# FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

**LII 842**

**PROFESOR: MTRO. ALEJANDRO SALAZAR GUERRERO**

1. **GENERACIÓN DE LA IDEA Y PERFIL DEL PROYECTO**
   1.1. Generación de la idea
   1.2. Evaluación de la idea
   1.3. Selección de la idea
   1.4. Desarrollo y prueba del concepto
   1.5. Perfil del proyecto

2. **ESTUDIO DE MERCADO**
   2.1. Segmentación de mercado
      2.1.1. Selección y evaluación del mercado meta
      2.1.2. Estrategias de posicionamiento del mercado meta
   2.2. Estrategia del producto o servicio
      2.2.1. Atributos del producto
      2.2.2. Estrategias de marca
      2.2.3. Estrategias de envasado y etiquetado
      2.2.4. Estrategias de servicios de apoyo
      2.2.5. Estrategias de líneas de productos y mezcla de productos
      2.2.6. Ciclo de vida
   2.3. Análisis de la demanda
      2.3.1. Clasificación de la demanda
      2.3.2. Área de mercado
      2.3.3. Tipificación de los demandantes
      2.3.4. Estimación de la demanda actual
      2.3.5. Proyección de la demanda
      2.3.6. Factores que afectan la demanda
   2.4. Análisis de la oferta
      2.4.1. Clasificación de la oferta
      2.4.2. Determinación de la oferta actual
      2.4.3. Proyección de la oferta
      2.4.4. Factores que afectan la oferta
   2.5. Comercialización
      2.5.1. Análisis de precios
      2.5.2. Estrategias de canales de distribución
      2.5.3. Estrategias de promoción y publicidad

3. **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA**
   3.1. Análisis de la cadena de valor
      3.1.1. Crear un valor para el cliente
      3.1.2. Identificación de los elementos de la cadena de valor
   3.2. Planeación estratégica
      3.2.1. Definición de misión, visión, valores y políticas de la empresa
      3.2.2. Análisis FODA
      3.2.3. Identificar factores críticos para el éxito

3.3. Tamaño o capacidad del proyecto
- 3.3.1. Capacidad de diseño
- 3.3.2. Capacidad del sistema
- 3.3.3. Capacidad real de operación

3.4. Programa de producción / ventas

3.5. Localización general y específica de la planta
- 3.5.1. Macro localización
- 3.5.2. Micro localización
- 3.5.3. Evaluación de las alternativas de localización
- 3.5.4. Localización específica

3.6. Ingeniería del proyecto
- 3.6.1. Definición técnica del producto
- 3.6.2. Planos y especificaciones
- 3.6.3. Descripción y diseño del proceso
  - 3.6.3.1. Definición de las áreas
  - 3.6.3.2. Diagrama de flujo de operaciones
- 3.6.4. Selección de tecnología
- 3.6.5. Materia prima (MP)
  - 3.6.5.1. Caracterización de la materia prima
  - 3.6.5.2. Determinación de los requerimientos de materia prima
  - 3.6.5.3. Determinación de la disponibilidad de la MP
- 3.6.6.Recursos humanos
  - 3.6.6.1. Estimación de requerimientos de mano de obra
  - 3.6.6.2. Determinación de la disponibilidad de mano de obra
- 3.6.7. Maquinaria y equipo
  - 3.6.7.1. Selección del equipo de producción
  - 3.6.7.2. Selección del equipo de manejo de materiales
- 3.6.8. Edificios e instalaciones
  - 3.6.8.1. Determinación de los requerimientos de espacio
  - 3.6.8.2. Distribución de instalaciones

## 4. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

4.1. Estructura de las inversiones y presupuesto de inversión
- 4.1.1. Inversión fija
- 4.1.2. Inversión diferida
- 4.1.3. Capital de trabajo

4.2. Fuentes y estructura de financiamiento
- 4.2.1. Amortización
- 4.2.2. Evaluación del financiamiento

4.3. Punto de equilibrio
- 4.3.1. Punto de equilibrio simple
- 4.3.2. Punto de equilibrio de operación
- 4.3.3. Punto de equilibrio financiero

## 5. FACTIBILIDAD FINANCIERA

5.1. Análisis de estados financiero
- 5.1.1. Flujo ampliado de ingresos y egresos
- 5.1.2. Inflación
- 5.1.3. Impuestos

5.2. Evaluación financiera
    5.2.1. Tasa interna de retorno
    5.2.2. Valor presente
5.3. Análisis de sensibilidad
    5.3.1. Incremento del proyecto
    5.3.2. Reducción de los ingresos
    5.3.3. Incremento de los costos
    5.3.4. Prueba del ácido

**6. EVALUACIÓN SOCIAL**

6.1. Impacto ecológico
    6.1.1. Legislación y normatividad ambiental
    6.1.2. Uso de energía
    6.1.3. Uso de agua
    6.1.4. Uso de aire
    6.1.5. Uso de suelo
    6.1.6. Generación y disposición de residuos peligrosos
6.2. Impacto social
    6.2.1. Infraestructura social
    6.2.2. Generación de empleos directos e indirectos
    6.2.3. Impacto económico

**7. REPRESENTACIÓN DE UN PROYECTO MEDIANTE UNA RED**

7.1. Redes de actividades
    7.1.1. Elementos de una red
    7.1.2. Red con actividades en nodos
    7.1.3. Red con actividades en las flechas
7.2. Análisis de redes de actividades
    7.2.1. CPM
    7.2.2. PERT
7.3. Cálculos de la ruta crítica
    7.3.1. Determinación de la ruta crítica
    7.3.2. Determinación de las holguras
7.4. Probabilidad de cumplimiento de la programación del proyecto

**8. OPTIMIZACIÓN DE REDES DE ACTIVIDADES**

8.1. Relaciones tiempo-costo
    8.1.1. Conceptos de costo contra tiempo
    8.1.2. Método de reducción por ciclos
    8.1.3. Método aproximado de Siemens (SAM)
8.2. Organización de los recursos
    8.2.1. Asignación de recursos
    8.2.2. Balanceo de recursos

**9. CONTROL Y CIERRE DEL PROYECTO**

9.1. Control: importancia y métodos de control
    9.1.1. Gráficas de avance
    9.1.2. Gráficas de rendimiento
9.2. Cierre del proyecto
    9.2.1. Objetivo del cierre del proyecto
    9.2.2. Aceptación del proyecto
    9.2.3. Informe de cierre del proyecto
    9.2.4. Evaluación y retroalimentación

**10. PROYECTO EJECUTIVO**

10.1. Proyecto ejecutivo
10.2. Plan de negocios
    10.2.1. Esquema de NAFIN
    10.2.2. Esquema de BANCOMEXT
    10.2.3. Esquema de Banco Mundial
    10.2.4. Otros esquemas

## 7. REPRESENTACIÓN DE UN PROYECTO MEDIANTE UNA RED

### 7.1. Redes de actividades

#### 7.1.1. Elementos de una red

Estos elementos son:

a).-Actividad.

Representa el trabajo que tiene que ser realizado, el cual forma parte del proyecto integral:

-Se representa con una fecha.

-No tiene magnitud ,pero si direccion ya que debe ir siempre de izquierda a derecha .

-Consume tiempo y recursos

b).-Evento.

Es la concurrencia en un punto del tiempo, en el cual se inician o se terminan una o varias actividades:

-Se representa por un circulo.

-Es un punto de control en el plan

-Ocupa sólo un instante en el tiempo.

c).-Principio de dependencia.

-Un evento no puede alcanzarse hasta que la actividad que lo precede no se haya completado.

-Una actividad no puede empezar hasta que el evento que le precede no se haya consumado.

-Todo evento lleva antes una actividad, excepto el primero.

d).-Tipos de actividad.

Las actividades pueden considerarse de acuerdo con el principio de dependencia, como:

-Precedentes
o

-Sucesoras.

Las cuales pueden ser:reales,virtuales o de espera.

7.1.2. Red con actividades en nodos

**a) CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA RED DE ACTIVIDADES.**

El Método del Camino Crítico es una parte de la fase administrativa de planeación que se encarga de la programación, ejecución y control de un proyecto que deba realizarse con aprovechamiento óptimo de tiempo y costos destinados al mismo. No solo se denomina Camino Crítico al sistema total, sino también se le llama así a la serie de actividades, a partir de la iniciación y hasta la terminación del proyecto que no tienen posibilidad de variación en su tiempo de ejecución, ya que si una de ellas retrasara el proyecto total sufrirá el mismo efecto. También se entiende por camino crítico a la secuencia de actividades que ocupan el mayor tiempo de ejecución del proyecto y con lo cual definen la duración total del mismo.

El Método del Camina Crítico tiene una variada gama de aplicaciones dentro de la administración moderna, además de aquellas correspondientes a la industria de la construcción o de procesos industriales. Algunos de los proyectos de carácter administrativo financiero o mercadotécnico que pueden ser desarrollados mediante el Método del Camino Crítico son:

- Lanzamiento de un nuevo producto al mercado.
- Instalación y puesta en marcha de un sistema de Cómputo Electrónico.
- Preparación del presupuesto de una empresa.
- Realización de Auditorias de Estados Financieros.
- Etc.
- Prevaleciendo como características de los proyectos el que:
- No sean cíclicos o repetitivos dentro del trabajo cotidiano.
- Se busque realizarlos con el óptimo aprovechamiento de los recursos financieros, humanos y materiales dentro del tiempo programado.

**b) SÍMBOLOS PARA ELABORAR UNA RED DE ACTIVIDADES.**

**c) PASOS PARA ELABORAR UNA RED DE ACTIVIDADES.**

PASOS: En todo proyecto será necesario dividir el Método del Camino Crítico en dos etapas:

1.- Planeación y Programación

2.- Ejecución y Control

a) Definición y Objetivos del Proyecto. En él se evalúa la factibilidad de éxito del mismo, si se cuenta con los recursos necesarios, así como la época más viable para el inicio tomando en cuenta las necesidades de la empresa y sus directivos, la carga del trabajo en determinadas temporadas, etc.

b) Lista de Actividades a realizar. Es el detalle de las funciones a ejecutar ya sean físicas o mentales, que integran procesos o fases que se interrelacionan en el desarrollo de un proyecto.

c) Matrices o tablas de información –Matriz de antecedentes y secuencias.-esta tabla de información permite interrelacionar las actividades indicando cuáles deberán ser elaboradas antes o después según la secuencia del desarrollo del proyecto. Para ser llenada se prepara una hoja con 4 columnas cuyos encabezados son: Antecedentes, Actividad Num., Secuencias y Anotaciones. –Matriz de tiempos.- Se procede a elaborar la correspondiente a los tiempos estimados para la realización de cada actividad programada y así obtener la duración total de un proyecto. Aplicando la fórmula PERT permitirá calcular el tiempo estándar (te) el cual será usado en el proyecto. Tiempo óptimo (o) representa el mínimo posible de consumir la actividad. Tiempo Normal (M) es el que en condiciones normales se necesita para la ejecución de las actividades programadas. Tiempo pésimo (p) es el máximo necesario para realizar la actividad si todo saliera mal. Tiempo estándar (te)

$$te = \frac{o + 4M + p}{6}$$

- Matriz de costos y pendientes.- Se solicita a los responsables del proyecto que proporcionen el costo expresado en unidades monetarias; ya con los datos solicitados se calcula la pendiente (m) que es la relación que guardan el tiempo y el costo.

d) Red o gráfica de actividades (símbolos).Se llama así a la representación gráfica de la matriz de antecedentes, secuencias y tiempos, mediante ella es posible mostrar en forma clara y comprensible la relación, interrelación, secuencias, etc., de las actividades a realizar así como el camino crítico.

Las actividades se representan mediante flechas las cuales indican el tiempo que se ocupará en su realización.

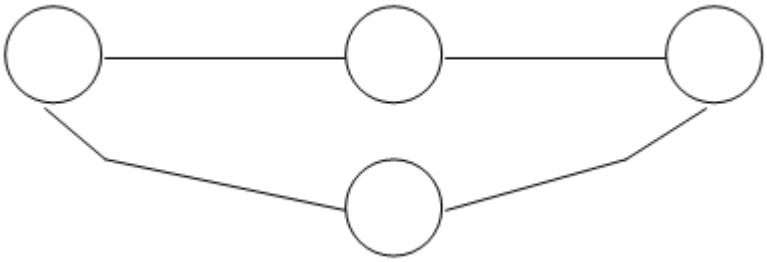
Estas flechas pueden ser rectas, curvas, quebradas, etc., según las necesidades en el trazo de la red, ejemplos:

En algunos casos , al trazar la red, es necesario indicar la relación de una actividad con otro u oras, para lo cual es necesario dibujar flechas que indiquen dicha relación; este tipo de flechas, al no representar consumo de tiempo y/o recursos, se dibujan en forma punteada, ejemplos:

A estas actividades se les conoce con los nombres de actividades ficticias o “ligas”.

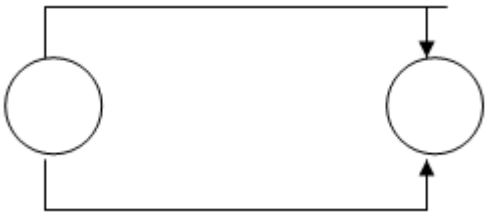
Todas las se dibujarán de izquierda a derecha (a excepción de aquellas actividades reales que por ser muy breve su duración se represente con cero de tiempo y por lo tanto se dibujarán en forma ascendente o descendiente), y tanto al inicio como al término de cada una de ellas es necesario dibujar un pequeño círculo (o) el cual se denomina como “evento” o “nodo”, los que señalarán el principio o fin de la actividad, ejemplos:

Al evento de iniciación se le conoce como evento “i” y al de la finalización como evento “j”, el evento final de una actividad será el inicial de la actividad siguiente. De un evento pueden iniciar o terminar varias actividades, ejemplo:

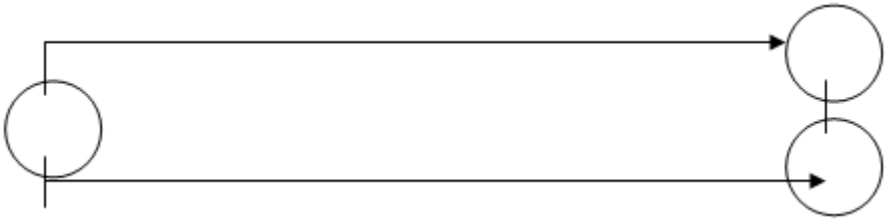


Al dibujar la Red es conveniente evitar:

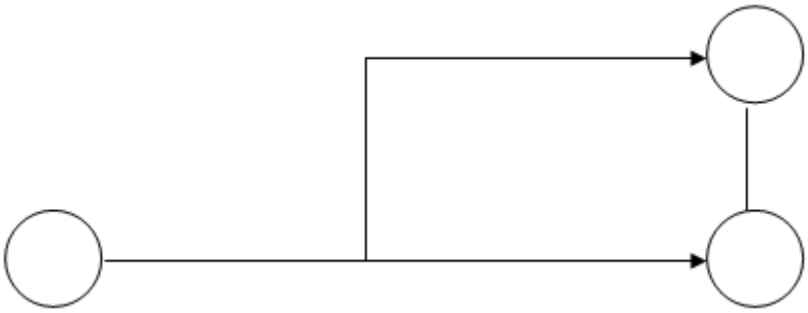
1) Que dos o más actividades que inicien de un mismo evento terminen, también, en un mismo evento, ejemplo:



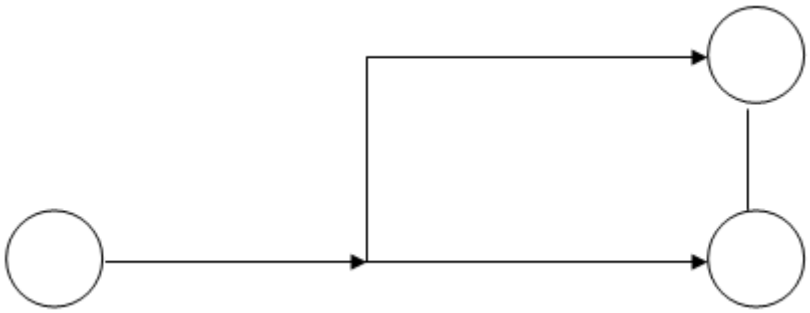
Ya que puede provocar error al interpretarla, por lo que se recomienda el uso de luna "liga" o actividad ficticia para relacionarlos, ejemplo:



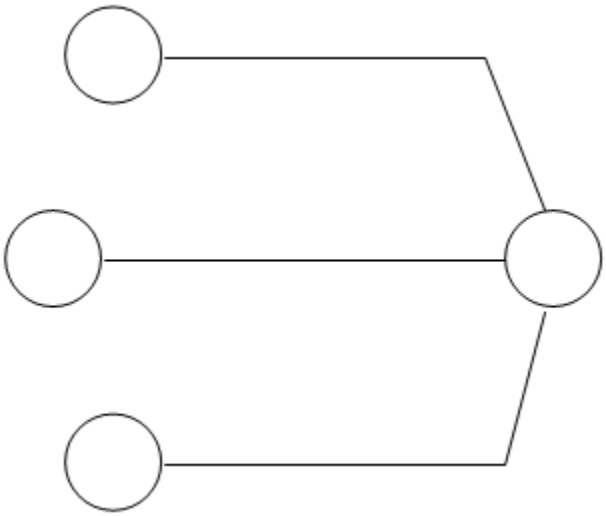
2) No puede iniciar una actividad a la mitad de la otra.



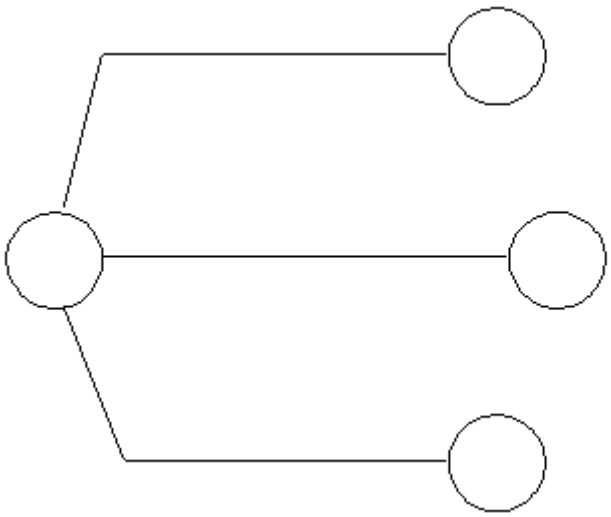
Y para evitarlo es necesario dividir en dos la actividad en donde se origine el problema.



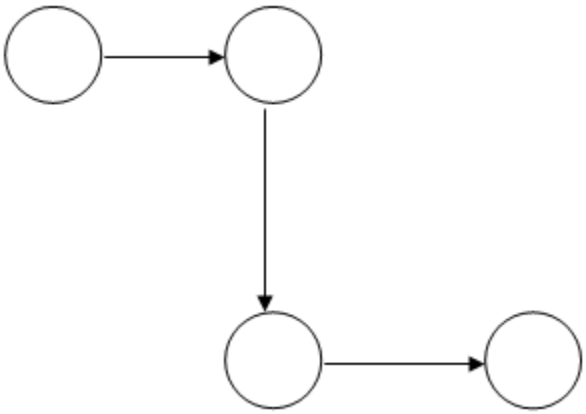
3) No se deben tener al iniciar la red, varios eventos que parten de actividades distintas sin relacionarlos entre sí, mediante ligas, ejemplo:



4) El mismo cuidado se debe tener al finalizar la red, ejemplo:



Cuando existe alguna actividad con duración de cero, se dibuja así:



Para trazar la red se utiliza, preferentemente, papel cuadriculado dibujando primero una escala de tiempos que represente la división utilizada al calcular la matriz (horas, días semanas, meses, etc.)

Es siempre conveniente dibujar la red con lápiz ya que, normalmente, se cambiarán de lugar algunas actividades para facilitar su construcción.

Para finalizar el dibujo de una red se trazan las ligas a partir de las actividades hasta el último nodo o evento ya trazado, quedando totalmente terminada la red del proyecto el cual tendrá una duración a tiempo estándar (te).

Una vez que la Red de Actividades del proyecto ha sido concluida, se conoce la duración total del mismo el cual puede ser:

1) Menor del tiempo previsto.- En este caso se puede decir que la Red de está terminada y se procede a calcular los costos del proyecto.
2) Igual del tiempo previsto.- Se procede igual que en el inciso anterior.
3) Mayor del tiempo previsto.- En este caso obliga a cumplir el tiempo de algunas actividades, con el objetivo de reducir el tiempo del proyecto obtenido por el programado por la dirección.

e) Elasticidad y probabilidad de retraso.

La segunda etapa se divide a su vez en:

a) Gráficas de control de tiempos y costos

b) Ajustes y Evaluación de resultados

#### 7.1.3. Red con actividades en las flechas

ADM (Arrow Diagramming Method) o Método del Diagrama de Flechas es una técnica de red de proyecto donde las actividades se representan como flechas que indican las dependencias entre los nodos.

Su utilización está cayendo en desuso debido a las ventajas que tiene la representación de actividades mediante nodos, conocida como PDM.

Las ventajas del PDM hicieron que la mayoría de los sistemas de computación desarrollados en los últimos años usen esa representación.

Las ventajas de PDM frente a ADM son:

La construcción de la red es mucho más sencilla ya que no requiere actividades ficticias (dummies).
Su modificación es trivial, frente a las complicaciones que pueden aparecer en ADM.
Permite introducir demoras en las relaciones, que en ADM implicaría la introducción de una nueva actividad, incluso se pueden usar demoras negativas en el caso en que la sucesora pueda empezar antes de finalizar la precedente.
Se pueden usar cuatro tipos de precedencias:
Fin Comienzo: Para comenzar la actividad debe haberse completado su precedente.
Comienzo Comienzo: Para comenzar una actividad debe haber comenzado su precedente.
Fin Fin: Para finalizar una actividad debe haberse finalizado su precedente.
Comienzo Fin: Para finalizar una actividad debe habar comenzado su precedente.
En cada una pueden usarse además demoras.

### 7.2. Análisis de redes de actividades

#### 7.2.1. CPM

La problemática de la planeación de proyectos no ha sido una problemática reciente, si no que desde tiempos pasados nuestros antepasados han enfrentado emprendimientos de gran envergadura que significaron una problemática desde el punto de la planificación.

Actualmente se han logrado perfeccionar herramientas que permiten a los administradores de dichos proyectos, realizar una labor más eficiente permitiendo una

óptima aplicación de los recursos en las mismas y logrando una maximización de los mismos.

Admitiendo que la ejecución de un proyecto o elaboración se puede subdividir en planear, programar y controlar, y hablando de manera clásica, podemos considerar las técnicas PERT (Program Evaluation aand review Technique) y el CPM (Critical Path Method,) que son los mas usuales para un primer cometido. En general estas técnicas resultan útiles para una gran variedad de proyectos que contemplen:

- Investigación y desarrollo de nuevos productos y procesos.
- Construcción de plantas, edificios, y carreteras.
- Diseño de equipo grande y complejo.
- Diseño e instalación de sistemas nuevos.
- Diseño y control de epidemias,
- y otras múltiples aplicaciones en las cuales se requiera una planificación adecuada.

En los proyectos como estos, los administradores deben programas, coordinar las diversas tareas o actividades a desarrollar un proyecto, las cuales no necesariamente son secuenciales, y aun en este caso estas actividades son interdependientes. Si bien es cierto que, algunas actividades en paralelo que originan una tercera.

Las preguntas esenciales de la elaboración de un proyecto comprenden:

- Cual es el tiempo que se requiere para terminar el proyecto.
- Cuales son las fechas programadas de inicio y finalización del proyecto.
- Que actividades son críticas y deben terminarse exactamente según lo programado para poder mantener el proyecto según el cronograma.
- Cuales actividades pueden ser demoradas sin afectar el tiempo de terminación del proyecto.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Comprender los metodos PERT y CPM

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las diferencias entre los metodos
- Explicar la metodologia del CPM
- Explicar la metodologia del PERT

## GLOSARIO.

Para lograr una adecuada comprensión del tema a desarrollar se consideró prioritario desarrollar un glosario que sirva como guía para comprender la terminología empleada.

**PERT**. Las traducción de las siglas en inglés significan: técnica de revisión y evaluación de programas, es una técnica de redes desarrollado en la década de los 50, utilizada para programar y controlar programas a realizar. Cuando hay un grado extremo de

incertidumbre y cuando el control sobre el tiempo es más importante sobre el control del costo, PERT es mejor opción que CPM.

**CPM.** La traducción de las siglas en inglés significan: método del camino crítico, es uno de los sistemas que siguen los principios de redes, que fue desarrollado en 1957 y es utilizado para planear y controlar proyectos, añadiendo el concepto de costo al formato PERT. Cuando los tiempos y costos se pueden estimar relativamente bien, el CPM puede ser superior a PERT.

**Actividad**. Es un trabajo que se debe llevar a cabo como parte de un proyecto, es simbolizado mediante una rama de la red de PERT.

**Lista de actividades**. Es una lista cuidadosa y ordenada donde se recopilan todas las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.

**Evento**. Se dice que se realiza un evento, cuando todas las actividades que llegan a un mismo nodo han sido terminadas. Son los círculos numerados que forman parte del diagrama de red y representan el principio y el fin de las actividades que intervienen en el proyecto.

**Rama**. Son las flechas que forman Parte del diagrama de red y significan las actividades en el proyecto.

**Ruta crítica o camino crítico**. Camino es una secuencia de actividades conectadas, que conduce del principio del proyecto al final del mismo, por lo que aquel camino que requiera el mayor trabajo, es decir, el camino más largo dentro de la red, viene siendo la ruta crítica o el camino crítico de la red del proyecto.

**Predecesor Inmediato**. Es una actividad que debe Preceder (estar antes) inmediatamente a una actividad dada en un proyecto, también nombradas prioridades inmediatas.

**Diagrama de red**. Es una red de círculos numerados y conectados con flechas, donde se muestran todas las actividades que intervienen en un determinado proyecto y la relación de prioridad entre las actividades en la red.

**Actividad ficticia**. Actividades imaginarias que existen dentro del diagrama de red, sólo con el Propósito de establecer las relaciones de precedencia y no se les asigna tiempo alguno, es decir, que la actividad ficticia Permite dibujar redes con las relaciones de Precedencia apropiadas, se representa por medio de una línea punteada.

**Holgura**. Es el tiempo libre en la red, es decir, la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin afectar la fecha de terminación del, proyecto total.

**Distribución beta**. Distribución utilizada para la estimación del tiempo de actividad esperado en el PERT, esta estimación se basa en el supuesto de que el tiempo de la actividad es una variable aleatoria cuya Probabilidad tiene una distribución beta unimodal.

**Tiempo optimista**. Es el tiempo mínimo o más corto posible en el cual es probable que sea terminada una actividad si todo marcha a la Perfección, utilizado en el PERT y simbolizado con a.

**Tiempo más probable**. Es el tiempo que esta actividad sea más probable que tome sí se repitiera una y otra vez, en otras palabras, es el tiempo normal que se necesita en circunstancias ordinarias, utilizado en el PERT y simbolizado con m.

**Tiempo pesimista**. Es el tiempo máximo o más largo posible en el cual es probable sea terminada una actividad bajo las condiciones más desfavorables, utilizado en el PERT y simbolizado con b.

**Tiempo esperado para una actividad**. Es el tiempo calculado en el PERT usando el promedio ponderado (a+4m+b)/6.

**Tiempo normal**. Es el tiempo en el CPM requerido para terminar una actividad si esta se realiza en forma normal. Es el tiempo máximo para terminar una actividad con el uso mínimo de recurso, el tiempo normal se aproxima al tiempo estimado probable en PERT.

**Tiempo acelerado**. Tiempo en el CPM que sería requerido si no se evita costo alguno con tal de reducir el tiempo del proyecto. Tiempo mínimo posible para terminar una actividad con la concentración máxima de recursos.

### 7.2.2. PERT

Dos son los orígenes del método del camino crítico: el método PERT (Program Evaluation and Review Technique) desarrollo por la Armada de los Estados Unidos de América, en 1957, para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, por la necesidad de terminar cada una de ellas dentro de los intervalos de tiempo disponibles. Fue utilizado originalmente por el control de tiempos del proyecto Polaris y actualmente se utiliza en todo el programa espacial.
El método CPM (Crítical Path Method), el segundo origen del método actual, fue desarrollado también en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para la firma Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto.
Ambos métodos aportaron los elementos administrativos necesarios para formar el método del camino crítico actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, para buscar que el proyecto total sea ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

## DIFERENCIAS ENTRE LOS METODOS PERT Y CPM

La principal diferencia entre los métodos es la manera en que se realizan los estimativos de tiempo.

**PERT**

- Probabilístico.
- Considera que la variable de tiempo es una variable desconocida de la cual solo se tienen datos estimativos.

- El tiempo esperado de finalización de un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.
- Suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes, (una suposición fuertemente cuestionable), la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.
- Considera tres estimativos de tiempos: el más probable, tiempo optimista, tiempo pesimista.

**CPM**

- Deterministico. Ya que considera que los tiempos de las actividades se conocen y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.
- A medida que el proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso. Si ocurre algún retardo en el proyecto,
- se hacen esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en programa cambiando la asignación de recursos.
- Considera que las actividades son continuas e interdependientes, siguen un orden cronológico y ofrece parámetros del momento oportuno del inicio de la actividad.
- Considera tiempos normales y acelerados de una determinada actividad, según la cantidad de recursos aplicados en la misma.

## USOS.

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

1. Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
2. Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de el, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
3. Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

Dentro del ámbito aplicación, el método se ha estado usando para la planeación y control de diversas actividades, tales como construcción de presas, apertura de caminos, pavimentación, construcción de casas y edificios, reparación de barcos, investigación de mercados, movimientos de colonización, estudios económicos regionales, auditorias, planeación de carreras universitarias, distribución de tiempos de salas de operaciones, ampliaciones de fábrica, planeación de itinerarios para cobranzas, planes de venta, censos de población, etc., etc.

## VENTAJAS PERT y CPM

1. Enseña una disciplina lógica para planificar y organizar un programa detallado de largo alcance.
2. Proporciona una metodología Standard de comunicar los planes del proyecto mediante un cuadro de tres dimensiones (tiempo, personal; costo).
3. Identifica los elementos (segmentos) más críticos del plan, en que problemas potenciales puedan perjudicar el cumplimiento del programa propuesto.

4. Ofrece la posibilidad de simular los efectos de las decisiones alternativas o situaciones imprevistas y una oportunidad para estudiar sus consecuencias en relación a los plazos de cumplimiento de los programas.
5. Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.
6. En otras palabras: CPM es un sistema dinámico, que se mueve con el progreso del proyecto, reflejando en cualquier momento el STATUS presente del plan de acción.

## PROCEDIMIENTO PARA TRAZAR UN MODELO DE RED

Para aplicar CPM o PERT se requiere conocer la lista de actividades que incluye un proyecto. Se considera que el proyecto esta terminado cuando todas las actividades han sido completadas. Para cada actividad, puede existir un conjunto de actividades predecesoras que deben ser completadas antes de que comience la nueva actividad. Se construye una malla o red del proyecto para graficar las relaciones de precedencia entre las actividades. En dicha representación grafica, cada actividad es representada como un arco y cada nodo ilustra la culminación de una o varias actividades.

Consideremos un proyecto que consta de solo dos actividades A y B. Supongamos que la actividad A es predecesora de la actividad B. La representación grafica de este proyecto se muestra en la figura. Así, el nodo 2 representa la culminación de la actividad A y el comienzo de la actividad B.

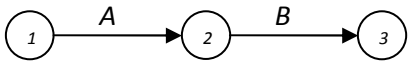



FIg.1.1

Si suponemos ahora que las actividades A y B deben ser terminadas antes que una actividad C pueda comenzar, la malla del proyecto queda como se muestra en la figura2. En este caso, el nodo representa que las actividades A y B se han terminado, además del inicio de la actividad C. Si la actividad A fuera predecesora de las actividades B y C, la red quedara como se muestra en la figura 3.

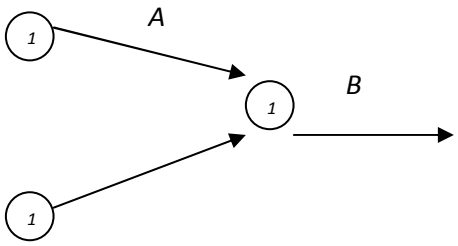


**Fig. 2**

**Proyecto de tres actividades**

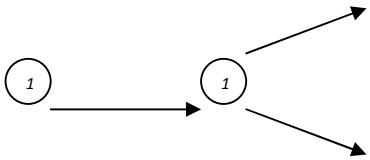



**Fig. 2**

**Proyecto de tres actividades**

Dado un conjunto de actividades y sus relaciones de predecisión, se puede construir una representación grafica de acuerdo a las siguientes reglas:

- El nodo 1 representa el inicio del proyecto. Por lo tanto, las actividades que parten del nodo 1 no pueden tener predecesoras.
- El nodo Terminal o final del proyecto debe representar el término de todas las actividades incluidas en la red.
- Una actividad no puede ser representada por más de un arco en la red.
- Dos nodos deben estar conectados por a lo mas un arco.

Para no violar las reglas 3 y 4, a veces es necesario introducir una actividad **artificial o dummy** que posee tiempo de duración nulo. Por ejemplo, supongamos que las actividades A y B son predecesoras de la actividad C y además comienzan al mismo tiempo. En este caso, una primera representación podría ser la indicada en la figura 2.4. Sin embargo, la red de la figura 3 viola la regla 4. Para corregir este problema, se introduce una actividad artificial indicada con un arco segmentado en la figura

La red de la figura 4 refleja el hecho de que la actividad C tiene como predecesoras a A y B, pero sin violar la regla 4. En otros casos, se deben agregar actividades artificiales para no violar la regla 3.

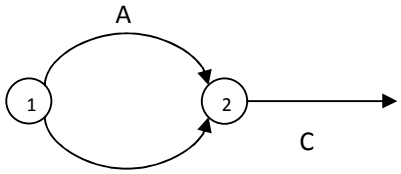



**Fig. 3**

**A y B predecesoras de C**

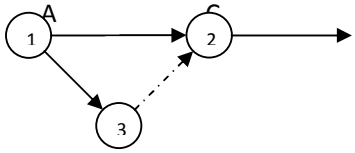



**Fig. 4**

**Incorporación de una actividad artificial.**

| Red lógica | Significado |
|---|---|
| A E C | Actividad A tiene que estar terminado antes de comensar B, o B no puede comenzar hasta que A no se termine, o B sigue a A; C sigue a B; C comienza al terminar B. |
| A C B | Actividad A precede a las actividadesB y C. B Y C no tienen el mismo evento de Terminacion. B y C son actividades concurrentes. |
| C A B | Las actividades A y C tienen un evento común de comienzo. B comienza después de terminada A. E y C tienen el mismo evento de Terminación. |
| C A B | C puede comenzar con el mismo evento de comienzo de A. B no puede comenzar hasta que A Y C no estén terminados. |
| C A B | B y C comienzan al terminar A; ( A precede a B y C ). B – C Terminan en un evento común. |
| A C B | Actividades A y B tienen que terminar antes de comensar C. A y B son actividades concurrentes ( comienzan con eventos diferentes ). |

**Fig. 5**

**Lógica seguida para la construcción de una red**

**<u>CPM (Critical Path Method)</u>**

Pasos en el planeamiento del proyecto del CPM

1. Especifique las actividades individuales.
2. Determine la secuencia de esas actividades.
3. Dibuje un diagrama de la red.
4. Estime la época de la terminación para cada actividad.

5. Identifique la trayectoria crítica (la trayectoria más larga a través de la red)
6. Ponga al día el diagrama del CPM como progresa el proyecto.
7. Especifique las actividades individuales

7.3. Cálculos de la ruta crítica

7.3.1. Determinación de la ruta crítica

El método de la ruta crítica fue inventado por la corporación DuPont y es comúnmente abreviado como CPM por las siglas en inglés de Critical Path Method. En administración y gestión de proyectos, una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

Un proyecto puede tener varias rutas críticas paralelas. Una ruta paralela adicional a través de la red con las duraciones totales menos cortas que la ruta crítica es llamada una sub-ruta crítica.

Originalmente, el método de la ruta crítica consideró solamente dependencias entre los elementos terminales. Un concepto relacionado es la cadena crítica, la cual agrega dependencias de recursos. Cada recurso depende del manejador en el momento donde la ruta crítica se presente.

A diferencia de la técnica de revisión y evaluación de programas (PERT), el método de la ruta crítica usa tiempos ciertos (reales o determinísticos). Sin embargo, la elaboración de un proyecto en base a redes CPM y PERT son similares y consisten en:

Identificar todas las actividades que involucra el proyecto, lo que significa, determinar relaciones de precedencia, tiempos técnicos para cada una de las actividades.
Construir una red con base en nodos y actividades (o arcos, según el método más usado), que implican el proyecto.
Analizar los cálculos específicos, identificando las rutas críticas y las holguras de los proyectos.
En términos prácticos, la ruta crítica se interpreta como la dimensión máxima que puede durar el proyecto y las diferencias con las otras rutas que no sean la crítica, se denominan tiempos de holgura.

7.3.2. Determinación de las holguras

El gráfico de Gantt permite identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de esa utilización, de tal modo que puedan evitarse periodos ociosos innecesarios y se dé también al administrador una visión completa de la utilización de los recursos que se encuentran bajo su supervisión.

INTRODUCCION

Diagrama de Gantt:

Los cronogramas de barras o “gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial

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

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

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

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

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

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

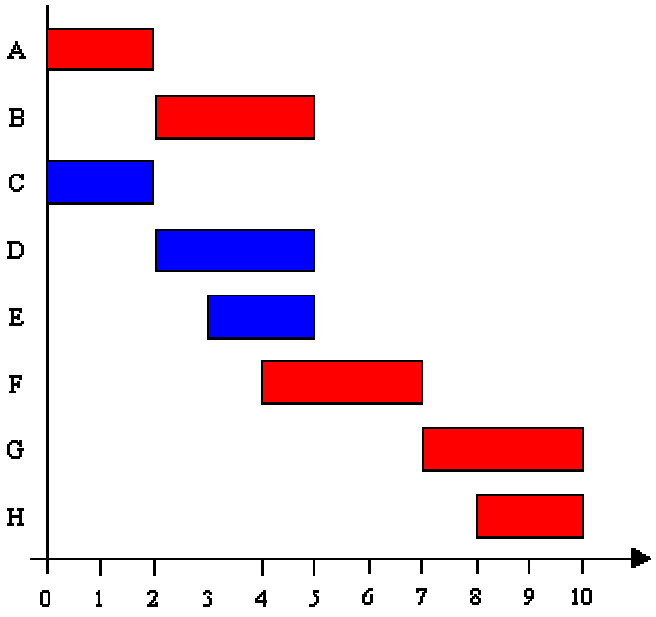
CONTENIDO

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

Características

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

| Tarea | Predec. | Duración |
|---|---|---|
| A | - | 2 |
| B | A | 3 |
| C | - | 2 |
| D | C | 3 |
| E | $D_{II+1}$ | 2 |
| F | $B_{FI-1}$ | 3 |
| G | D, E, F | 3 |
| H | $G_{FF}$ | 2 |



Método constructivo

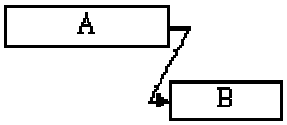
Para construir un diagrama de Gantt se han de seguir los siguientes pasos:

· Dibujar los ejes horizontal y vertical.
· Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
· En primer lugar se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).

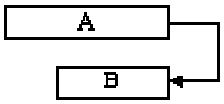
· A continuación, se dibujan los bloque correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas. En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:

Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente.

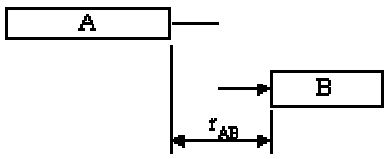
· Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.




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




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




Cálculos

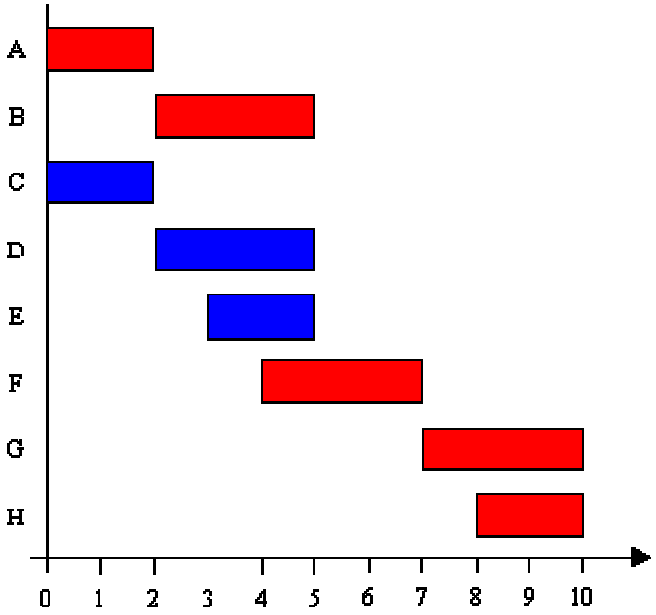
El diagrama de Gantt es un diagrama representativo, que permite visualizar fácilmente la distribución temporal del proyecto, pero es poco adecuado para la realización de cálculos.

Por la forma en que se construye, muestra directamente los inicios y finales mínimos de cada tarea.

Ejemplo

Construcción

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




## 7.4. Probabilidad de cumplimiento de la programación del proyecto

Retomamos los conceptos de PPCC.:

$T_o$: Tiempo óptimo
Es la menor duración histórico de esa tarea.

$T_m$: Tiempo modal

Es la duración de mayor frecuencia histórica de esa tarea.

$T_p$: Tiempo pésimo

Es la mayor duración histórico de esa tarea.

Estos datos nos permiten calcular:

$t_e$: Tiempo estimado

$d_e$: Desvío estimado

$$t_e = \frac{T_o + 4T_e + T_p}{6}$$

$$d_e = \frac{T_p - T_o}{6}$$

Estos parámetros de la distribución del tiempo nos permitirán calcular la probabilidad de cumplimiento del proyecto usando la distribución normal, siempre que la cantidad de tareas sea mayor que treinta (regla práctica), en caso contrario se usa la distribución ß, que no es motivo de estudio en este curso.

Supongamos que tenemos los siguientes datos:

$T_o$: 30

$T_m$: 45

$T_p$: 60

Estos datos nos permiten calcular:

$$t_e = \frac{T_o + 4T_e + T_p}{6} = \frac{30 + 4(45) + 60}{6} = \frac{30 + 180 + 60}{6} = \frac{270}{6}$$

$$d_e = \frac{T_p - T_o}{6} = \frac{60 - 30}{6} = \frac{30}{6}$$

Supongamos que queremos averiguar cuál es la probabilidad de finalizar el proyecto antes de los 50 días.

Sabemos por haber trabajado con la distribución normal que:

$$z = \frac{x - \mu}{\delta}$$

Por analogía en nuestro caso particular lo expresaremos como:

$$z = \frac{d - t_e}{d_e}$$

Luego:

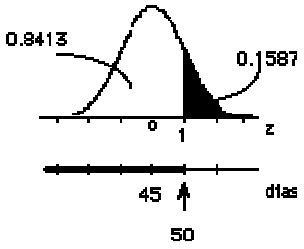
$$z = \frac{50 - \frac{270}{6}}{\frac{30}{6}} = \frac{\frac{30}{6} - \frac{270}{6}}{\frac{30}{6}} = \frac{\frac{30}{6}}{\frac{30}{6}} = 1$$

Observe que adrede no simplificó el denominador 6 en el cálculo de $t_e$ y de $d_e$ para poder obtener mayor exactitud en el cálculo final. Esta observación será de más utilidad en próximos problemas.

Si observamos ahora la tabla de la distribución normal observamos que el valor del área es 0.1587. Esto significa que cumpliremos el proyecto en 50 días o menos el 1- 0.1587 = 0.8413, es decir aproximadamente el 84% de las veces. Dicho de otra manera: aproximadamente 16 veces de cada 100 que prometa un trabajo de estas características en ese plazo no podré cumplirlo.

Reflexione ampliamente sobre esta cuestión.

Interprete el gráfico que sigue.




Ahora estamos en condiciones de calcular sobre la red de PERT trabajada (en el último ejemplo visto):

Tiempo medio estimado:

Desvío de duración:

Suponiendo que la cantidad de tareas lo permite calcule la probabilidad de que la duración real del proyecto sea:

Mayor a diez y seis

Mayor a diez

Menor a seis

Mayor a seis y menor que diez y seis

Menor a seis o mayor que diez y seis

Menor a diez

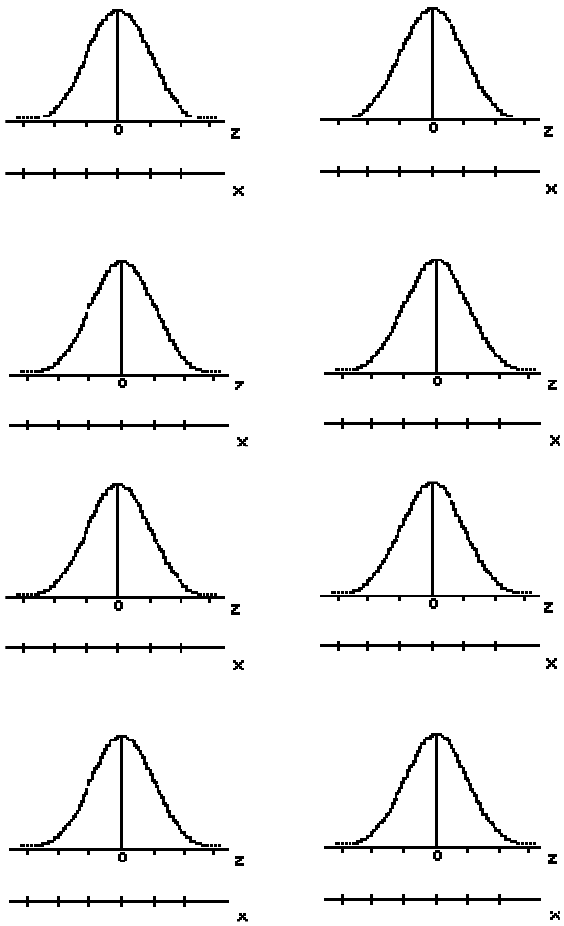
Igual a doce

Grafique la probabilidad cumplir el proyecto en una duración mayor a t ( 5 < t <11)

Qué duración se debe estimar para cumplir el proyecto el ochenta, noventa, noventa y cinco, noventa y ocho y el noventa y nueve por ciento, de las veces.

Importante:

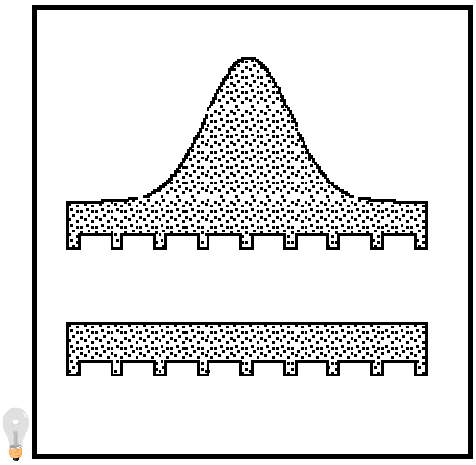
No olvide, al principio, la utilización de los esquemas que siguen.




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.0047 | 0.5793 | 0.0003 | 5/3 | 31/3 | 16 |
| O.9950 | ? | 14.19 | 13.75 | 13.07 | 10 |
| 0.0050 | 0.4207 | 0.0000 | 11.73 | 12.47 | 6 |

**¿ A qué se debe el error de estas respuestas? ¿ Algún error previo?**

Recorte el esquema que sigue, péguelo sobre cartón, recorte las zonas sombreadas. Obtendrá una plantilla que le permitirá realizar sus gráficos de manera adecuada.



Pensemos ahora en el cálculo inverso.

¿Qué duración debemos asignarle a un proyecto si queremos que su probabilidad de cumplimiento sea del 99%?

Supongamos los siguientes datos:

$T_o$: 10

$T_m$: 118

Tp : 160

Esto nos permite calcular:

$t_e$ = 47

$d_e$ = 25

Razonamos de la siguiente manera:

El tiempo, para aproximadamente 30 mediciones o más distribuye de manera normal.

Por lo tanto se debe buscar un valor de z tal que la aparición de un valor mayor a él sea del 1%.

Debemos, por lo tanto, entrar en la tabla "al revés".

Buscamos en el cuerpo de la misma el valor 0.01

Nos encontramos con el sector que se muestra en negrita:

| + | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.00 | .0228 | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0202 | .0197 | .0192 | .0188 | .0183 |
| 2.10 | .0179 | .0174 | .0170 | .0165 | .0162 | .0158 | .0154 | .0150 | .0146 | .0143 |
| 2.20 | .0139 | .0136 | .0132 | .0129 | .0125 | .0122 | .0119 | .0116 | .0113 | .0110 |
| 2.30 | .0107 | .0104 | .0102 | .0099 | .0096 | .0094 | .0091 | .0089 | .0087 | .0084 |
| 2.40 | .0082 | .0080 | .0078 | .0075 | .0073 | .0071 | .0069 | .0068 | .0066 | .0064 |
| 2.50 | .0062 | .0060 | .0059 | .0057 | .0055 | .0054 | .0052 | .0051 | .0049 | .0048 |
| 2.60 | .0047 | .0045 | .0044 | .0043 | .0041 | .0040 | .0039 | .0038 | .0037 | .0036 |

Si "lo vemos" con dos decimales presentará el siguiente aspecto:

| + | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.00 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 2.10 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 2.20 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2.30 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2.40 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2.50 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Es decir, cumplen con una aproximación razonable esta condición todos los valores de z en [2.18;2.57].

Razone antes de seguir sobre cuál de estos valores elegir.

En este ejemplo, tomaremos un valor no adecuado, para que después Ud. pueda cotejar las diferencias de resultados.

Tomamos z= 2.45

Por lo tanto si:

$$z = \frac{d - t_e}{d_e}$$ entonces

$$2.45 = \frac{d - 47}{25}$$ luego d= 2.45 *25 +47 = 108.25

Si no dedujo todavía el valor adecuado de z investigue y razone con:

z = 2.18 y z = 2.57

A continuación (a partir de la página subsiguiente) se ven dos diagramas uno de red y uno de Gantt.

Responden a alguno de los ejercicios propuestos anteriormente.

Investigue en detalle el diseño y estúdielo.

Compare con los diseños propuestos anteriormente. La reducción de los esquemas y su casi ilegibilidad no tendrían que ser obstáculo si Ud. maneja el tema con fluidez, cosa que es necesaria.

Finalmente recordamos un ejemplo visto en clase para reforzar el estudio de la organización lógica de la red. Preste mucha atención (recuerde las tareas ficticias y alguna que otra cosa vista antes) en la realización y finalmente diseñe en forma completa, graficando la probabilidad de cumplimiento para todos los tiempos enteros entre el tiempo óptimo y el pésimo, suponiendo que la cantidad de tareas es suficiente.

Se debe realizar el tendido de un cable. Para esto las tareas a realizar son: Cavado de pozo, Erguido de poste y Tendido de cable.

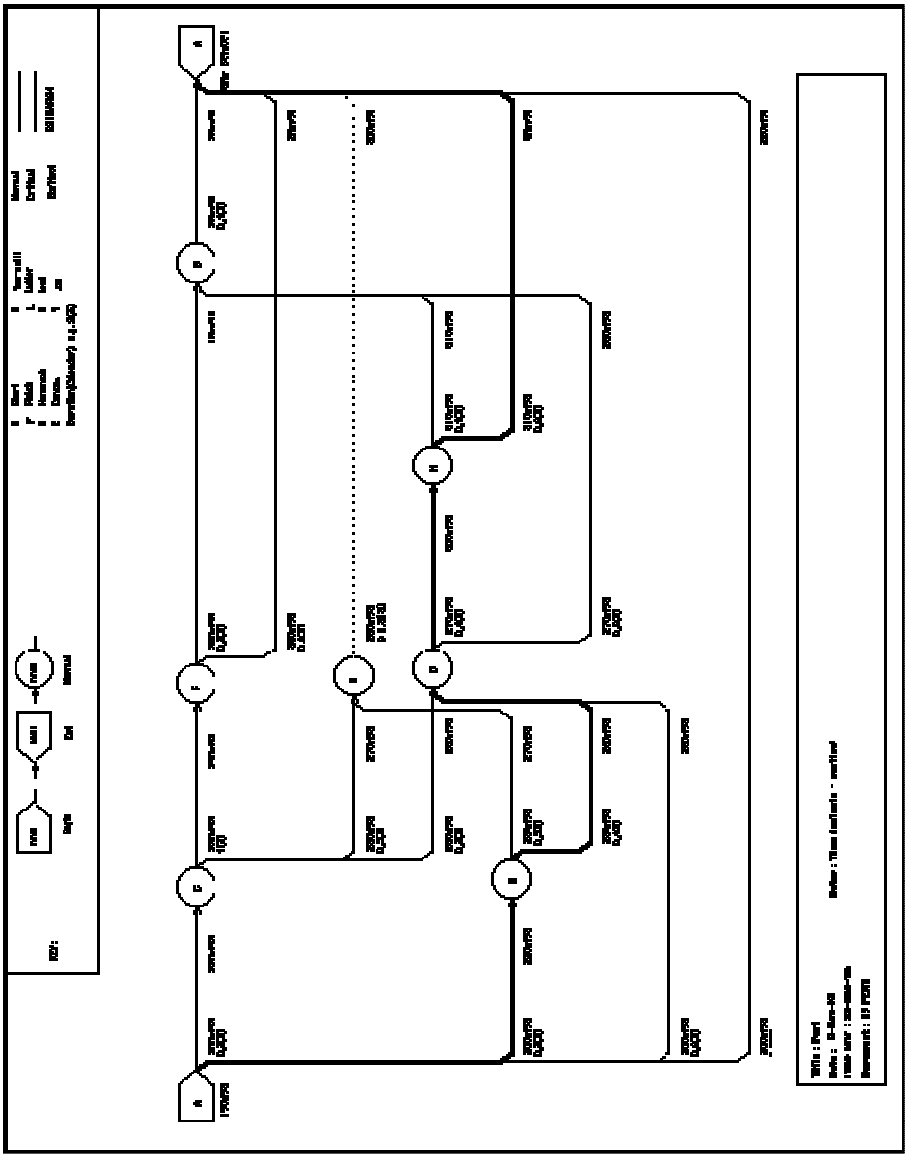
Para esto se divide cada tramo del recorrido en tres sectores.

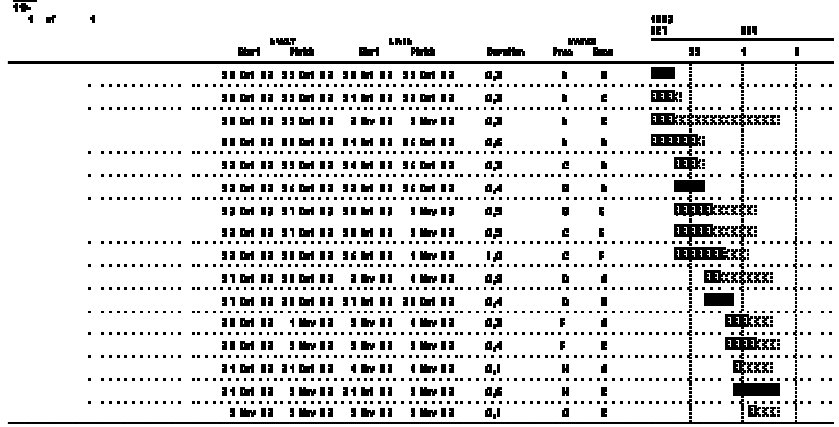
Los tiempos de realización se muestran a continuación:

| xxxxxx | Optimo | Modal | Pésimo | $t_e$ | $d_e$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 1 | 2 | 5 | | |
| A2 | 4 | 8 | 10 | | |
| A3 | 1 | 4 | 6 | | |
| P1 | 1 | 3 | 5 | | |
| P2 | 3 | 6 | 8 | | |
| P3 | 2 | 3 | 6 | | |
| T1 | 2 | 3 | 5 | | |
| T2 | 3 | 5 | 8 | | |
| T3 | 4 | 6 | 10 | | |

Para finalizar calcule el tiempo estimado de realización de cada tarea y sus desvíos. Confeccione una red con los $t_e$ y determine cuales son las tareas críticas.

Realice un informe final sobre el proyecto y su factibilidad, preséntelo en la próxima clase.



8-NOV-03
10-NOV-03
Rank
10+
1 of 1

| | BASELINE Start | BASELINE Finish | LATEST Start | LATEST Finish | Duration | Free | Base |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 0.25 | A | B |
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 0.25 | B | C |
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 0.25 | A | C |
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 31 Oct 03 | 0.25 | A | A |
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 0.25 | C | A |
| | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 0.4 | B | A |
| | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 3 Nov 03 | 0.5 | B | E |
| | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 3 Nov 03 | 0.5 | C | E |
| | 30 Oct 03 | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 4 Nov 03 | 1.0 | C | F |
| | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 3 Nov 03 | 4 Nov 03 | 0.5 | D | A |
| | 31 Oct 03 | 30 Oct 03 | 31 Oct 03 | 31 Oct 03 | 0.4 | D | B |
| | 30 Oct 03 | 4 Nov 03 | 3 Nov 03 | 4 Nov 03 | 0.2 | F | A |
| | 30 Oct 03 | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 0.4 | F | E |
| | 31 Oct 03 | 31 Oct 03 | 4 Nov 03 | 4 Nov 03 | 0.1 | H | A |
| | 31 Oct 03 | 3 Nov 03 | 31 Oct 03 | 3 Nov 03 | 0.6 | H | E |
| | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 3 Nov 03 | 0.1 | G | E |