



**NOVEDOSO
PROCEDIMIENTO DE
RUTA CRÍTICA ENFOCADO
A LA CONSTRUCCIÓN**

MTRO. JOAQUÍN JIMÉNEZ TREJO.



NOVEDOSO PROCEDIMIENTO DE RUTA CRÍTICA ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN.

En la globalización y los negocios, donde la competencia a nivel mundial se convierte en una necesidad para subsistir, el mercado avanza hacia la excelencia en el nivel administrativo a través de esquemas de mejora continua, en donde la optimización de los controles se hace indispensable para abatir los tiempos y mejorar los costos, así como para obtener la máxima eficacia y eficiencia en el empleo de recursos, tanto financieros, como humanos y materiales. Esto nos está llevando a darle un enfoque distinto y superior a la administración y nos conduce a buscar sistemas integrales de administración que mejoren la productividad.

El sistema integral de administración tiene como característica ser de carácter voluntario para su implantación; este sistema rebasa los límites inferiores que imponen sistemas de obligatoriedad y que para una buena implantación del sistema, los actores deben estar convencidos de que su uso acrecienta los logros en prestigio, liderazgo, confianza, responsabilidad y optimización de recursos, todos ellos buscando la excelencia, aprovechando las nuevas técnicas y administraciones a través de una adecuada planeación y programación que redundará en un importante desarrollo.

Estamos conscientes de que cada día la competencia nos obliga a abatir tiempos y costos de producción, lo que nos ha llevado a tiempos difíciles, pero que sin duda se pueden lograr y de hecho, algunas empresas han logrado subsistir y hasta desarrollarse venturosamente a través de mejorar sus sistemas de operación. Esta situación se ha generado entre, otras cosas, por la competencia de la globalización mundial que obliga a tener productos de más calidad y menores costos, así como mayor desarrollo tecnológico y una mayor operación en la eficiencia de nuestros sistemas administrativos.

Nos estamos obligando a intentar una mejora continua en nuestros procesos y sistemas de operación, teniéndolos bajo una revisión permanente y correctiva y apoyándonos fundamentalmente en una eficiente administración que nos permita optimizar recursos y costos; debemos buscar sistemas de operación que se adecuen a pequeñas y medianas empresas, que son en la industria de la construcción las que funcionan fundamentalmente en nuestro país, que tengan sistemas de operación y control, pero nunca olvidemos que debemos buscar la calidad total, teniendo una adecuada verificación y control en nuestros presupuestos.

Presupongo, sin que sea motivo de este estudio, que probablemente usemos la prefabricación y estandarización, para aprovechar los sistemas de producción industrializada y para producir mejores tiempos y costos. No podemos esperar apoyos externos significativos para lograr grandes innovaciones tecnológicas, tenemos que explorar opciones que mejoren los sistemas existentes, haciéndolos prácticos, accesibles y económicos.

Para llevar a cabo la realización de un proyecto, cualquiera que éste sea, es necesario hacer una programación de la obra para conocer el tiempo de ejecución y los costos

necesarios.

Se está tratando de realizar una nueva metodología de trabajo de planeación y programación, que nos permita analizar los problemas que se presentan en una empresa, y de dar alternativas de solución a sus problemas, dichas alternativas las hemos encontrado apoyándonos en metodologías de estudiosos que la han abordado la materia con anterioridad.

LA FORMULACIÓN PRECISA Y ESPECÍFICA DEL PROBLEMA

Según Montaña: “El método del camino crítico es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas las actividades componentes de proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y costo óptimo”.¹

El método del camino crítico consta de dos ciclos:

- a) Planeación y programación.
- b) Ejecución y control.

El campo de acción de esta metodología es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier tipo de proyecto. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que tengan las siguientes características:

- a) Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- b) Que se ejecute todo el proyecto o parte de él en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir en tiempo crítico.
- c) Que se desee obtener el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

Dentro del ámbito de aplicación, la metodología se ha estado usando en las licitaciones de obra pública por obligación, fundamentalmente el método de Gantt, por ser el más sencillo; en la obra privada se ha usado en obras de gran envergadura, inclusive se utilizó en la realización de grandes inversiones como la fábrica Dupont o la obra para Manchly Associated y es muy probablemente que se haya empleado en las obras para las Olimpiadas. También se ha usado el P.E.R.T, C.P.M., ROY o programas de computación que presentan esquemas matemáticos, no fáciles de interpretar, o diagramas de Gantt que no logran una gran precisión.

Los programas que existen no son fáciles de entender y además, es muy costoso hacer estudios de programación por especialistas y que no pueden implementarse en las obras, porque en ocasiones ni el mismo ingeniero o arquitecto sabe entenderlas, operarlas o interpretarlas, y como en la mayoría de las ocasiones el programador no conoce el procedimiento constructivo a detalle, no plantea adecuadamente las secuencias y las actividades precedentes o antecedentes. Por lo tanto, si uno no conoce el proceso con precisión, la programación de nada sirve y se convierte en un elemento costoso e impráctico; es prácticamente imposible que un cliente, un maestro de obras o un albañil lo entienda y esto nos llevó a cuestionarnos, si valdría la pena realizar una investigación, para encontrar sistemas más sencillos y fáciles de manejar, entender e implementar.

OBJETIVOS GENERALES

- 1) Analizar técnicas existentes sobre metodologías de rutas críticas y compararlas.
- 2) Implementar metodologías que ayuden a planear, organizar, supervisar, controlar,

¹Agustín Montaña. *Iniciación al Método del camino crítico*, Editorial Trillas, 2000, p. 7.

dirigir y evaluar, las actividades necesarias para realizar los proyectos específicos de una casa habitación.

- 3) Buscar un sistema de programación, para un control administrativo sencillo y práctico, para la producción de la construcción con eficacia y optimización de recursos, que permita llevar un control y secuencia de sus actividades y recursos, planeando tiempos óptimos de ejecución y detectando cuáles pueden ser las partidas críticas.
- 4) Proponer innovaciones en una metodología para conformar un sistema más práctico, fácil y claro que pueda entender un constructor aun sin el conocimiento profundo sobre programación, y plantear sistemas de cuantificación más eficientes.

Objetivos específicos

- 1) Analizar cualidades y defectos de las metodologías de programación existentes para saber cuáles son las más prácticas y adecuadas para aplicarse en la construcción de obras y sistemas de procesos de diseño, de manera que se optimicen tiempos y costos del proceso, para planear el suministro de recursos; se debe tener previa cuantificación de cantidades de obra y un proyecto ejecutivo totalmente detallado, si esto no ocurre la planeación puede sufrir retrasos por tener partidas no contempladas. En este estudio nosotros partimos de que se tiene una cuantificación previa de la obra para plantear la nueva metodología propuesta.
- 2) Proponer la secuencia de sistemas constructivos para poder planear adecuadamente una obra.
- 3) Analizar y estudiar nuevas metodologías de sistemas de planeación y programación.
- 4) Nos vamos a basar en que la cuantificación está realizada para hacer más sencillo este estudio.
- 5) Aplicar eficazmente sistemas de planeación, programación, organización, supervisión, dirección, coordinación y control de los sistemas constructivos de una casa habitación.
- 6) Proponer sistemas eficaces para que no se nos olvide el suministro a tiempo de los materiales.
- 7) Lograr un sistema que visualmente muestre cuáles son las partidas críticas que pueden retrasar una obra, cuáles son las partidas que tienen holgura, y aprovechar los domingos y días feriados como tiempos que nos permitan reponer retrasos o acelerar tiempos.
- 8) Difundir el procedimiento logrado.

GENERACIÓN DE HIPÓTESIS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

Proponer y verificar hipótesis a través de:

- a) Formular preguntas.
- b) Proponer y resolver problemas.
- c) Registrar cuidadosamente los datos observados y obtenidos, con el propósito de responder a las preguntas planteadas.
- d) Revisión y análisis de datos obtenidos.
- e) Elaborar conclusiones, ya sea en acuerdo o desacuerdo con lo inicialmente planteado.
- f) Obtener ideas claras sobre el problema de estudio.
- g) Generalizar o extender las conclusiones obtenidas para casos que presenten

condiciones similares.

Puntos importantes para dar respuesta a las hipótesis:

- 1) Vamos a investigar antecedentes.
- 2) Analizar cómo estaba originalmente el problema planteado.
- 3) Ver por qué se pretenden realizar adecuaciones.
- 4) Hacer encuestas para detectar malos usos.
- 5) Investigar quién ha hecho adecuaciones y saber qué se está buscando.

HIPÓTESIS PRINCIPAL

Para nuestra hipótesis general nos preguntamos: ¿Por qué se ha generado este problema?

La investigación es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que tiene como finalidad descubrir, describir, explicar o interpretar los hechos, procesos, relaciones o generalizaciones que se dan en un ámbito de la realidad.

Las características que debe tener nuestra hipótesis:

Relacioné la hipótesis principal con una situación real y que pueda someterse a prueba en un universo y contexto bien definido: es posible crear un sistema de programación de ruta crítica que pueda entender una persona que no sea especialista en la materia.

Para poder afirmar o negar esta hipótesis, se plantea un análisis de las diferentes metodologías que se usan sobre rutas críticas, tales como el Gantt, C.P.M, P.E.R.T, ROY, C.P.M Combinado con P.E.R.T, Método del Camino Crítico (Agustín Montaña). etc.

Sin embargo, no basta con el conocimiento del estudio de los programas anteriores. Es necesario conocer el proceso constructivo para fijar las secuencias de las actividades que se realizan para la materialización de las obras, el tiempo de duración y rendimientos de los diferentes procesos de construcción.

Las hipótesis particulares que tratan de explicar el porqué del problema y buscan hacer más clara la hipótesis principal, son, en nuestro caso, las siguientes:

- 1) ¿Es posible mezclar partes de diferentes metodologías para lograr un producto más accesible y práctico?
- 2) ¿Se ha ejecutado una relación de todo el proceso de construcción de una casa habitación en los libros que tratan la metodología de planeación?
- 3) ¿El estudio de diferentes métodos de ruta crítica, pueden permitirnos descubrir debilidades, fortalezas, cualidades y defectos de las mismas.
- 4) ¿Es necesario encontrar una metodología sobre planeación y programación diferente a las que existen?
- 5) ¿Las metodologías conocidas contemplan cuándo suministrar recursos?

Los términos deben referirse a una situación real y las hipótesis sólo pueden someterse a pruebas en un universo y contexto bien definido:

- a) Los términos y variables de las hipótesis tienen que ser comprensibles, precisos y lo más concretos posible.
- b) Las hipótesis deben estar relacionadas con técnicas disponibles para poder probarlas.

Al formular una hipótesis tenemos que considerar que existen técnicas o herramientas para recolectar datos, diseños y análisis. Con esto podremos lograr una síntesis, ya sea

a través del método deductivo o inductivo.

Para realizar nuestra hipótesis principal fue preciso correlacionar diferentes metodologías y analizar sus particularidades, fortalezas y debilidades.

Considero que las hipótesis alternativas nos ayudarían a buscar diferentes respuestas a nuestro problema; estas hipótesis serán secundarias y dejamos la hipótesis principal como la hipótesis de trabajo que sirve como base para la investigación.

La estructura de nuestra hipótesis básicamente se compone de tres elementos:

- 1) Unidades de observación o de análisis que en nuestro trabajo nos apoya en el estudio de diferentes metodologías que abordan la planeación y programación.
- 2) Las variables, son los atributos, características, cualidades o propiedades que se presentan en las unidades de observación.
- 3) Término de relaciones o enlaces lógicos, que permiten la relación entre las unidades de análisis y observación, detectando fortalezas y debilidades para encontrar las cualidades que podríamos aprovechar para nuestro objetivo.

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS Y METODOLOGÍAS EXISTENTES

GRÁFICAS GANTT

El gráfico GANTT o diagrama de barras o columnas, se llama así, porque fue desarrollado por el ingeniero americano H. L. Gantt, con el fin de organizar los transportes bélicos en U.S.A. durante la Primera Guerra Mundial.

El gráfico de Gantt nos muestra las actividades de un proyecto con sus respectivas duraciones e indica también, las fechas referidas al calendario, de manera que nos permite comparar las previsiones con las realidades. En él podemos señalar las actividades en serie o en paralelo, pero no la interdependencia de unas actividades con otras.

Análisis

El campo de aplicación del Gantt es muy grande, ya que por su claridad y sencillez lo mismo se puede emplear para un gran proyecto que para uno muy pequeño.

En este grafico cada división del espacio indica el tiempo y la tarea que tenemos que realizar en ese periodo de tiempo.

Para construir un gráfico Gantt, dividimos una hoja de papel en columnas que nos indicarán el tiempo (sin olvidarse de dejar en la parte izquierda de la hoja un espacio en blanco para anotar la descripción del trabajo que se va a efectuar); luego se trazan líneas horizontales que dividirán los distintos trabajos, cuidando dejar en la parte superior un espacio para indicar los periodos de tiempo u otra información necesaria.

Tipos de gráficos Gantt

Existen varios tipos de gráficos Gantt (aunque fundamentalmente es el mismo, tiene algunas variantes) diferenciados entre sí por distintas convenciones o pequeñas variantes.

Variantes de gráficos Gantt:

- + Para trabajos.
- + Para un programa de obras o trabajos.

- + Para adelanto de obras.
- + Para etapas de trabajos.

Gráfico de Gantt: Para trabajos.

Se puede utilizar para mano de obra, maquinaria, etc., y en él se trata de comparar lo que se ha planificado y lo que realmente se hace al ejecutar la obra.

Gráfico de Gantt: Para un programa de obras o trabajos.

Se utiliza para planificar el trabajo a realizar y para evitar la programación deficiente de los obreros, procurando repartir por igual la tarea a realizar entre el personal de que se dispone. Los trabajos se ponen en un orden preestablecido por la planificación, de forma que el Gantt nos indica la cantidad de los trabajos que tenemos que realizar para una obra, en un determinado periodo de tiempo (días, semanas, etc.).

Gráfico de Gantt: Para adelanto de obras.

Se pueden utilizar estos diagramas para el control de la planificación; en estos gráficos se compara lo planificado al proyectar la obra con la ejecución de la misma, e informa en qué medida avanza dicha ejecución.

Gráfico de Gantt: Para etapas de trabajos.

Estos diagramas son de gran utilidad para la planificación previa de las obras, pero tienen el inconveniente de que no definen de forma clara si se están realizando simultáneamente varias actividades.

Ejemplo de un grafico de Gantt para un programa de obras o trabajos:

ACTIVIDAD	CONCEPTO	TIEMPO																									
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO					
I	EXCAVACIÓN	█				█																					
II	CIMENTACIÓN					█				█																	
III	SANEAMIENTO									█				█													
IV	ESTRUCTURA													█				█									
V	FORJADOS																	█									
VI	ALBANILERÍA																	█									
NÚMERO DE SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

SISTEMA: MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO (C.P.M)

ANTECEDENTES

En 1956 el Grupo de Control de Ingeniería Integrada de la empresa química americana E. I. Du Pont de Nemours. Co., al tener que abordar proyectos cada vez mayores y más complejos, empezó a buscar métodos nuevos que le permitieran su programación. En el año 1957, Walter, de esa compañía, junto con Kelley de la Remington Rand pusieron a punto el CPM (Critical Path Method) o Método del camino crítico, utilizando el ordenador U.N.I.V.A.C para sus cálculos.

En el año 1958 se hizo un primer ensayo comparando el método C.P.M. con la programación clásica en la construcción de una nueva planta química. En el complejo de E. I. Du Pont en Louisville, Kentucky, se estudiaron los pasos para el mantenimiento preventivo de la factoría con el C.P.M. y se redujeron de 125 a 93 horas.

Posteriormente y ante sus éxitos, Kelley y Walter se asociaron y formaron una compañía, la Manchly Associated, que ha logrado grandes éxitos con la aplicación del Método del Camino Crítico (C.P.M.) a proyectos muy complejos.

Conceptos usados en el Método del Camino Crítico.

1. SUCESO, ACONTECIMIENTO O ETAPA.

Es el comienzo o fin de una actividad; son instantes de referencia sin consumo de tiempo o de medios (Ejemplo: Terminación de la planta baja).

2. ACTIVIDAD, OPERACIÓN O TAREA.

Es el trabajo necesario para poder pasar de un suceso o acontecimiento al siguiente; exige consumo de tiempo y medios, excepto las virtuales o ficticias, (ejemplo: Hacer la cimentación, Vigas en la planta baja, etc.).

3. DURACIÓN DE UNA ACTIVIDAD.

Es la cantidad de tiempo necesario para realizar la actividad, y la obtenemos basándonos en la experiencia, con toda la información y elementos de que dispongamos para nuestro estudio. La designaremos como: t_e .

4. TIEMPO MÁS PRÓXIMO DE LOS ACONTECIMIENTOS.

El tiempo más próximo, más corto, más pronto o mínimo en el que puede alcanzarse un acontecimiento es igual a la suma de las duraciones de todas las actividades t_e necesarias para llegar a él por el camino más largo. El tiempo más corto nos da, en consecuencia, la fecha más pronta posible, en que puede ocurrir el acontecimiento en cuestión.

De acuerdo con esta definición, T_E se calcula sumando la duración de las actividades que permiten llegar al acontecimiento por el camino más largo.

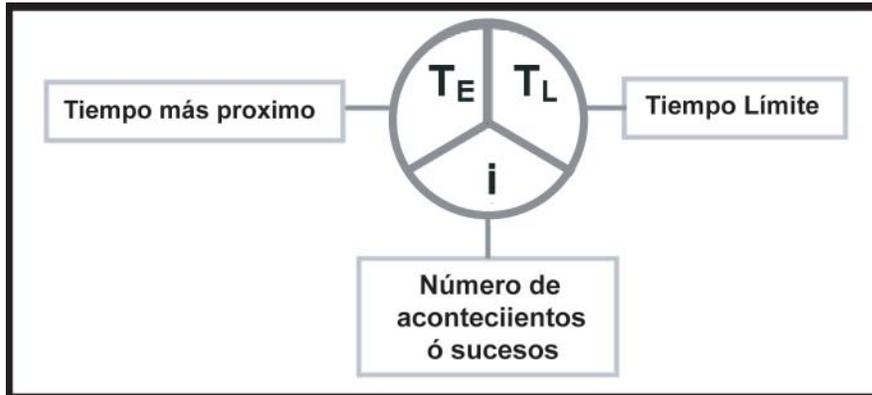
O sea: $T_E = \text{suma } t_e$

T_E = Tiempo más próximo de acontecimientos.

t_e = Duración de una actividad.

Para calcular el tiempo más próximo para alcanzar un acontecimiento, aplicamos la siguiente regla:

Dado el tiempo más próximo de cada acontecimiento precedente, sumamos la duración de la actividad que los une, tomando de todos los valores posibles, el mayor. El tiempo del acontecimiento inicial puede ser cualquiera pero casi siempre para simplificar se parte del valor de cero.



5. TIEMPO LÍMITE DE LOS ACONTECIMIENTOS.

El tiempo límite (más largo, más tarde o máximo) en que puede alcanzarse un acontecimiento es el tiempo máximo (más largo) que puede transcurrir para su realización; se calcula a partir del plazo final y se denomina T_L . El tiempo límite o más largo nos da, por lo tanto, la fecha más lejana en que puede ocurrir un acontecimiento para no retrasar el siguiente.

El tiempo límite para cada acontecimiento se calcula restando del plazo final la duración t_e de las actividades intermedias.

Generalmente, y de no indicarse expresamente lo contrario, el plazo final se suele tomar igual al tiempo más próximo T_E del acontecimiento final.

O sea, que en el acontecimiento final $T_L = T_E$ y en los anteriores $T_L = T_E - t_e$ se toma, como es lógico, el camino mas corto, en caso de existir varios.

T_L = Tiempo limite de los acontecimientos.

T_E = Tiempo más próximo de acontecimientos.

t_e = Duración de una actividad.

Para calcular el tiempo límite o más largo T_L aplicamos la siguiente regla:

Para obtener el tiempo límite o más largo de un acontecimiento dado, se parte del tiempo más largo de cada uno de los acontecimientos inmediatamente posteriores, restando la actividad que los relacione y escogiendo el valor más bajo de los obtenidos.

6. HOLGURA O MARGEN DE UN ACONTECIMIENTO.

Se denomina holgura o margen H de un acontecimiento o suceso al tiempo suplementario de que se dispone para su realización.

Se calcula restando del tiempo más largo T_L el tiempo más corto T_E .

$$H = T_L - T_E$$

Las holguras de un acontecimiento pueden ser:

Positivas: Indican un adelanto sobre el programa, o sea, exceso de medios.

Negativas: Indican un retraso sobre el programa, falta de medios.

Nulas: Indican que se va justo en el plazo, indicando medios adecuados.

7. HOLGURA O MARGEN TOTAL DE UNA ACTIVIDAD.

Holgura total H_T de una actividad es la diferencia entre el tiempo disponible para realizar la actividad y la duración de ésta si se inicia lo mas pronto posible y termina lo más tarde permisible.

Para las actividad $R - S$, donde R es una actividad, S es otra actividad, será:

$$H_T = T_{LS} - (T_{ER} + t_e)$$

H_T = Holgura total.

T_{ER} = Tiempo más próximo de los acontecimientos de la actividad R .

T_{LS} = Tiempo limite de los acontecimiento de la actividad S .

t_e = Duración de una actividad.

Físicamente, esta holgura o margen total corresponde al retraso máximo que puede tener una actividad sin modificar el plazo total de ejecución.

8. HOLGURA O MARGEN LIBRE DE UNA ACTIVIDAD.

Holgura libre H_L de una actividad es la diferencia entre el tiempo disponible para realizar la actividad y la duración de ésta si se inicia y termina lo mas pronto posible.

Para la actividad $R - S$ será:

$$H_L = T_{ES} - (T_{ER} + t_e)$$

9. HOLGURA O MARGEN INDEPENDIENTE DE UNA ACTIVIDAD.

Holgura independiente H_I de una actividad, que pocas veces se utiliza, es la diferencia entre el tiempo disponible para realizar la actividad y la duración de ésta, si se inicia lo mas tarde posible y termina lo más pronto posible.

Para la actividad $R-S$ será:

$$H_I = T_{ES} - (T_{LR} + t_e)$$

H_I = Holgura independiente de una actividad.

T_{ES} = Tiempo más próximo de los acontecimientos de la actividad S .

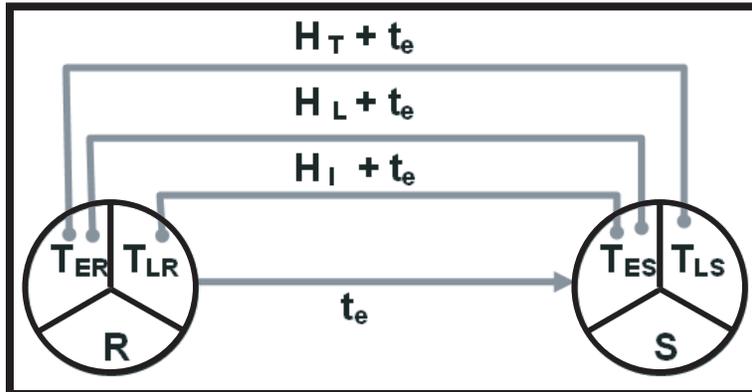
T_{LR} = Tiempo limite de los acontecimiento de la actividad R .

t_e = Duración de una actividad.



Esquema de holguras de una actividad:

Esquema que ayuda al cálculo de holguras:



10. LAS HOLGURAS COMO CRITERIO DE SELECCIÓN:

Las holguras del camino crítico son cero; pero si una de las actividades del camino crítico se altera, incrementándose o reduciéndose, pueden llegar a no ser críticas, modificando el camino crítico.

Entonces podemos llamar subcríticas a aquellas actividades cuya holgura total es menor a la que habíamos denominado como crítica. Esta cantidad, será distinta según el proyecto, lo que nos permite un criterio de selección y la selección de actividades que debemos considerar para su estudio final.

Schjetnan Dantán en su libro: *Ruta crítica al alcance de todos* incluye el color como accesorio importante para acelerar el dominio del sistema, ya que ayuda a enfatizar diferencias que de otra manera pudieran ser más difíciles de comprender.²

El beneficio combinado de la expresión gráfica y el color, brindan un fuerte impacto visual a la enseñanza, dando por resultado una captación plena.

11. UNIDADES DE TIEMPO

Es necesario precisar las duraciones en una unidad de tiempo, que en la edificación suele ser una semana o un día, pero aparte debemos indicar, si esa semana es de cinco días (si no se trabaja el sábado) y especificar si los días se contemplaron de más de 8 horas. Es decir, debemos tener en cuenta que los cálculos son válidos cualquiera que sean las unidades elegidas; en un proyecto, lo que verdaderamente nos interesa es el tiempo real, y en consecuencia no tenemos más remedio que dejar bien claras las unidades de tiempo que seleccionamos para que el resultado sea útil a nuestras necesidades.

Análisis del método del camino crítico.

Camino crítico se denomina al definido por los acontecimientos y actividades críticas, es decir aquel cuyas holguras no existen. Y se llama así porque cualquier retraso que afecte algunas de sus actividades afecta en el mismo tiempo al acontecimiento final.

Reconocemos cuando es camino crítico:

1. El camino de mayor duración, sin posibilidades de acortarlo.

² Schjetnan Dantán Mario. *Ruta crítica al alcance de todos*, México, Dirección General de Publicaciones UNAM, 1977. pp. 129.



2. Las actividades que conforman al camino crítico deben realizarse en la fecha más próxima y con el tiempo indispensable según los recursos con los que se cuenta.

El camino crítico se indica con una doble línea que une las actividades críticas que lo forman (o con una línea más gruesa):

SISTEMA: P.E.R.T.

Antecedentes

Durante el año 1958, la Armada de los Estados Unidos (Sección de Evaluación de Programas de la Oficina de Proyectos), en estrecha colaboración con la División de Sistemas de Cohetes de la Lockheed y la firma Booz-Allen and Hamilton, con el fin de coordinar los distintos plazos y actividades de las empresas que intervenían en la construcción de los cohetes polares, creó y aplicó por primera vez el P.E.R.T. (Program Evaluation and Review Technique) Programa de Evaluación y Repaso Técnico.

Los cálculos se prepararon para realizarlos con la ayuda de un ordenador. El gráfico se construyó sin tener en cuenta los costos. Con ayuda de este sistema se ha desarrollado una impresionante gama de nuevas armas; fue tal la efectividad del sistema y los logros, que se usó también en la Marina y en el Ejército de los Estados Unidos.

Conceptos usuales en el sistema P.E.R.T.

Estadística.

Estadística es la rama de las matemáticas que tiene por objeto el análisis de los datos numéricos aleatorios (estadísticos), y el suministro de la técnica precisa para su interpretación.

Universo o población de valores es el conjunto de todas las observaciones posibles sobre lo que se está investigando, y muestra a cualquier conjunto finito de estas observaciones. Al aumentar el tamaño de la muestra sus propiedades se parecen cada vez más al universo.

Frecuencia es el número de veces que aparece en determinado valor numérico de una población o conjunto.

Desviaciones.

La más sencilla de las desviaciones o medias de dispersión es:

1. La amplitud, recorrido o rango de la distribución: Es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de los valores.
2. Varianza: La varianza tiene la dificultad de la misma magnitud que las unidades que estamos midiendo.
3. Desviación tipo: Nos permite desviaciones bastante precisas.

Análisis.

Este sistema es muy similar, en cuanto al trazado de la gráfica, al C.P.M. ya estudiado, siendo válidas las definiciones dadas para los conceptos:

Actividad.

Tiempo más próximo (T_E).

Acontecimientos.

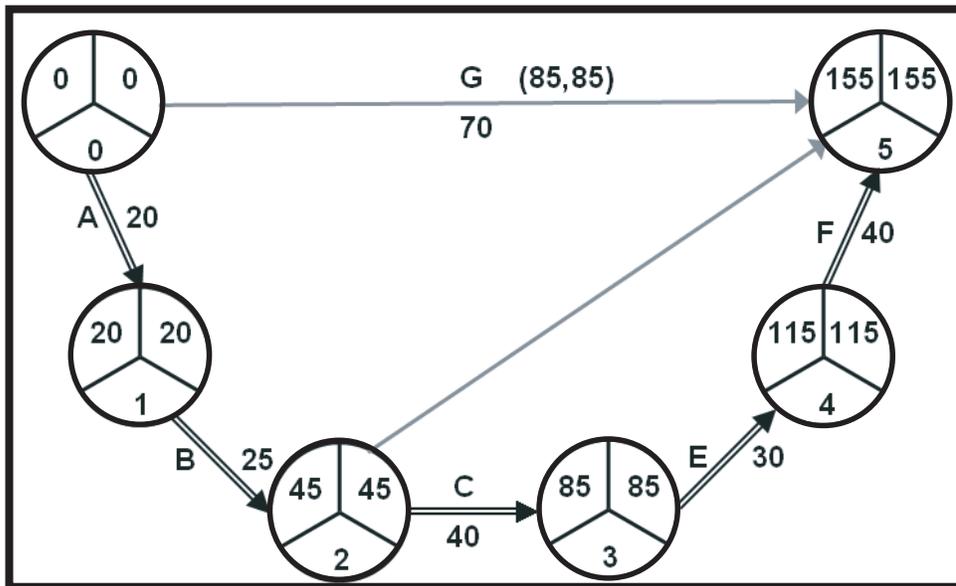
Tiempo limite (T_L).

Holgura total.

Holgura libre.

Holgura independiente.

Camino critico.



Representación:

Diferencias entre el sistema Método del Camino Crítico, (C.P.M) y el sistema Programa de Evaluación y Repaso Técnico, (P.E.R.T).

En el P.E.R.T. la duración de cada actividad, así como la fecha esperada final (tiempo más próximo, (T_E), (t_e)) se obtiene por medios probabilísticos, mientras que el C.P.M., como vimos, es determinístico, ya que para la duración de una actividad se toma sólo un valor, siendo fija, por lo tanto, la fecha esperada final (T_E).

El sistema P.E.R.T. utiliza métodos estadísticos para tratar las incertidumbres.

La introducción de la incertidumbre en las gráficas se debido a que, a veces, la duración de una tarea se desvía considerablemente de su valor medio por causas más o menos imprevisibles, pudiendo igualmente acelerarse por causas también imprevistas.

SISTEMA ROY.

Antecedentes.

Simultáneamente que en los Estados Unidos, en Francia se estudiaba el problema de la planificación de proyectos con gran número de tareas. Bernard Roy puso a punto su método de los potenciales, en el cual el camino crítico es parte primordial de la idea

(como en el CPM y en el PERT).

El primer artículo de Roy sobre este método apareció en 1959. Sin embargo, en contra de la amplia difusión que tuvo el PERT en América latina, el Roy apenas se desarrolló en Francia. El gran desarrollo del PERT/CPM en el mundo entero ha hecho que se vuelva a estudiar el Roy, lo que ha permitido encontrarle algunas ventajas respecto al PERT/CPM.

Análisis.

En el Roy, como en el PERT/CPM, el proyecto se descompone en una serie de actividades o tareas cuya realización está sometida a cierto número de condiciones o restricciones que se representan mediante un diagrama; pero, a diferencia del PERT/CPM, en el Roy los nudos representan las tareas o actividades y los arcos o flechas representan las restricciones.

En realidad, este estudio es un problema de ordenación con las siguientes características:

1. El objetivo del problema es el estudio y control de la realización de algo.
2. Esta realización puede descomponerse en un conjunto de actividades (tecnológicas) que pueden ser:
 - a) Características de fechas.
 - b) Características de duración.
 - c) Características de medios o recursos.
3. La ejecución de las tareas está sometida a un conjunto de restricciones o ligaduras que condicionan los valores de sus características.

Ligaduras, suceso, actividad: Tiempo más próximo T_E Tiempo límite T_L .

Las ligaduras o restricciones pueden ser de tres tipos:

1. Potenciales, que fijan la posición en el tiempo de una actividad respecto a otras o respecto al calendario.

Se subdividen en:

- a) Ligaduras de localización temporal.
- b) Ligaduras de posterioridad o de sucesión.
2. Acumulativas, que son producidas por la limitación de los recursos disponibles para la ejecución de las realizaciones (es decir, que limitan las actividades que no se puedan realizar simultáneamente).
3. Disyuntivas, cuando el intervalo de tiempo de las actividades no puede tener ninguna parte común (es decir, utilizan el mismo equipo).

Diferencias del sistema Roy con el PERT y el CPM

1. En el Roy destaca el problema de los costos y el equilibrio de las cargas de trabajo frente al PERT/CPM en que predomina sobre cualquier consideración el tiempo.
2. En el Roy no existen actividades ficticias (quizá sea una de las causas de la importancia que está tomando este método, ya que al introducir la red en los ordenadores ahorra mucho dinero al tener menos actividades).

Duraciones:

Las duraciones o tiempos no tienen exactamente el mismo significado en el Roy que en el PERT/CPM, ya que pueden indicar dos conceptos:

Actividad principio y actividad final.

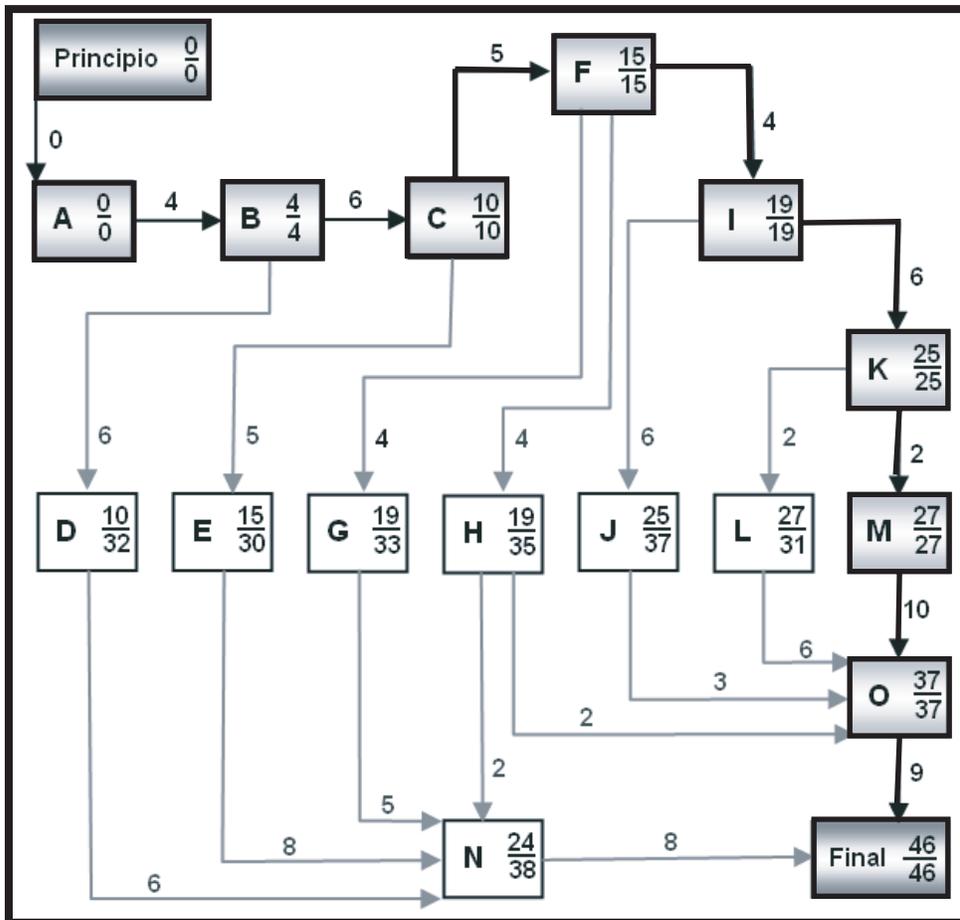
Debido a estas ligaduras, existirá siempre una actividad principio que designaremos: ³



Y una actividad final designada por:



Representación del sistema Roy



Holguras.

La holgura o margen total es la diferencia entre el tiempo límite y el más próximo de

3 Croquis sacados del libro: Planificación gráfica de obras. Pomares Juan, 1ª Edición. Editorial Gustavo Gili, S.A de C.V, Barcelona, España, 1977. pp. 92.

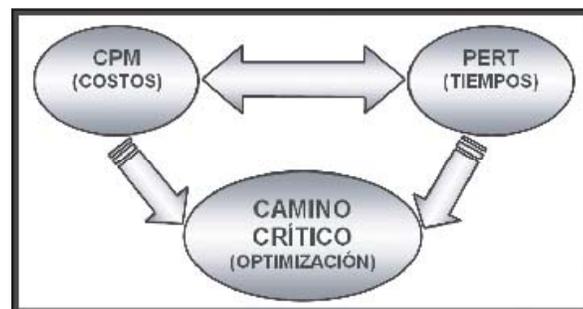
iniciación de cada actividad, o sea el tiempo suplementario de que se dispone para una realización de la tarea.

La holgura o margen libre de cada actividad la calculamos considerando las distintas ligaduras que se originan en dicha actividad y hallando, para cada una de ellas, la diferencia entre el tiempo más próximo de iniciación de la actividad en que termina la ligadura y el de la actividad considerada; esta diferencia se calcula para cada valor de la ligadura.

El menor de estos valores es la holgura libre. Hacemos constar que el sistema Roy que indicamos es una simplificación del planteado por Roy, pero nos es perfectamente válido para el estudio y planteamiento de variados problemas de organización, resolviéndolos por analogía al CPM/PERT.

SISTEMA: MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO (AGUSTÍN MONTAÑO).

Dos son los orígenes del Método del Camino Crítico: El primer origen fue el PERT (*Program Evaluation and Review Technique*); el segundo origen fue el CPM (*Critical Path Method*), que buscó 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.

Definición y usos.

El Método del Camino Crítico es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo. 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:

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

Análisis:

El Método del Camino Crítico consta de dos ciclos:

1. Planeación y programación.
2. Ejecución y control.
 1. Etapas de la Planeación y programación:
 - a) Definición del proyecto.
 - b) Lista de actividades.
 - c) Matriz de secuencias.
 - d) Matriz de tiempos.
 - e) Red de actividades.
 - f) Costos y pendientes.
 - g) Compresión de la red.
 - h) Limitaciones de tiempo, de recursos y económicas.
 - i) Matriz de elasticidad.
 - j) Probabilidad de retraso.
 2. Etapas de la Ejecución y control:
 - a) Aprobación del proyecto.
 - b) Órdenes de trabajo.
 - c) Gráficas de control.
 - d) Reportes y análisis de los avances.
 - e) Toma de decisiones y ajustes.

El primer ciclo termina hasta que todas las personas responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente de acuerdo con el desarrollo, tiempo, costos, elementos utilizados, coordinación, etc., a partir de lo que marca la red del camino crítico.

Al terminarse la primera red, generalmente hay cambios en las actividades, en las secuencias, en los tiempos y algunas veces en los costos, por lo que hay necesidad de diseñar nuevas redes hasta que exista una completa conformidad de las personas que integran el grupo de ejecución.

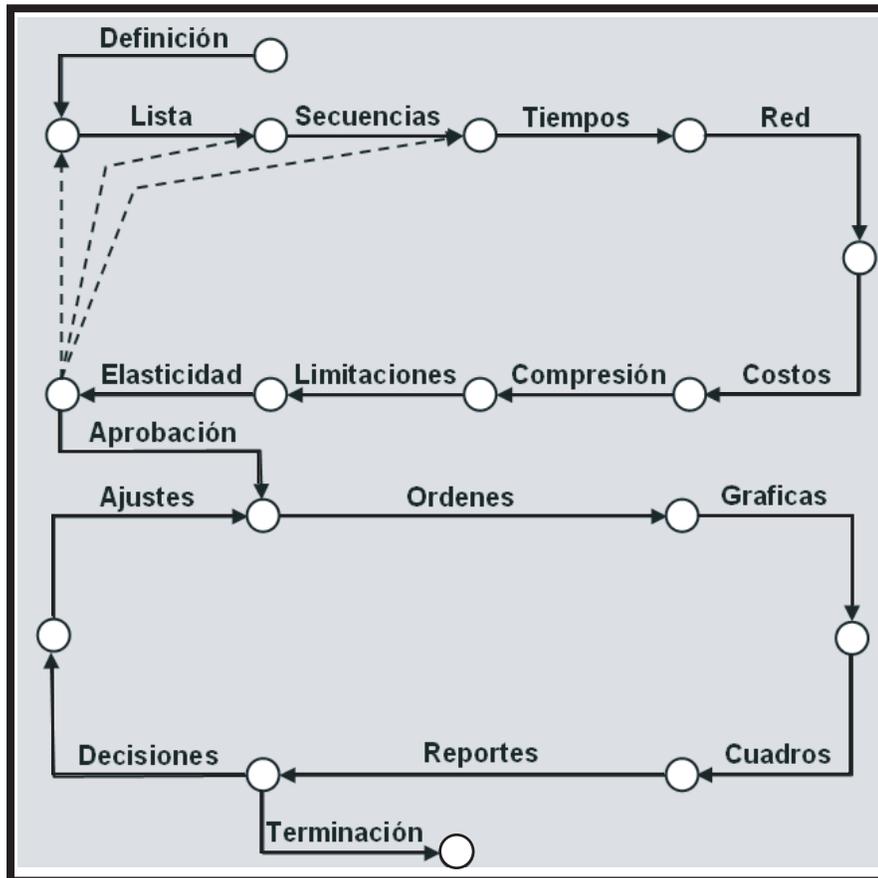
El segundo ciclo termina al tiempo de hacer la última actividad del proyecto y entre tanto existen ajustes constantes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el trabajo realizado.

CONCLUSIÓN

En virtud de que todas las metodologías que se usan de ruta crítica, como son: CPM, PERT, CPM-PERT, ROY, Schejetnan, Martino y Montaña, etc. Son bastante precisas, aunque complejas y a veces difíciles de entender, exceptuando el sistema Gantt que no es preciso, se decidió buscar un sistema que fuera más sencillo de comprender, programar, preciso, objetivo y gráfico.

Realizamos una investigación con la mayor cantidad de metodologías existentes, analizando sus fortalezas y debilidades, proponiendo enfoques adicionales que lo enriquezieran y que fuera fundamentalmente para construcción.

Grafica de los dos ciclos del camino crítico:



Logramos una combinación gráfica como el sistema de Gantt y tan precisa como CPM y se adicionaron fechas de compra de diferentes materiales, número de personal y costo por etapas. El interés que surgió del análisis de las diferentes metodologías conocidas, nos llevó a presentar en este artículo la características de cada una de ellas y a decidir presentar en el siguiente artículo nuestra propuesta de metodología. Por cuestiones de espacio, este artículo se presenta de una manera sintética. Si se requiere profundizar sobre el tema, a partir de 01/12/2005 estará en la biblioteca el estudio completo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero Muñoz, Pedro, *Administración, programación y control por el método de la ruta crítica para edificios*, Tesis, Chilpancingo, 1972.
- Antill, James, *Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción*, 2ª ed., México, Limusa, 2001.
- .Catalytic Construction Company, *Método del camino crítico*, México, Diana, 1980.
- Martino R. L., *Administración y control de proyectos*, Tomo 2, México, técnica, 1970.
- Montaño, Agustín, *Iniciación al método del camino crítico*, 4ª ed., México, Trillas, 2000.
- Pierre Poggioli, *Aplicación práctica del método PERT*. 2ª ed., Barcelona, Editores técnicos asociados, S.A, 1976

Pomares, Juan, *Planificación gráfica de obras*, Barcelona ,Gustavo Gili, 1977.

Schjetnan Dantan, Mario, *Ruta crítica al alcance de todos*, México, Dirección General de Publicaciones UNAM, México, 1977.