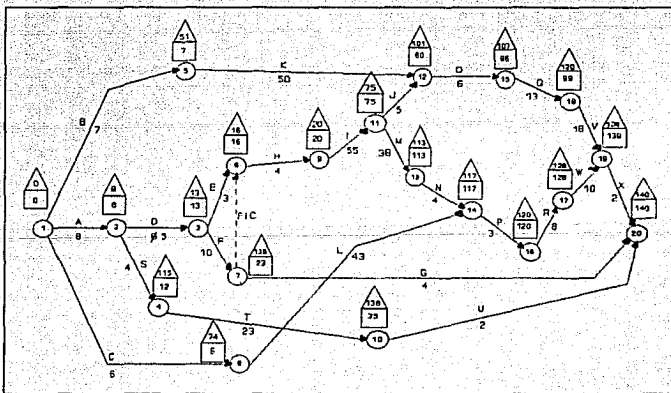
La tabla en donde se calculan las holguras libre y totales de cada actividad para obtener la ruta crítica queda como sigue:

Actividad	D_i	FIC	FTL	HT_0	HL_0
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₅	7	0	49	42	0
C ₁₈	6	0	72	76	0
D ₂₁	3	8	11	0	0
E ₂₆	3	11	14	0	0
F ₁₇	10	11	134	113	0
G ₇₀	4	21	138	113	113
H ₆₉	4	14	18	0	0
I ₉₁₁	55	18	73	0	0
J ₁₁₁₁	5	73	99	21	0
K ₁₁₂	50	7	99	42	21
L ₁₁₄	43	6	115	66	66
M ₁₁₁₁	38	73	111	0	0
N ₁₁₁₄	4	111	115	0	0
O ₁₁₁₁	6	78	105	21	0
P ₁₄₁₆	3	115	118	0	0
Q ₁₁₁₈	13	84	118	21	0
R ₁₆₁₇	8	118	126	0	0
S ₁₈	4	8	113	101	0
T ₁₀	23	12	136	101	0
U ₁₀₂₀	2	35	138	101	101
V ₁₂₁₉	18	97	136	21	21
W ₁₇₁₉	10	126	136	0	0
X ₁₉₂₀	2	136	138	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₁, E₂₆, H₆₉, I₉₁₁, M₁₁₁₁, N₁₁₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀.

Una vez reducida D₂₁ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 138 días y costo de \$ 883,900.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo estas condiciones.

E) Ahora reducimos la actividad M_{1111} a su tiempo mínimo, ya que es la actividad cuyo valor absoluto de la pendiente es mas pequeño que las demás actividades, que no se han reducido a su tiempo mínimo, por lo que es necesario calcular primero el limite de holgura, ya que la actividad M_{1111} puede reducirse mas de una unidad, por lo que la reducir en una unidad M_{1111} , la red queda como sigue:



Así la tabla para calcular el límite de holgura libre para M_{1113} queda como sigue:

Actividad	D_j	FIG_j	FTL_j	HL_j
B_{11}	7	0	48	0
C_{12}	6	0	69	0
F_{17}	10	11	133	0
G_{70}	4	21	137	112
J_{111}	5	73	98	0
K_{511}	50	7	98	21
L_{611}	43	6	114	65
O_{1215}	6	78	104	0
Q_{1311}	13	84	117	0
S_{21}	4	8	112	0
T_{410}	23	12	135	0
U_{1020}	2	35	137	100
V_{1119}	18	97	135	20

Se puede observar que G, L, U y V han disminuido su holgura libre en una unidad, es decir:

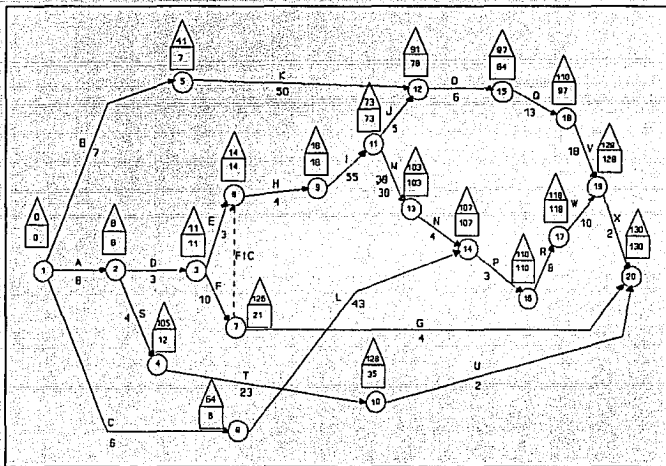
$$G=113 \quad K=112$$

$$L=66 \quad L=65$$

$$U=101 \quad U=100$$

$$V=21 \quad V=20$$

Por lo que el límite de holgura libre está dado por el mínimo de $\{112, 65, 100, 20\} = 20$, lo cual quiere decir que la actividad M se puede reducir hasta en 20 unidades entonces se puede reducir de 38 a 30 unidades, quedando la red como sigue:

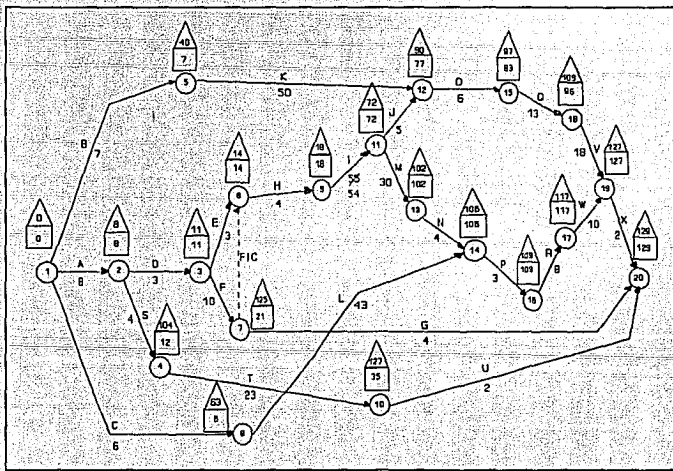


La tabla para obtener la ruta crítica se muestra a continuación:

Actividad	D_0	FIC _i	FTL _i	HT _i	HL ₀
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	41	34	0
C ₁₈	6	0	64	58	0
D ₂₃	3	8	11	0	0
E ₃₅	3	11	14	0	0
F ₃₇	10	11	126	105	0
G ₇₀	4	21	130	105	105
H ₆₀	4	14	18	0	0
I ₉₁₁	55	18	73	0	0
J ₁₁₁₂	5	73	91	13	0
K ₅₁₂	50	7	91	34	21
L ₂₃₄	43	6	107	58	58
M ₁₁₁₃	30	73	103	0	0
N ₁₃₁₄	4	103	107	0	0
O ₁₂₁₅	6	78	97	13	0
P ₁₄₁₆	3	107	110	0	0
Q ₁₅₁₈	13	84	110	13	0
R ₁₆₁₇	8	110	118	0	0
S ₁₈	4	8	105	93	0
T ₄₁₀	23	12	128	93	0
U ₁₀₂₀	2	35	130	93	93
V ₁₈₁₉	18	97	128	13	13
W ₁₇₁₉	10	118	128	0	0
X ₁₉₂₀	2	128	130	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no ha cambiado, por lo que sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₅, H₆₀, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀. Una vez reducida M₁₁₁₃ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 130 días y costo de \$ 913,900.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo los condiciones anteriores.

F) Ahora se reduce la actividad I_{911} a su tiempo mínimo, ya que es la actividad crítica cuyo valor absoluto de su pendiente mas pequeña, que las que faltan por reducir; por tanto se calcula el limite de holgura, ya que la actividad I_{911} puede reducirse en mas de una unidad, por lo que la red queda como sigue:



La tabla para obtener el limite de holgura libre para I_{911} se muestra a continuación:

Actividad	D_0	FIC ₁	FTL ₁	HL ₁
B ₁₁	7	0	40	0
C ₁₈	6	0	63	0
F ₃₇	10	11	125	0
G ₇₁₀	4	21	129	104
J ₁₁₁₂	5	72	90	0
K ₃₁₂	50	7	90	20
L ₈₁₄	43	6	105	57
O ₁₂₁₃	6	77	96	0
Q ₁₃₁₈	13	83	109	0
S ₂₈	4	8	104	0
T ₄₁₀	23	12	135	0
U ₁₀₂₀	2	35	129	92
V ₁₈₁₉	18	96	127	13

Las actividades que ha disminuido su holgura libre en una unidad son:

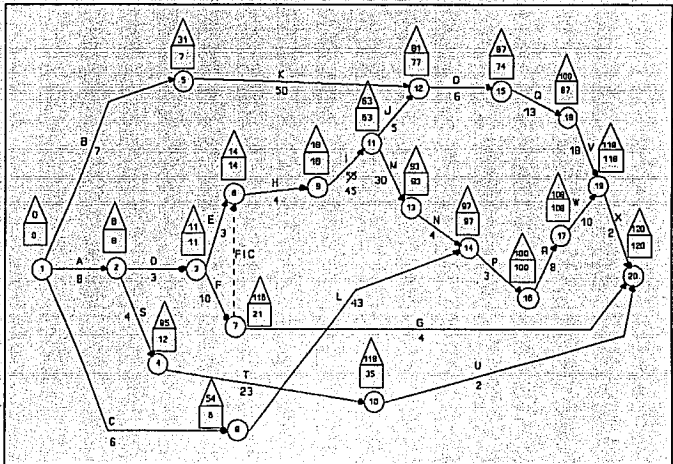
G= 105 G= 104

K= 20 K= 19

L= 58 L= 57

U= 93 U= 92

El limite de holgura esta dado por el mínimo {104,21,57,93} que es igual a 21, así que la actividad I_{911} se puedes reducir en 10 unidades según su tiempo mínimo de duración. Una vez reducida I_{911} en diez unidades la red para calcular las holguras libres y totales de cada actividad queda como sigue:



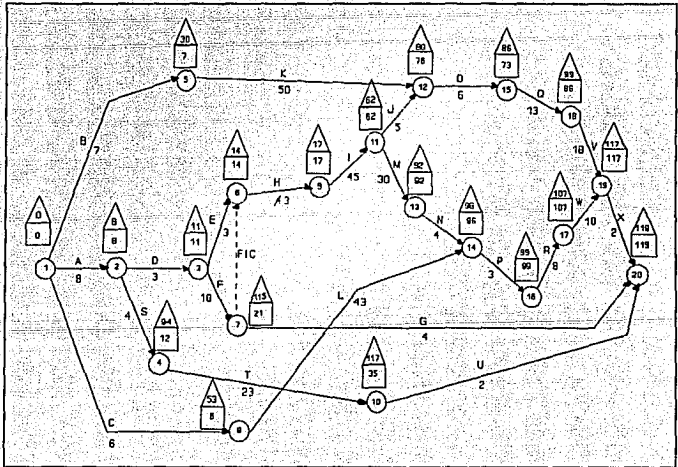
La tabla para obtener la ruta crítica se muestra a continuación:

Actividad	D_{ij}	FC_{ij}	FTL_{ij}	HT_{ij}	HL_{ij}
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	31	24	0
C ₁₈	6	0	54	48	0
D ₂₃	3	8	11	0	0
E ₃₆	3	11	14	0	0
F ₃₇	10	11	116	95	0
G ₇₁₀	4	21	120	95	95
H ₆₀	4	14	18	0	0
I ₉₁₁	45	18	63	0	0
J ₁₁₁₂	5	63	81	13	0
K ₃₁₂	50	7	81	24	11
L ₈₁₄	43	6	97	48	48
M ₁₁₁₃	30	63	93	0	0
N ₁₃₁₄	4	93	97	0	0
O ₁₂₁₃	6	68	87	13	0
P ₁₄₁₆	3	97	100	0	0
Q ₁₃₁₈	13	74	100	13	0
R ₁₆₁₇	8	100	108	0	0
S ₂₈	4	8	95	83	0
T ₄₁₀	23	12	118	83	0
U ₁₀₂₀	2	35	120	83	83
V ₁₈₁₉	18	87	118	13	13
W ₁₇₁₉	10	108	118	0	0
X ₁₉₂₀	2	118	120	0	0

La ruta crítica sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₀, I₉₁₁, M₁₁₁₃, N₁₃₁₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀, ya que son las únicas actividades que tienen holgura libre y total igual a cero.

Una vez reducida I₉₁₁ a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 120 días y costo de \$ 953,900.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo estas condiciones.

G) El siguiente paso es reducir la actividad A₁₇, ó H₆₉, debido a que son las dos actividades críticas que faltan por reducirse, por conveniencia se reduce H₆₉, ya que aquí no es necesario calcular el límite de holgura libre, al reducir en una unidad H₆₉, tenemos que la red queda como sigue:



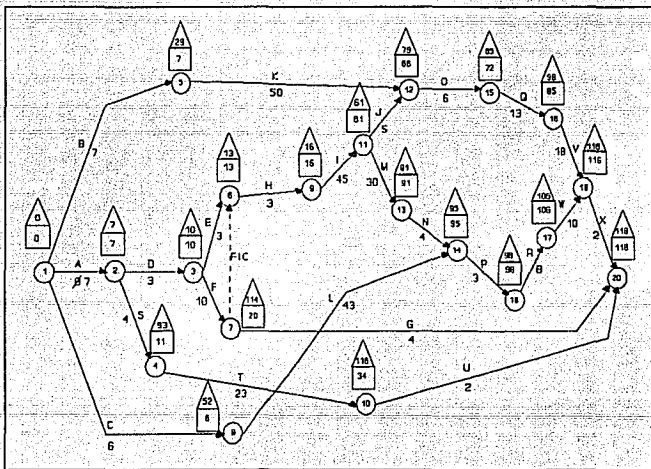
La tabla para obtener la ruta crítica queda como sigue:

Actividad	D_{ij}	FIC_{ij}	FTL_{ij}	HT_{ij}	HL_{ij}
A ₁₂	8	0	8	0	0
B ₁₃	7	0	30	23	0
C ₁₈	6	0	53	47	0
D ₂₃	3	8	11	0	0
E ₃₆	3	11	14	0	0
F ₁₇	10	11	115	94	0
G ₇₀	4	21	119	94	94
H ₆₈	3	14	17	0	0
I ₉₁	45	17	62	0	0
J ₁₁₁	5	62	80	13	0
K ₃₁	50	7	80	23	10
L ₈₄	43	6	96	47	47
M ₁₁₃	30	62	92	0	0
N ₁₃₄	4	92	96	0	0
O ₁₂₃	6	67	86	13	0
P ₁₄₁₆	3	96	99	0	0
Q ₁₅₁₈	13	73	99	13	0
R ₁₆₁₇	8	99	107	0	0
S ₂₈	4	8	94	82	0
T ₄₀	23	12	117	82	0
U ₁₀₂₀	2	35	119	82	82
V ₁₈₁₉	18	86	117	13	13
W ₁₇₁₉	10	107	117	0	0
X ₁₉₂₀	2	117	119	0	0

la ruta crítica sigue siendo A₁₂, D₂₃, E₃₆, H₆₈, I₉₁, M₁₁₃, N₁₃₄, P₁₄₁₆, R₁₆₁₇, W₁₇₁₉, X₁₉₂₀, ya que son las únicas actividades que tienen holgura libre y total igual a cero.

Una vez reducida H₉₁, a su tiempo mínimo se puede afirmar que el proyecto tendría una duración de 119 días y costo de \$ 958,900.00 dólares, si el proyecto se ejecutara bajo los anteriores condiciones.

II) Por último como no se ha desarrollado una nueva ruta crítica se tiene que reducir la actividad A_{12} , por lo que al reducir en una unidad la actividad A_{12} , la red queda como sigue:



La tabla para obtener el limite de holgura queda como sigue:

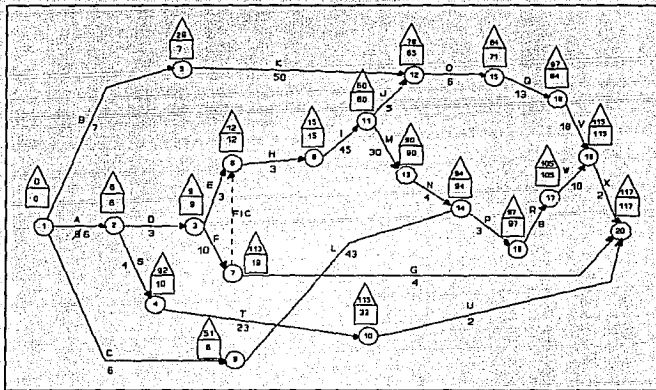
Actividad	D_U	FTC_i	FTL_j	HL_U
B ₁₅	7	0	29	0
C ₁₈	6	0	52	0
F ₂₇	10	10	114	0
G ₇₁₀	4	20	118	94
J ₁₁₁₂	5	61	79	0
K ₅₁₂	50	7	79	9
L ₈₁₄	43	6	9	46
O ₁₂₁₃	6	66	95	0
Q ₁₂₁₈	13	72	98	0
S ₂₈	4	7	93	0
T ₁₁₀	23	11	116	0
U ₁₀₂₀	2	34	118	82
V ₁₈₁₉	18	85	116	13

solamente las actividades G y U han disminuido en una unidad su holgura libre, es decir:

$$G = 95 \quad G = 94$$

$$U = 83 \quad U = 82$$

por tanto el limite de holgura libres es 82, así que la actividad A₁₂ la podemos reducir en las dos unidades que nos indica la tabla de pendientes. La red al reducir A₁₂ de 8 a 6 queda como sigue:



La tabla para obtener la ruta crítica se muestra a continuación:

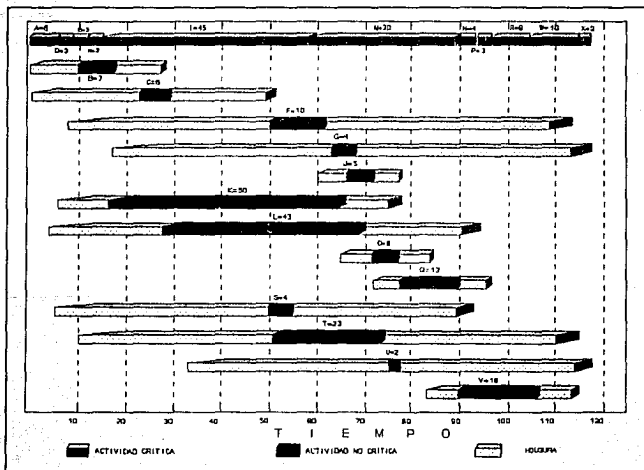
Actividad	D_j	FIC _j	FTL _j	HT _j	HL _j
A ₁₂	6	0	6	0	0
B ₁₅	7	0	28	21	0
C ₁₈	6	0	51	45	0
D ₂₃	3	6	9	0	0
E ₃₆	3	9	12	0	0
F ₃₇	10	9	113	94	0
G ₇₁₀	4	19	117	94	94
H ₆₉	3	12	15	0	0
I ₉₁₁	45	15	60	0	0
J ₁₁₁₂	5	60	78	13	0
K ₉₁₂	50	7	78	21	8
L ₈₁₄	43	6	94	45	45
M ₁₁₁₂	30	60	90	0	0
N ₁₂₁₄	4	90	94	0	0
O ₁₂₁₅	6	65	84	13	0
P ₁₄₁₆	3	94	97	0	0
Q ₁₃₁₈	13	71	97	13	0
R ₁₆₁₇	8	97	105	0	0
S ₂₈	4	6	92	82	0
T ₄₁₀	23	10	115	82	0
U ₁₀₂₀	2	33	117	82	82
V ₁₈₁₉	18	84	115	13	13
W ₁₇₁₉	10	105	115	0	0
X ₁₉₂₀	2	115	117	0	0

Se puede observar que la ruta crítica no cambio al reducir todas las actividades críticas a sus tiempo mínimos de duración, así si el proyecto se ejecutara bajo esta condiciones tendría un costo de \$ 963,900.00 US dólares y una duración de 117 días.

Cabe señalar que cualquier otra asignación de recursos adicionales

a este proyecto, con el fin de terminar el proyecto lo mas pronto posible resultaría inútil, debido a que las actividades de la ruta crítica ya no se pueden reducir más.

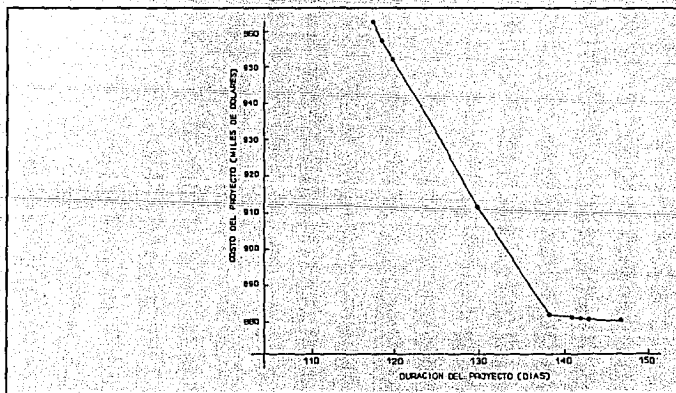
Si el proyecto se ejecutará con la asignación de los recursos adicionales, el plan calendario para las personas involucradas en la ejecución del proyecto quedaría de la siguiente manera:



La tabla de como fueron cambiando los costos Y tiempos de duración del proyecto se muestran a continuación:

DURACION DEL PROYECTO	COSTO DEL PROYECTO
147	\$ 881,300.00 DLLS
143	\$ 881,900.00 DLLS
142	\$ 882,100.00 DLLS
141	\$ 882,400.00 DLLS
138	\$ 883,900.00 DLLS
130	\$ 913,900.00 DLLS
120	\$ 953,900.00 DLLS
119	\$ 958,900.00 DLLS
117	\$ 963,900.00 DLLS

La gráfica para mostrar el programa de tiempo mínimo se presenta a continuación:



CONCLUSIONES.

Conclusiones

Sobre el capítulo uno se puede afirmar que la metodología de PERT/CPM es factible de aplicarse para planear la solución a los problemas existentes en los Medios alternos.

En el capítulo dos se ha presentado la metodología de PERT/CPM de una manera sencilla y fácil de entender; y en caso de tener dudas sobre el uso de esta metodología se puede consultar el capítulo cuatro, en el cual se demuestra su factibilidad de aplicación al proyecto de Transferencia Electrónica de Fondos.

Del capítulo tres se puede decir que la Institución a realizado gastos excesivos para que la plataforma de Foundation sea usada por el área de sistemas, sin embargo los resultados han sido poco alentadores, dado que se tienen muchos problemas para fomentar el uso de esta herramienta; entre los cuales podemos mencionar las pocas personas que cuentan con los conocimientos necesarios para hacer uso de ella.

Por tal motivo la metodología de PERT/CPM debe de ser considerada por la institución como una alternativa para la planeación de proyectos, ya que de la plataforma de foundation el Method/1 es el subsistema que actualmente no se ha usado en el Banco. Además de que la metodología de PERT/CPM es fácil de entender y no implicaría gastos para la institución.

Por otra parte es importante señalar que al aplicar la metodología de PERT/CPM, se debe tener cuidado al determinar los tiempos de

duración de las actividades que componen el proyecto, ya que fue en este punto en cual enfrente mayores problemas al aplicar dicha metodología (proyecto Transferencia Electrónica de Fondos); esto se debe a que en la realización de alguna actividad pueden estar involucradas distintas áreas, las cuales no pueden estar bien coordinadas y por tanto la actividad no se termine en los tiempos establecidos en el plan.

Por último el presente trabajo puede servir como un texto de consulta para los alumnos que estudian carreras en donde se imparte la materia investigaciones de operaciones, ya que en éste se presenta de manera real la factibilidad de su aplicación en la realidad.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.

Investigación de Operaciones

Hamdy A. Taha

Segunda Edición

Editorial Alfa Omega

Investigación de Operaciones en

la Ciencia Administrativa

G.D. Eppen/F.J. Gould

Primera Edición

Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana

Modelos Cuantitativos para Administración

K. Roscoe Davis/Patrick Mckeown

Grupo Editorial Iberoamericano

Operations Research and Quantitative Economics

an Elementary Introduction

Henri Theil/John C.G. Boot/Teun Kloek

Editorial McGraw-Hill Book Company

Revistas

Foundation

Three Year Development Plan

Andersen Consulting

1988

Method/1

Optimizing Systems Development Through

Automated Methodology and Project Management

Andersen Consulting

1989

Bibliografía

Design/1

*Enhancing Your Systems Analysis and Design
Potential Through Automated Design
Andersen Consulting
1989*

Install/1

*Managing Systems Implementation and
Support through Automated Application Generation
Andersen Consulting
1989*