

**CONTROL DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO EN EDIFICACIONES CON
AYUDA DE MICROSOFT PROJECT 2007.**

LUZ ESTELA ARISTIZÁBAL CASTAÑO
JOHN JAIRO OSORIO LOPERA
JUAN ESTEBAN QUIROZ GÓMEZ

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
MEDELLÍN
2009

**CONTROL DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO EN EDIFICACIONES CON
AYUDA DE MICROSOFT PROJECT 2007**

LUZ ESTELA ARISTIZÁBAL CASTAÑO
JOHN JAIRO OSORIO LOPERA
JUAN ESTEBAN QUIROZ GÓMEZ

Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Interventoría de Obras Civiles

Director
JOHN MARIO GARCÍA GIRALDO
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
MEDELLÍN
2009

CONTENIDO

RESUMEN	9
GLOSARIO	11
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO TEÓRICO	13
2. HISTORIA DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRAS CIVILES	18
3. EL CONCEPTO DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS	19
4. PLANEACIÓN DEL PROYECTO	22
5. DEFINICIÓN DE LAS DELIMITACIONES DEL PROYECTO	25
6. PREPARACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DEL ÁMBITO	27
6.1 LO QUE EL PLAN DE ADMINISTRACIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO PUEDE INCLUIR:	27
6.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN.	27
6.2.1 DIAGRAMA DE GANTT	28
6.2.2 EL METODO PERT (Program Evaluation Review Technique) Técnica de evaluación y revisión de programas	30
6.2.3 EL METODO CPM: Camino crítico (Critical Path Method)	37
6.2.3.1 Metodología	40
6.2.3.2 Planeación y Programación	40
6.2.3.3 Ejecución y Control	40
6.3 CONTROL DEL PROYECTO	49
7. PROGRAMACIÓN CON MICROSOFT PROJECT 2007	52
7.1 BASE DE DATOS DE MICROSOFT PROJECT	52

7.2	PASOS PARA CREAR UN PROYECTO EN MICROSOFT PROJECT 2007	52
	BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura No 1- Diagrama de ruta crítica.	14
Figura No 2 - Listado de actividades a realizar y su correlación.	15
Figura No 3 - Calendario de trabajo para las actividades programadas.	16
Figura No 4 - Asignación de recursos, estos pueden ser mano de Obra, materiales, equipo y herramienta.	16
Figura No 5 - Programación de tiempo de ejecución y de recursos asignados.	17
Figura No 6 - Seguimiento en la ejecución de la obra, para tomar correctivos necesarios a tiempo.	17
Figura No 7 - Subprocesos de planeación.	23
Figura No 8 - Diagrama de Gantt.	29
Figura No 9 – Diagrama de flechas.	30
Figura No 10 - Diagrama método PERT.	32
Figura No 11 - Curva de distribución Beta.	34
Figura No 12 - Fórmulas de tiempo esperado.	35
Figura No 13 - Curva de distribución normal.	35
Figura No 14 - Red PERT.	37
Figura No 15 - Forma de presentar las actividades que parten de un mismo evento y llegan a un mismo evento.	44
Figura No 16 – Forma de presentar una actividad que parte de una parte intermedia de otra actividad.	45
Figura No 17 – No deben dejarse eventos sueltos al terminar la red.	45

Figura No 18 – Presentación de la red de actividades.	46
Figura No 19 – Representación de los tiempos de terminación tardía	47
Figura No 20 – Representación de la ruta crítica.	47

TÍTULO

**CONTROL DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO EN EDIFICACIONES CON
AYUDA DE MICROSOFT PROJECT 2007**

AUTORES

LUZ ESTELA ARISTIZÁBAL CASTAÑO

JOHN JAIRO OSORIO LOPERA

JUAN ESTEBAN QUIROZ GÓMEZ

TÍTULO QUE SE OTORGA

Especialista en Interventoría de Obras Civiles

Director

JOHN MARIO GARCÍA GIRALDO

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

MEDELLÍN

2009

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar procesos técnicos sistematizados para el control eficiente de la programación y el presupuesto de construcción en edificaciones, logrando obras de óptima calidad para el usuario final. De esta forma se espera que la herramienta tecnológica se convierta en

un instrumento que facilite la ejecución de procesos de Interventoría o de control para empresas de consultoría y construcción.

Para lograr el objetivo principal es necesario:

1. Otorgar las herramientas teóricas necesarias para el seguimiento y control de un proyecto constructivo.
2. Implementar el marco conceptual para el uso de un software especializado en el control de programación y presupuesto de un proyecto de edificación.
3. Potenciar la herramienta Project 2007 como un instrumento de apoyo para el control en un proyecto de construcción.
4. Elaborar un manuscrito que sirva como guía a los profesionales de la Ingeniería y Arquitectura en el área de control de proyectos de construcción.
5. Establecer un método adecuado de presentación de informes, enfocados al control de un proyecto constructivo, mediante la utilización del Project 2007.

En la primera parte de este trabajo se presentan las bases teóricas que los profesionales de la consultoría y/o la construcción deben manejar para lograr implementar el software Project 2007 en el control de la programación y del presupuesto de una edificación de manera eficiente para dar cumplimiento a las especificaciones de un proyecto.

En la segunda etapa se desarrolla un ejemplo práctico con el fin de poder dar a conocer los pasos a seguir para el manejo del software en la práctica de la construcción.

GLOSARIO

PLANEACION: es el proceso de seleccionar un método y orden, dentro de todas las posibilidades y secuencias en que podría efectuarse un proyecto, señalando su forma de realización.

PRESUPUESTO: es el cálculo muy aproximado de la valoración de todo lo que tiene que ver con cada una de las actividades, por ejemplo valor de mano de obra, costo de materiales, equipos, herramientas menores, etc; con el fin de establecer un valor final del proyecto muy cercano al real.

PROGRAMACIÓN: es la determinación de los tiempos de realización de las distintas actividades que comprende el proyecto, y la coordinación de estas, a fin de poder calcular la duración total.

PROYECTO: es un conjunto planeado de trabajos a ejecutar para hacer algo, por lo tanto el concepto de proyecto implica un comienzo y un final claramente definidos y su ejecución demanda tiempo y consume recursos.

RECURSOS: son personas, provisiones y equipo que permiten realizar las tareas del proyecto; en Project se definen recursos de trabajo, materiales y de costo. Los recursos de trabajo son el equipo o las personas que dedican su tiempo a trabajar en la tarea; los recursos materiales son artículos que se usan mientras se trabaja en un proyecto; los recursos de costo le ofrecen una manera de agregar un costo fijo a una tarea sin que el costo dependa del trabajo realizado.

RUTA CRITICA: es una representación visual que se utiliza para identificar las tareas que deben completarse a tiempo para que el proyecto esté completo en la fecha de término.

INTRODUCCIÓN

En la ejecución de las obras civiles se hace necesario realizar el control de la programación y el presupuesto para diversas actividades en la construcción del proyecto, encontrándose en la mayoría de los casos con el problema de que para ese control no se tienen las herramientas necesarias que permitan hacerlo de manera fácil, rápida y eficiente.

La falta de control en la programación, genera una deficiencia en el seguimiento a las actividades realizadas dentro de un proyecto constructivo, trayendo como consecuencia al constructor la pérdida importante no sólo de tiempo para la entrega final del proyecto y de recursos que quedan mal invertidos en la construcción de la edificación producto de la falta de efectividad por no verificar a tiempo lo que está sucediendo en cada una de las etapas de ejecución del proyecto de construcción. Producto de esta falta de control se genera un incumplimiento de los plazos y valor presupuestado de la edificación que se refleja en el mayor valor final del proyecto.

Aquí se presenta una guía escrita para el control de proyectos con la ayuda del Microsoft Project 2007 que sirva a todas las personas encargadas de un proyecto constructivo, con el fin de lograr una claridad tanto para el constructor, el interventor y el dueño de la obra en cada momento de la ejecución de todas las actividades del proyecto, para poder así tomar decisiones acertadas en el momento justo y llevar a cabo proyectos que se encuentren dentro de lo presupuestado según el cumplimiento de las programaciones realizadas.

1. MARCO TEÓRICO

Para llevar a cabo la construcción de un proyecto, se hace necesario planear las actividades a realizar, con el fin de encontrar un orden de ejecución que permita llevar las obras de una manera ordenada, metódica y funcionalmente efectiva, con estos ítems se puede planificar el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Método constructivo.
- Duración de las actividades.
- Correlación entre las actividades.
- Recursos necesarios para llevarlas a cabo, como son: mano de obra, materiales, herramienta y equipo

Es importante también, establecer el tiempo, el lugar, el personal, la calidad, la economía y seguridad en cada una de las actividades, de acuerdo al proyecto en particular que se vaya a realizar.

Cuando se tienen definidos todos los parámetros anteriormente mencionados se puede hacer la programación con la que se va a realizar la construcción del proyecto; que finalmente no es más que una herramienta de control de proyectos constructivos.

En la actualidad se cuenta con varios métodos; métodos de ruta crítica CMP y el método PERT para realizar una programación lógica y ordenada de un proyecto.

El método CPM: método de la ruta crítica, es un método determinístico, se basa en los rendimientos para conocer la duración de las actividades, fue creado en el año 1957 por Morgan R. Walker y James I. Killey para la construcción de una planta química de Dupont.

El método PERT: programa de evaluación y revisión técnica, es un método probabilístico, trabaja con la estadística de probabilidades, se apoya en conceptos como son la desviación estándar, la varianza, etc., para conocer el tiempo de duración de las actividades, fue creado en 1958 por la firma Allen and Hamilton (Chicago), para la marina de EEUU, para controlar el programa de lanzamiento del proyectil Polaris, con una reducción de dos años en el proyecto.

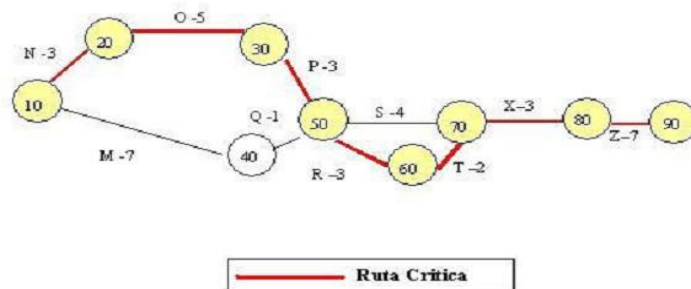


FIGURA No 1 - DIAGRAMA DE RUTA CRÍTICA.

Para la programación y control de obra, hoy día se cuenta con herramientas tales como el software Project 2007. Lo primero que hay que hacer es determinar el objetivo final del proyecto, así mismo sus fases principales necesarias para alcanzarlo; debe tenerse un orden de realización de actividades según su correlación, saber que recursos, tanto de mano de obra como de materiales y equipos se necesitan.

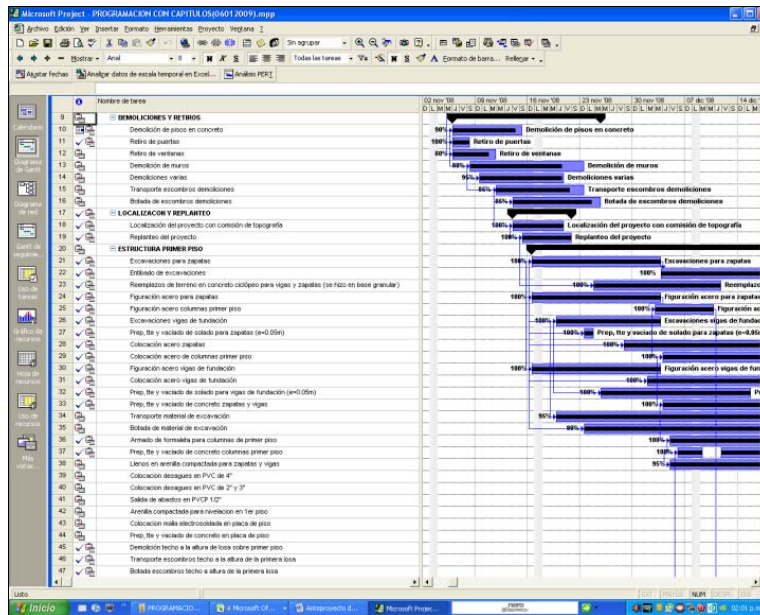


FIGURA No 2 - LISTADO DE ACTIVIDADES A REALIZAR Y SU CORRELACIÓN.

Después de tener la secuencia lógica programada es de gran importancia hacer un seguimiento y una debida administración al proyecto que ya se tiene en marcha, y es en este punto donde la herramienta que vamos a implementar es de gran ayuda, pues permite hacer modificaciones sobre la marcha y dejar prever que puede suceder en cuanto a costo, calidad y tiempo en todos los recursos utilizados, es decir, mano de obra, materiales, equipo, etc., para el logro del objetivo final del proyecto.

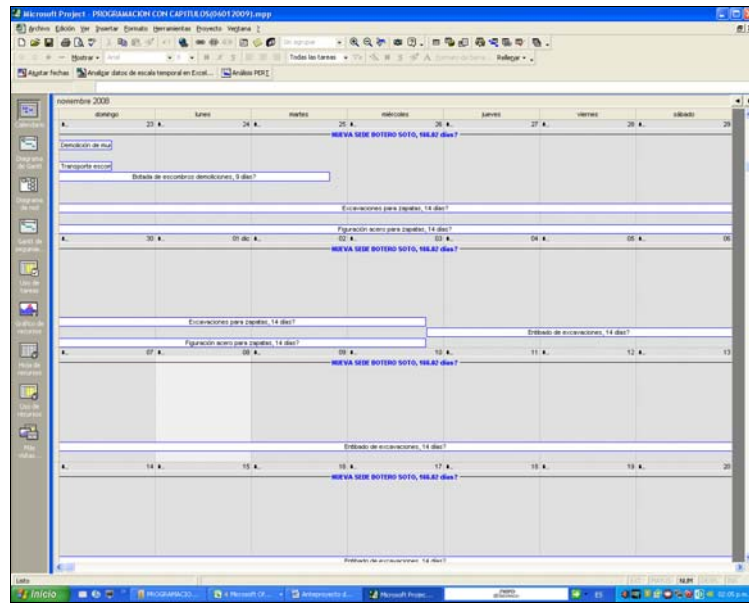


FIGURA NO 3 - CALENDARIO DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS.

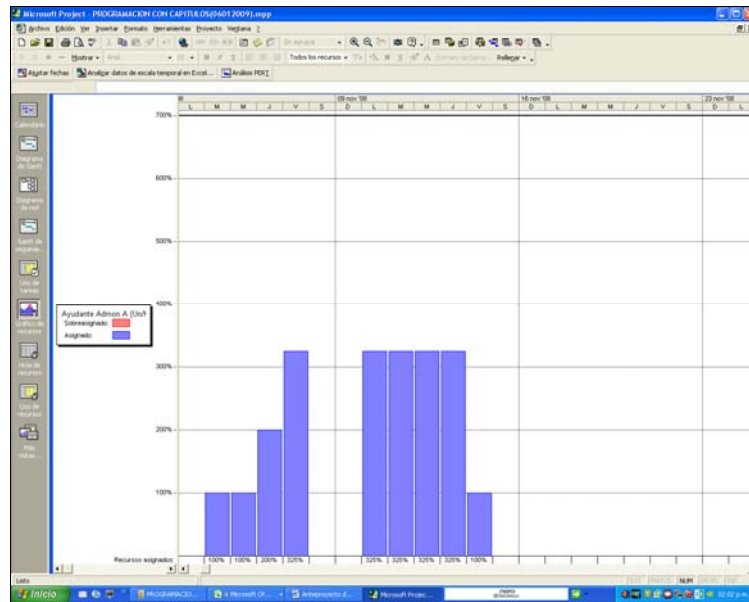


FIGURA NO 4 - ASIGNACIÓN DE RECURSOS, ESTOS PUEDEN SER MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA.

Se espera lograr con este trabajo un manuscrito que sirva de guía para la administración y control de proyectos de construcción.

ID	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Unidad	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra
202	Acabado de pintura en manopuella de primer piso (m²)	Material	A				\$ 2,400.00	
238	Acabado de pintura en manopuella de segundo piso (m²)	Material	A				\$ 3,400.00	
269	Acabado de pintura en manopuella de tercer piso (m²)	Material	A				\$ 3,400.00	
31	Acero de refuerzo A (kg)	Material	A (kg)				\$ 970.00	
188	Asobancadas de fibra sintética en primer piso (m²)	Material	A				\$ 9.00	
67	Adiқан personal A (LH)	Material	A (LH)				\$ 0.00	
203	Adiқан personal para zona exterior (m²)	Material	A				\$ 13,200.00	
33	Armadado para faja A (m²)	Material	A (m²)				\$ 30,000.00	
7	Alambre quemado A (kg)	Material	A (kg)				\$ 1,360.00	
68	Albanosita A (LPHH)	Trabajo	A (LPHH)			100%	\$ 5,000.00/hora	\$ 0.00/hora
14	Almuerzo A (D)	Material	A (D)				\$ 27,840.00	
8	Arma de concreto A (m³)	Material	A (m³)				\$ 30,160.00	
41	Arma de paja A (m²)	Material	A (m²)				\$ 20,000.00	
42	Arma de revuque A (m²)	Material	A (m²)				\$ 26,680.00	
97	Armadado conectado para revuque en 1er piso (m²)	Material	A				\$ 12,000.00	
34	Armadado para revuque de piso A (m²)	Material	A (m²)				\$ 15,000.00	
92	Armadado de formata para columna de primer piso (m²)	Material	A				\$ 0.00	
149	Armadado de formata para muro de contención (m²)	Material	A				\$ 0.00	
154	Armadado de obra faja para losa sobre primer piso (losa exterior área acrobombada) (m² en concreto + albanosita)	Material	A				\$ 0.00	
105	Armadado de obra faja para losa sobre primer piso (m²)	Material	A				\$ 0.00	
127	Armadado de obra faja para losa sobre segundo piso (m²)	Material	A				\$ 0.00	
102	Armadado de formata para vigas descolgadas losa sobre primer piso (m²)	Material	A				\$ 0.00	
134	Armadado de formata para vigas descolgadas losa sobre segundo piso (m²)	Material	A				\$ 0.00	
1	Asistente Alban A (LPHH)	Trabajo	A (LPHH)			700%	\$ 3,850.00/hora	\$ 0.00/hora
45	Bocanillo claro B (LH)	Material	B (LH)				\$ 627.00	
44	Bocanillo oscuro B (LH)	Material	B (LH)				\$ 624.00	
140	Batida de escombros demolición muro de contención (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
77	Batida de escombros demolición (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
95	Batida de escombros de excavación (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
101	Batida escombros techo a altura de la primera losa (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
130	Batida escombros techo a altura de la segunda losa (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
143	Batida material sobrante de la excavación fundación vigas de muro de contención (m²)	Material	B				\$ 20,000.00	
17	Cantón C (LH)	Material	C (LH)				\$ 10,000.00	
19	Cantón C (DL)	Material	C (DL)				\$ 0.58	
36	Casillones en madera C (m²)	Material	C (m²)				\$ 0.00	
3	Cemento C (kg)	Material	C (kg)				\$ 27,480.00	
65	Cinta para alfiler	Material	C				\$ 0.00	
23	Cable #7 pvc san C (OO)	Material	C (OO)				\$ 42,368.00	
25	Cable 12" pvc C (OO)	Material	C (OO)				\$ 3,344.00	
21	Cable 2" pvc san C (OO)	Material	C (OO)				\$ 10,288.00	
22	Cable 3" pvc san C (OO)	Material	C (OO)				\$ 16,000.00	
47		Material	C				\$ 0.00	

FIGURA NO 5 - PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN Y DE RECURSOS ASIGNADOS.

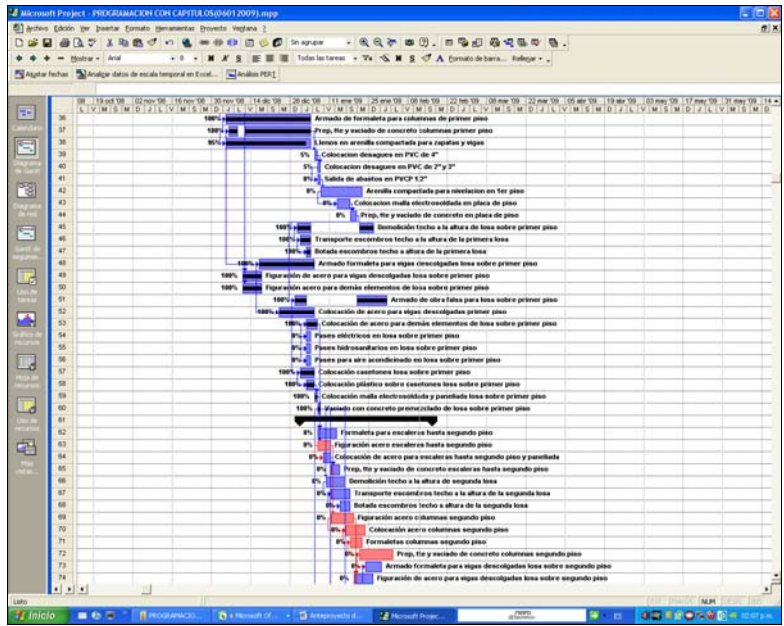


FIGURA NO 6 - SEGUIMIENTO EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA, PARA TOMAR CORRECTIVOS NECESARIOS A TIEMPO.

2. HISTORIA DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRAS CIVILES

El concepto de planeación ha acompañado al hombre desde tiempos inmemorables, pues cada vez que se desea ejecutar un proyecto, sea constructivo, militar, administrativo, etc., es necesario pensar en un derrotero lógico de planeación que permita su ejecución final.

Los métodos de programación datan desde principios del siglo XX, fue en esta época que se trató de analizar por primera vez la relación de trabajo versus tiempo, es decir, allí estaba el hombre tratando de alguna manera de controlar la eficiencia en los proyectos emprendidos.

3. EL CONCEPTO DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS

A medida de que el grado de complejidad de un determinado proyecto se incrementa y con el ánimo de optimizar y mejorar el desarrollado del mismo, surgió la necesidad de tener una correcta planificación y un efectivo control en cuanto a las diferentes actividades que componen la obra ya que sin estos instrumentos fundamentales para el proceso, la construcción de infraestructura marcharía sin un rumbo específico en donde posiblemente el presupuesto inicial no cubriría todos los costos que la obra requiere para su buen desarrollo.

Luego, con el pasar de los años y con el constante pero progresivo desarrollo de nuevos proyectos de construcción, cambio en los sistemas constructivos y la adecuación nuevas tecnologías, se han desarrollaron herramientas de planificación, como es el caso de la programación de proyectos, la cual es una técnica para planear y controlar el correcto desarrollo de un determinado proceso en el tiempo y así poder establecer un modelo de referencia para efectuar el debido control en su ejecución. Es acá donde nace la necesidad que la persona encargada de realizar la programación y control de una determinada obra civil posea herramientas que le permitan evaluar la totalidad de las variables que inciden en el proyecto, las cuales se encuentran dadas por los insumos, el recurso humano y económico a lo que se le debe agregar también el componente del tiempo y medio ambiente, los cuales son los más difíciles de manejar, aparte de que deben programarse correctamente estos mismos y ejercer control sobre la totalidad de la construcción.

En la actualidad, gracias a los avances técnicos, tanto en la construcción como en las diferentes ramas tecnológicas, especialmente en la informática, es posible implementar y optimizar aún más los nuevos sistemas de planificación y control con el fin de garantizar un ágil y eficaz desarrollo de los proyectos de construcción, en donde convirtamos los principios básicos en soluciones sistematizadas que

puedan adecuarse a solucionar problemas específicos y así establecer el costo óptimo del proyecto.

Para cumplir cabalmente con el normal desarrollo de las actividades planeadas o programadas dentro de la ejecución de un determinado proyecto, se debe realizar un plan o programa el cual debe tener una definición clara de lo que se pretende lograr con el desarrollo de éste, dividirlo en actividades y determinar la correlación que existe entre cada una de ellas. De esta forma, si se conoce la duración de cada una de las actividades que componen la obra, se puede conocer consecuentemente la duración total del proyecto, por lo tanto la programación de un proyecto sirve también para determinar el método o camino más conveniente a desarrollar en un proyecto de construcción, por esta razón debe incluir factores tales como: el orden, el lugar, el tiempo, el personal, el equipo, la calidad, economía y seguridad de cada una de las actividades, cuyo objetivo final esté acorde con la mejor utilización de recursos, no sólo en el ámbito económico, sino que al mismo tiempo esté relacionado con la protección del medio ambiente.

La programación hace parte del correcto cumplimiento del proyecto y representa todas aquellas actividades que deben realizarse en un tiempo determinado para lograr la terminación del mismo, como se mencionó anteriormente, para esto es necesario elaborar un plan de acción y elaborar un listado de actividades a seguir, en donde el plan debe tener una definición clara del objetivo, efectuar la subdivisión de las actividades y determinar la interrelación que existe entre estas, el programa consiste en determinar la duración de cada actividad y estimar la duración total del proyecto. Dichos tiempos pueden determinarse en base a tres posibles factores:

- La experiencia del personal encargado de realizar la programación (obras semejantes o con características similares).
- La cantidad de trabajo a realizar.

- Los recursos asignados.

Basados en lo anterior podemos definir la programación como la elaboración de una red o un diagrama en el que se esquematicen todas las actividades en las que se divide el proyecto, explicando el tipo de relación entre una y otra así como también su duración previamente analizada y definida, igualmente la programación es el proceso para seleccionar qué método es el más conveniente para adoptar en un proyecto, tomando en cuenta todas las maneras y secuencias en las que éste pueda desarrollarse, la cual generalmente es usada para ligar la calendarización y organización, con el fin de asegurar que todo trabajo requerido para completar el proyecto quede terminado.

Por lo tanto el programa de construcción debe tener el mayor desglose posible para tener una mejor precisión en el cálculo de la duración final del proyecto, por lo que se considera necesario hacer la división del proyecto por capítulos de obra, los cuales no sólo describen el trabajo por hacer, sino que también incluyen la duración estimada de las tareas y los recursos necesarios para realizar el trabajo en el tiempo previsto, en los casos que no se tenga algún tipo de información, algunas actividades necesitarán más tiempo del calculado, otras se harán en menos tiempo y algunas se realizarán exactamente de acuerdo con la duración estimada. Sin embargo, durante la vida de un proyecto que incluya un gran número de ítems simples o compuestos, estas demoras o adelantos tenderán a compensarse entre sí.

4. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Luego de haber realizado una pequeña introducción acerca de cómo se debe programar una determinada obra y de los aspectos fundamentales que se deben tener en consideración para llevar a cabo el buen desarrollo de la misma, entramos a definir de una manera más clara y concisa las etapas en las cuales se realiza la planeación de un proyecto de construcción, para posteriormente entrar a describir las técnicas de programación existentes con las cuales se debe programar una obra civil.

Un proyecto se puede definir como una tarea, usualmente de una magnitud considerable que se tiene que completar en un periodo de tiempo determinado, usando un conjunto de recursos y con un presupuesto específico, estos se definen como conjunto de diseños, planos y cálculos, etc., que determinan todo lo necesario para la construcción de una obra la cual deben tener una fecha de inicio y final previamente definida.

Generalmente el ciclo de vida de un proyecto se divide en cuatro etapas:

- Identificación de las necesidades.
- Desarrollo de la propuesta.
- Ejecución del proyecto de construcción.
- Culminación del proyecto.

Para poder desarrollar efectivamente todo lo anterior es necesario tener una buena planificación de lo que se va a realizar, es aquí en donde se define que la planeación del proyecto es el proceso por el cual, mediante la utilización de recursos y tareas secuenciales se cumplen los objetivos del proyecto, en resumen se puede definir como la etapa en la cual conocemos qué vamos a hacer y cómo lo vamos a lograr.

Así mismo tras haber visualizado la planificación del proyecto se hace necesario establecer los subprocesos de planeación, organización y administración necesarios para alcanzar los objetivos propuestos y posteriormente efectuar la debida planificación de nuestro proyecto.

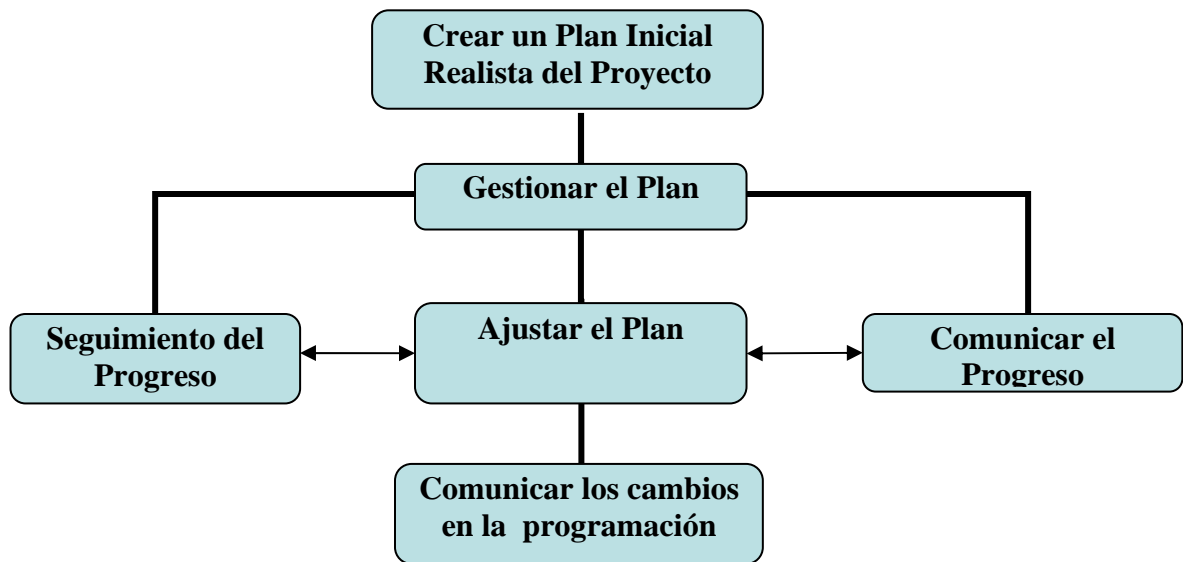


FIGURA NO 7 - SUBPROCESOS DE PLANEACIÓN.

La planeación en cierta medida trata de visualizar el futuro del proyecto de construcción, sin embargo esta salva el vacío entre el sitio donde nos encontramos y aquél al cual queremos llegar, por lo tanto visto de otra manera la planificación puede llegar a ser entendida como un proceso de toma de decisiones las cuales involucran el establecimiento de metas claras y objetivos concisos para su respectiva ejecución, siendo ésta eficaz, siempre y cuando se desarrolle paralelamente junto al control.

Tanto la planeación como la programación de una obra se realizan antes de comenzar el proyecto, y son herramientas fundamentales para controlar el mismo, aunque a veces es necesario reprogramar y re planear, por lo tanto se debe hacer

mucho énfasis en la correcta elaboración de las actividades que se describen a continuación:

- Entregas de otros proyectos o departamentos: Si el proyecto va a depender del trabajo de otras personas, ¿son conscientes estas personas de la relación y están de acuerdo con las fechas de entrega establecidas?
- Evaluar los tiempos de duración de las Actividades: ¿Están fundamentadas las estimaciones de tareas en una información sólida o en suposiciones?
- Establecer la fecha de iniciación del proyecto.
- Determinar la fecha de iniciación de las actividades.
- Determinar la fecha de terminación de las Actividades: establecer de acuerdo al plan de trabajo las fechas límites de finalización de cada actividad.
- Calcular la duración total del proyecto.
- Determinar la ruta crítica: es de vital importancia ya que nos determina la duración total del proyecto.
- Determinar los costos del proyecto.

Estos son unos pocos ejemplos de los asuntos a considerar antes de empezar el proyecto, ya que el éxito de éste depende en último término de la identificación de suposiciones y de la realización de planes alternativos de seguridad, así como de llevar a cabo el proyecto tal como fue diseñado y con el debido control.

5. DEFINICIÓN DE LAS DELIMITACIONES DEL PROYECTO

Las delimitaciones en un proyecto son factores que pueden restringir las opciones de la persona encargada de realizar y controlar la programación. Normalmente, las tres delimitaciones principales son:

- **Programación:** como una fecha de finalización fija o una fecha límite para un hito principal, entiéndase por hito una actividad con duración nula.
- **Recursos:** materiales, instalaciones, equipamiento y personal, así como los costos asociados.
- **Alcance:** como un requisito de realización de tres modelos del producto.

Un cambio en una de estas delimitaciones afecta normalmente a las otras dos, y también afecta a la calidad total. Por ejemplo, si decrece la duración del proyecto (programación), puede aumentar el número de trabajadores necesarios (recursos) y reducirse el número de características que pueden incluirse en el producto (alcance), por lo tanto el programador asesorado por el director del proyecto determina entonces si este ajuste es aceptable.

Durante el proceso de planificación, se deben enumerar las delimitaciones del proyecto para asegurarse de que todos los integrantes del proyecto las conocen y tienen la oportunidad de hacer observaciones acerca de las mismas. También es importante que el cliente, la interventoría y el contratista se pongan de acuerdo sobre la forma en que se ha de responder a delimitaciones inesperadas que puedan surgir durante la ejecución del proyecto (siempre y cuando la Interventoría esté desde la etapa precontractual de la obra). Por ejemplo, si los costos laborales resultan superiores a los contemplados en el presupuesto inicial, los participantes

pueden querer reducir el alcance del proyecto de ciertas maneras específicas predefinidas.

6. PREPARACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DEL ÁMBITO

Una vez identificados los objetivos, suposiciones y delimitaciones del proyecto, se está en condiciones de preparar un plan de administración del alcance.

El alcance del proyecto es la combinación de todos los objetivos y tareas del proyecto con el trabajo necesario para su ejecución, y el plan de administración del alcance establece un procedimiento para el tratamiento de los cambios que se efectúen en el proyecto. Dicho plan es bastante útil porque en algún momento, el cliente o los dueños del proyecto deben ajustar a menudo sus objetivos durante el mismo, y todos los integrantes del proyecto tienen que estar informados puntualmente de los cambios que se introduzcan.

6.1 LO QUE EL PLAN DE ADMINISTRACIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO PUEDE INCLUIR:

- Una evaluación de la probabilidad de que haya que cambiar los alcances de la obra, con qué frecuencia y en qué medida.
- Una descripción de cómo se identificarán y clasificarán los cambios.
- Un plan para determinar las acciones a emprender cuando se identifique un cambio del alcance.

6.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN.

Después de haber obtenido el plan en donde se especificó y organizó la lista de tareas que se deben realizar, así como la duración de las actividades, la interrelación entre las mismas, se calcularon las fechas en las que se va a desarrollar cada actividad, las holguras y las restricciones, se procede con esta información a crear la programación con la ayuda de Microsoft Project, pero primero entraremos a describir un poco los diferentes tipos de técnicas de

programación más utilizados, algunas son muy sencillas en su elaboración y fáciles de interpretar, pero tienen cierto tipo de limitaciones, otras son bastantes útiles pero relativamente complejas en su elaboración.

Las técnicas más comúnmente usadas en la programación de una obra son:

- Diagrama de barras o diagrama de Gantt
- PERT (Program Evaluation Review Technique).
- Método de la Ruta crítica (Critical Path Method, CPM)

6.2.1 DIAGRAMA DE GANTT

Para el control de proyectos existen varias herramientas, una primera herramienta es el **DIAGRAMA DE GANTT**, fue inventada por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt en 1917, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea. Gantt procuró distribuir las diversas actividades de un proyecto 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 Gantt permite también que se siga el desarrollo 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 programado inicialmente.

Este instrumento le permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto, su éxito radica en la sencillez con que se pueden observar en un gráfico el progreso del proyecto, una desventaja es que este diagrama no permite identificar las relaciones existentes entre las actividades, es por esto que para controlar proyectos complejos, con muchas actividades a ejecutar, es necesario implementar técnicas basadas en redes de precedencias, que permiten determinar duraciones y caminos a seguir, de la manera más adecuada para lograr metas en los tiempos esperados, pudiéndose

así asignar recursos y calcular de manera muy aproximada presupuestos. Estos métodos son **PERT, CPM, LPU y ADM**.

La gráfica de Gantt relaciona dos variables que son el tiempo contra la actividad y esta última puede ser de varios tipos: actividad planeada, ejecutada y acumulada, es así como entonces se tienen varios tipos de gráficos de barras, donde cada una de estas maneja su gráfico de Gantt los cuales se describen a continuación.

- Gráfico de planeación: En el que queda consignada la promesa.
- Gráfico de ejecución: En el que queda consignada la realidad.
- Gráfico de acumulación: En este se resume todo lo anterior.

En un diagrama Gantt, cada tarea es representada por una barra horizontal, mientras que las columnas representan el tiempo de ejecución del proyecto, bien sea en días, semanas o meses, dependiendo de su duración. El tiempo estimado para cada tarea se muestra a través de una barra horizontal cuyo extremo izquierdo determina la fecha de inicio prevista y el extremo derecho determina la fecha de finalización estimada (Ver Gráfico No 1). Las tareas se pueden poner en cadenas secuenciales o se pueden realizar simultáneamente.

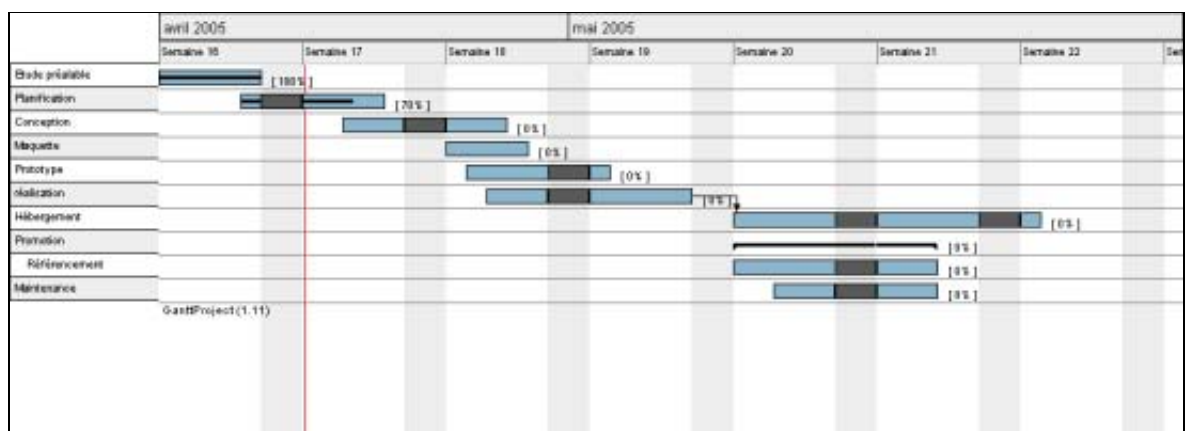


FIGURA NO 8 - DIAGRAMA DE GANTT.

Si las tareas se deben realizar secuencialmente, se puede mostrar el orden de prioridad entre estas utilizando flechas que van de las tareas más importantes a las menos importantes.

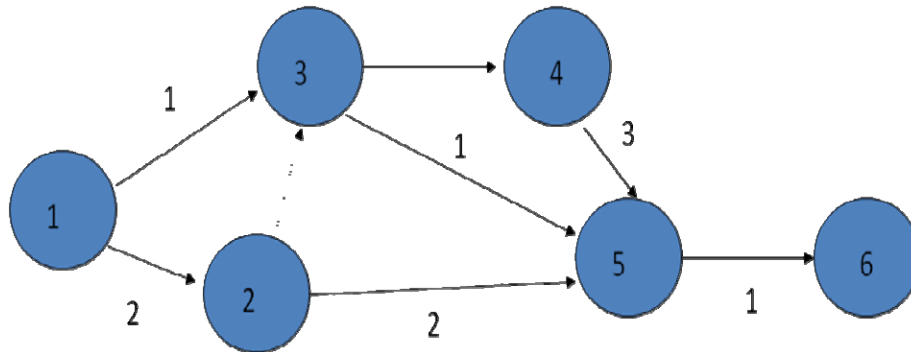


FIGURA NO 9 – DIAGRAMA DE FLECHAS.

En la figura No 2 se puede observar cómo es posible hacer un seguimiento del avance del proyecto, mediante el llenado de las barras horizontales según se vaya llevando a cabo la ejecución de las tareas y el trazado de una línea vertical que permite apreciar a su lado izquierdo las tareas ya ejecutadas, las que aún no se han ejecutado quedarán al lado derecha de la línea y las que están en ejecución se aprecian atravesadas por la misma.

6.2.2 EL METODO PERT (Program Evaluation Review Technique) Técnica de evaluación y revisión de programas

Fue diseñado para la marina de los Estados Unidos en 1958 por la firma Allen and Hamilton, para permitir la coordinación del trabajo de miles de personas que tenían que construir misiles con cabezas nucleares Polaris.

La técnica PERT surgió como consecuencia del esfuerzo tecnológico realizado durante la guerra fría con el objetivo de terminar lo antes posible la construcción de los primeros submarinos nucleares (serie Polaris). El empleo de este método, creado en colaboración entre la marina norteamericana, la empresa aeronáutica Lockheed y la firma de consultores Booz-Allen & Hamilton, permitió reducir en dos

años el período estimado de terminación de los submarinos. Paralelamente, aunque de un modo independiente, la multinacional del sector químico Dupont de Nemours creó un método análogo, denominado C.P.M. (Critical Path Method, método del camino crítico). El método C.P.M. fue mejorado posteriormente, introduciendo la relación existente entre la duración de las actividades que forman el proyecto y su costo. De ese modo, se consiguió programar proyectos a un costo mínimo. (apuntes segundo curso de ingeniería técnica en informática de gestión)

Es un instrumento utilizado para realizar la planificación, ejecución y control de proyectos y debido a su utilización no implica mucha optimización directa. Esta técnica se emplea para proporcionar información sobre la cual se pueden tomar decisiones en donde se determine la probabilidad de cumplir con las fechas de entrega específicas del proyecto en el período de tiempo más corto y minimizando los costos de ejecución.

Este método también identifica aquellas actividades que se encuentran más propensas a sufrir problemas y/o inconvenientes, señala en qué puntos debe hacerse el mayor esfuerzo para no tener retrasos, evaluar el efecto de los cambios en el programa y por último analizar el efecto al presentarse una desviación con lo programado, un ejemplo de todo lo anterior podría ser, la valoración del efecto de un posible cambio en la asignación de recursos de las actividades menos críticas a aquellas que se identificaron con problemas.

Todos los sistemas tipo PERT emplean una red de proyecto para visualizar gráficamente la interrelación entre sus elementos, esta representación del plan de un proyecto muestra todas las relaciones de procedencia, respecto al orden en que se deben realizar las actividades, pero para poder llevar a cabo una óptima aplicación de la técnica PERT es imprescindible partir de tres datos iniciales:

- Conocer el conjunto de actividades que se han de realizar.
- Estimar el tiempo necesario para realizar cada una de ellas.
- Determinar el orden en que han de realizarse las actividades, es decir, señalar cuáles de ellas deben preceder a las otras.

El objetivo del método PERT o teoría de la probabilidad, consiste en programar un modelo matemático adecuado a la descripción e interpretación de cierta clase de fenómenos observados y a través de esta herramienta opera la estadística. Dicho método se aplicaría entonces, en los casos específicos cuando se requiere programar una obra sobre la cual existe poca experiencia, y por lo tanto, los tiempos de duración de sus diversas actividades son inciertos y para ello es necesario apelar a esta técnica y es de aquí donde surge la aplicación del método PERT.

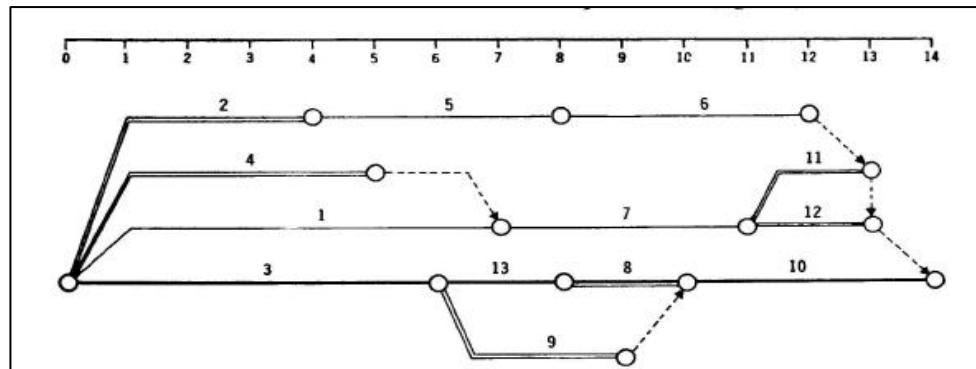


FIGURA No 10 - DIAGRAMA MÉTODO PERT.

Como se mencionó anteriormente, la principal diferencia entre el **PERT** y **CPM** es la manera en que se realizan los estimados de tiempo. El **PERT** supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad. El método **CPM** por otra parte, deduce que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinística y se pueden variar cambiando el nivel de los recursos utilizados.

Para la gran variedad de eventos que transcurren dentro del común de la vida, la curva que más se aproxima a la realidad es la curva de distribución normal, igualmente dentro de este tipo de distribución los parámetros que se deben tener en cuenta para encontrar la probabilidad de ocurrencia de un valor son el valor promedio y la desviación típica estándar “ χ , σ ”.

Con el pasar de los años y debido al gran avance y amplia experiencia que se ha tenido en la construcción se ha notado que esta distribución no es la que más se acopla a los resultados obtenidos. La que más se asemeja a las variaciones de los datos es la distribución beta (β). De acuerdo a lo anterior la distribución de tiempo que supone el **PERT** para una actividad es una distribución tipo beta, en la cual se encuentran definidas tres estimaciones de tiempo para cada una de las actividades, estas son:

- El estimado de tiempo más optimista, a.
- El estimado de tiempo más probable, m.
- El estimado de tiempo más pesimista, b.

La forma de la distribución se muestra en la figura No 4. El tiempo más probable es el tiempo requerido para completar la actividad bajo condiciones normales. Los tiempos optimistas y pesimistas proporcionan una medida de la incertidumbre inherente en la actividad, incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.

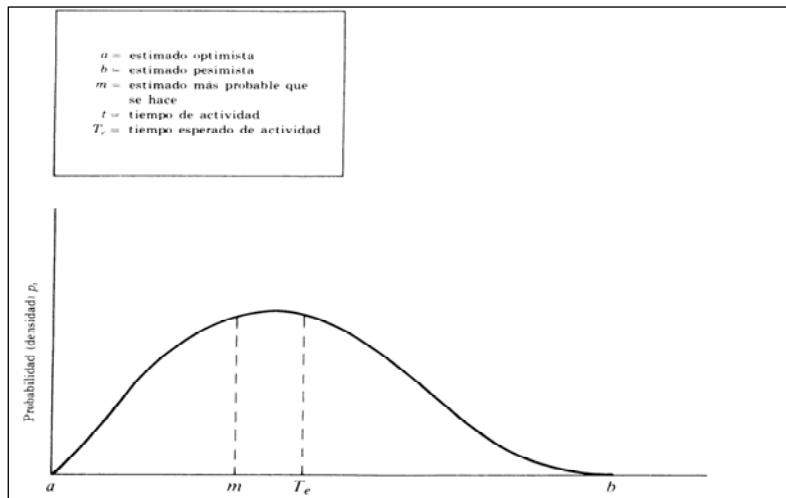


FIGURA NO 11 - CURVA DE DISTRIBUCIÓN BETA.

6.2.2.1 Tiempo más optimista (a): Expresa el tiempo mínimo que será necesario para realizar el trabajo, el cálculo de éste considera aptas todas las circunstancias que han de ocurrir en la realización de la actividad, suponiendo que todo ha de salir bien y sin que se produzcan fallas que puedan afectar la duración de la actividad. Por estas causas, esta apreciación es considerada muy poco realista, es decir es contar con suerte excepcional al cual corresponde una probabilidad de ocurrencia del 1%.

6.2.2.2 Tiempo más probable (m): Corresponde al tiempo normal en que la actividad puede llevarse a cabo y cuyo resultado se obtiene frecuentemente repitiendo muchas veces la actividad, bajo las mismas circunstancias o condiciones.

6.2.2.3 Tiempo pesimista (b): Es lo inverso al optimista. Salvo las situaciones incontrolables, como los efectos de la naturaleza, éste nos señala el tiempo que se necesitaría si todos los que tuvieran que realizar la actividad la ejecutaran mal. Prácticamente, también la probabilidad de que se necesite un tiempo mayor que el pesimista para cumplir la actividad es del 1%.

Realizadas las tres estimaciones de tiempo, éstas son reducidas por medio de principios estadísticos a un solo estimativo de tiempo el cual llamaremos tiempo estimado $T_e (Z)$ y a otros conceptos estadísticos ya mencionados anteriormente. Como ya sabemos estos tiempos de ejecución o tres estimaciones de tiempos siguen una distribución tipo Beta y de acuerdo con las características de esta distribución y haciendo ciertas suposiciones que son válidas para los fines prácticos que se quieren, se ha encontrado que la expresión para el cálculo del tiempo esperado $T_e (Z)$, sería el siguiente:

$$T_e (Z) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma (Z) = \frac{b - a}{6}$$

FIGURA NO 12 - FÓRMULAS DE TIEMPO ESPERADO.

La hipótesis que respalda esta fórmula plantea la división de la incertidumbre con la suposición de un 50% de posibilidades que sea correcta. Esto es, si sobre una gráfica colocamos los valores posibles de la duración en un eje y en el otro la posibilidad de cada uno de ellos, el valor del tiempo estimado dividirá el área de la curva en dos partes iguales, tal como puede verse en el gráfico No 5.

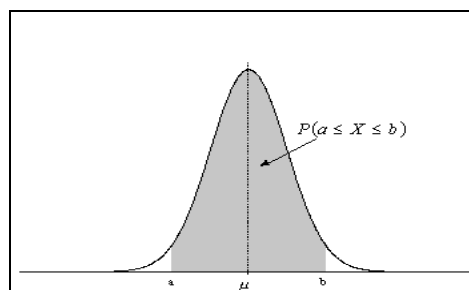


FIGURA NO 13 - CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL.

En resumen el tiempo final esperado de un proyecto es la sumatoria de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica. De igual modo, suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes (realmente, una suposición bastante cuestionable), la varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica.

Esta técnica ha demostrado ser una herramienta efectiva en el diseño, desarrollo y defensa de proyectos. Tiene cierta ventaja sobre el Diagrama de flechas y las redes, cuando el logro de los objetivos es incierto, la cual a través de su cálculo probabilístico permite determinar las posibles duraciones de las actividades a través de la implementación de su teoría de la incertidumbre.

La red PERT consta de los siguientes elementos:

- Tareas, actividades o etapas, representadas por una flecha. Se le asigna a cada una de las tareas un código y una duración, sin embargo la longitud de la flecha es independiente de la duración de la tarea.
- Etapas, es decir, el inicio y el final de la tarea. Cada tarea tiene una etapa de inicio y una de finalización, con excepción de las etapas iniciales y finales, cada etapa final es una etapa de inicio de la siguiente tarea. Las etapas generalmente están numeradas y representadas por un círculo, pero en algunos otros casos pueden estar representadas por otras formas, es decir, pueden ser cuadrados, rectángulos, óvalos, etc.
- Tareas ficticias, representadas por una flecha punteada que indica las limitaciones de las cadenas de tareas entre ciertas etapas.

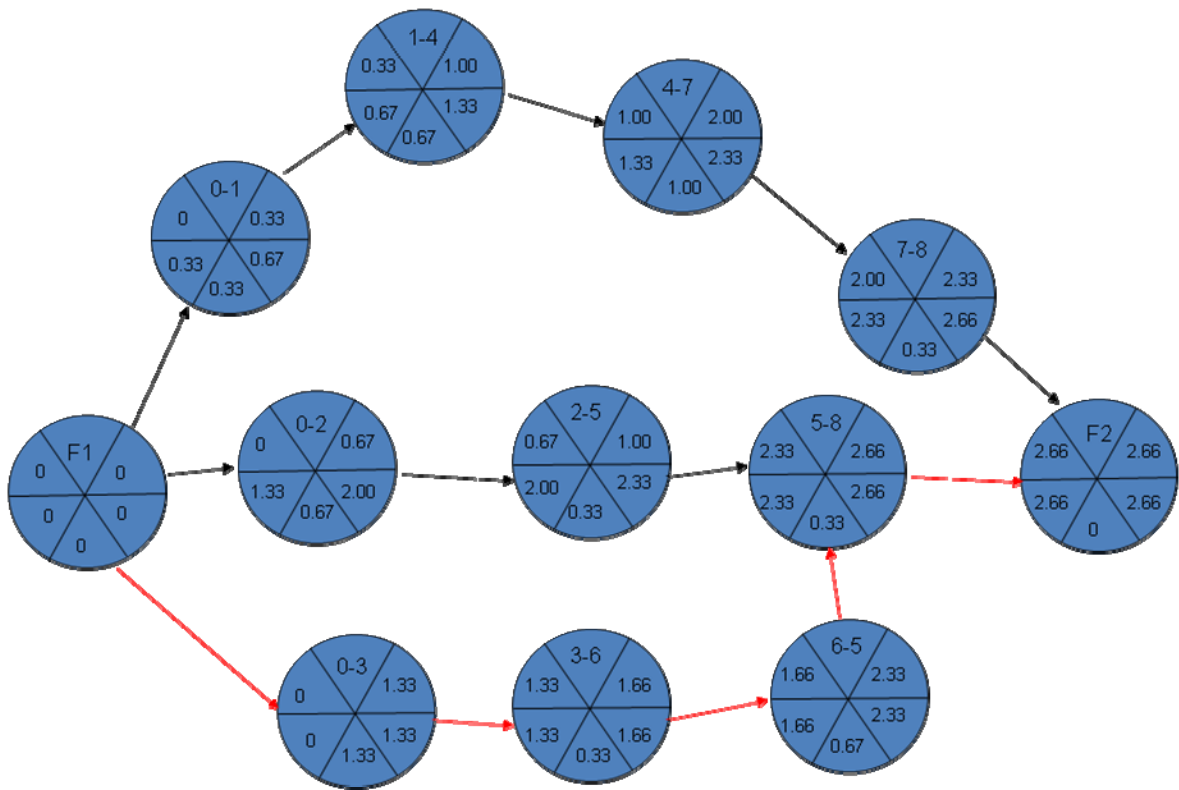


FIGURA No 14 - RED PERT.

6.2.3 EL METODO CPM: Camino crítico (Critical Path Method)

El método de la ruta crítica se puede definir como 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 determinado y al costo óptimo.

El Método CPM (Critical Path Method), fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización los costos mediante la adecuada planeación y programación de las actividades componentes del proyecto. Inicialmente la misma armada de los estados unidos (USA) en el mismo año debido a los constantes problemas presentados en la administración

de proyectos, creo el método Pert (Program Evaluation and Review Technique) el cual cumplía la función de controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, debido a la gran necesidad de que estos terminaran dentro de los intervalos de tiempo disponibles.

Ambos métodos aportaron los elementos administrativos necesarios para formar el método de la ruta crítica 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.

El campo de aplicación de este método es muy extenso, debido a su gran flexibilidad y adaptabilidad abarca desde los estudios iniciales para un proyecto determinado, hasta la planeación y operación de sus instalaciones. A esto se puede añadir una lista indeterminable de posibles aplicaciones de tipo específico, por lo tanto podemos afirmar que el método de la ruta crítica es aplicable y útil en cualquier situación en la que se tenga que llevar a cabo una serie de actividades relacionadas entre sí para alcanzar un objetivo determinado. Con el ánimo de obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de él, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
- Que el costo de operación sea el más bajo posible y este se ejecute dentro del tiempo establecido.

Dentro del ámbito de aplicación, esta técnica de programación se ha venido utilizando en la planeación y control de todo tipo de obras civiles, tales como la

construcción de centrales hidroeléctricas, construcción y pavimentación de vías, construcción de edificios, reparación de barcos, investigación de mercados, estudios económicos regionales, auditorías, distribución de tiempos de salas de operaciones, ampliaciones de fábrica, planes de venta, censos de población, etc. Los beneficios que trae consigo la aplicación del método de la ruta crítica se presentarán de acuerdo a la habilidad con que se haya aplicado. Cabe resaltar que la ruta crítica no es la “**panacea**” que resuelve todos problemas administrativos que se presentan dentro del desarrollo del proyecto, cualquier aplicación incorrecta producirá resultados adversos. No obstante, si el método es utilizado correctamente, establecerá una obra más ordenada y mejor balanceada que podrá ser ejecutada de una manera más eficiente y en el menor tiempo posible.

El principal beneficio que nos brinda este método es que resume al máximo la imagen general de todo el proyecto, lo que nos facilita la identificación de omisiones, errores y contradicciones en la planeación de actividades; en general, logra que el proyecto se ejecute con el mínimo de problemas.

El error más frecuente que se comente en la práctica, es que se utiliza este método de programación únicamente al inicio del proyecto es decir, se desarrolla el plan y se programa para posteriormente colgar en la pared el diagrama resultante y olvidarse de él durante el resto de la vida del proyecto. El verdadero valor de la técnica resulta más cuando se aplica en forma dinámica, es decir a medida que se presentan hechos o circunstancias imprevistas, el método de la ruta crítica proporciona el medio ideal para identificar y analizar la necesidad de replantear o reprogramar las actividades del proyecto, reduciendo al mínimo el resultado adverso de dichos imprevistos, de igual forma, cuando se presenta una oportunidad para mejorar la programación del proyecto, el CPM permite determinar fácilmente que actividades deben ser aceleradas para que se logre dicha mejoría.

6.2.3.1 Metodología

El método de la ruta crítica se encuentra conformado básicamente por dos ciclos:

6.2.3.2 Planeación y Programación

- Definición del proyecto.
- Lista de Actividades.
- Matriz de Secuencias.
- Matriz de Tiempos.
- Red de Actividades.
- Costos y pendientes.
- Compresión de la red.
- Limitaciones de tiempo, de recursos y económicos.
- Probabilidad de retraso.

6.2.3.3 Ejecución y Control

- Aprobación del proyecto.
- Ordenes de trabajo.
- Gráficas de control.
- Reportes y análisis de los avances.
- Toma de decisiones y ajustes.

En cuanto al primer ciclo este termina hasta que todas las personas responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente de acuerdo con el desarrollo, tiempos de ejecución, costos directos e indirectos, sistemas constructivos, coordinación, etc., tomando como referencia la ruta crítica diseñada. Cuando se termina la primera red, generalmente hay cambios en las

actividades, secuencias, en los tiempos y algunas veces en los costos, por lo que hay necesidad de diseñar nuevas redes hasta que exista un completo acuerdo de las personas que integran el grupo de ejecución, con respecto al el segundo ciclo este termina al tiempo de hacer la última actividad del proyecto y entre tanto existen constantes ajustes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el ejecutado, por lo tanto es necesario graficar en los esquemas de control todas las decisiones que se tomen para ajustar a la realidad el plan propuesto.

En resumen el Critical Path Method (CPM), o método del camino o ruta crítica, es una técnica de programación y control de proyectos que consiste en la preparación de una red o malla que presenta la secuencia precisa en que deben realizarse las actividades programadas, igualmente se puede definir como el conjunto secuencial de actividades cuyo atraso o adelanto en su ejecución repercute directamente en el plazo de realización de todo el proyecto.

Lo que distingue al **CPM** del PERT, es que en éste último, los tiempos previsible de duración de las actividades se determinan según un análisis probabilístico que se calcula a partir de un tiempo optimista, medio y pesimista, en cambio en el CPM solamente se requiere un estimado de tiempo, todos los cálculos se hacen con la suposición de que los tiempos de actividad se conocen y a medida que el proyecto avanza, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso, en el caso de que ocurriera algún retardo en el proyecto, se optimizarían esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en el programa cambiando la asignación de recursos.

La red de actividades presenta una relación lógica de éstas, en el sentido de que unas van antes que otras, según sean o no requisitos de cumplimiento para comenzar con las siguientes, o sea precisan la secuencia y también indican

aquellas actividades que sin ser secuenciales pueden ejecutarse en forma simultánea (precedencias).

La construcción de la red exige conocer y definir:

- Todas las operaciones que deben ser ejecutadas para obtener un resultado final.
- La relación que existe entre esas actividades (dependencia, simultaneidad, secuencia), y el tiempo que demora cumplir cada una de ellas.

Ventajas que ofrece:

- La malla de actividades muestra gráficamente la secuencia y dependencia que existe entre las operaciones de un proyecto.
- Indica las operaciones que pueden alterarse en su duración sin causar daño a la ejecución total del proyecto.
- Señala cuáles son las operaciones determinantes o críticas dentro del proyecto en su conjunto, y permite determinar el efecto general que causa en el proyecto, la variación en la duración de una o varias actividades.

Ruta Crítica:

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo, determina el tiempo más corto que podemos tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios, dicho en otras palabras, la ruta crítica es la vía más larga de todas las rutas posibles dentro

del proyecto y de forma análoga se podría definir la ruta holgada de un proyecto como el camino más corto de todos los caminos posibles dentro del proyecto.

Todo proyecto tiene por lo menos un camino crítico, aunque puede darse el caso en que exista más de uno y que todos los caminos sean críticos, en estos casos el proyecto se puede denominar hipercrítico.

A la hora de elaborar el modelo se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Las flechas entre actividades no son vectores y por tanto no nos interesa su longitud, su forma, ni su dirección. Esto se debe a que el modelo que se representa es lógico y no a escala.
- No interesa la forma de las flechas, ya que se dibujarán de acuerdo con las necesidades y comodidad de presentación de la red. Pueden ser horizontales, verticales, ascendentes, descendentes curvas, rectas, quebradas, etc., estas tienen una cabeza y una cola; en la cola se inicia la actividad y termina la que precede, en la cabeza termina la actividad y se inicia la que sigue. En el medio de estas se desarrolla la actividad y estarán las actividades simultáneas.
- Las flechas se conectan para formar un modelo de proyecto respondiendo a las preguntas: ¿Qué actividades preceden?, ¿Qué actividades siguen? y ¿Qué actividades son simultáneas?.
- Los eventos se representan por círculos, nodos o nudos. Por lo tanto, toda actividad parte de un evento al que llamamos principio y termina en un evento que llamamos fin.

- En los casos en que haya necesidad de indicar que una actividad tiene una interrelación o continuación con otra se dibujará entre ambas una línea punteada, llamada actividad ficticia, *que tiene una duración de cero*.
- Varias actividades pueden terminar en un evento o partir de un mismo evento.

Debe evitarse lo siguiente:

- Dos actividades que parten de un mismo evento y llegan a un mismo evento. Esto produce confusión de tiempo y de continuidad. Debe abrirse el evento inicial o el evento final en dos eventos y unirlos con una liga.

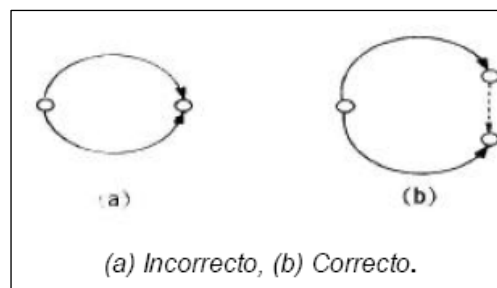
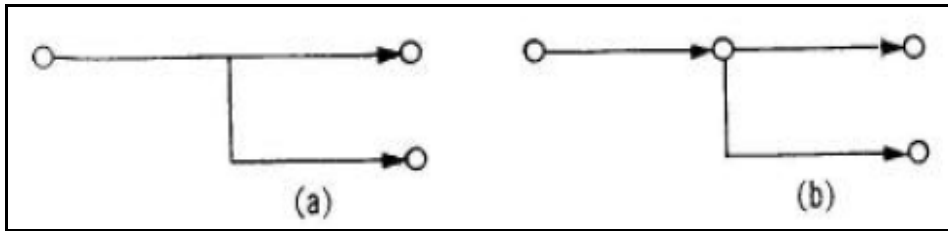


FIGURA NO 15 - FORMA DE PRESENTAR LAS ACTIVIDADES QUE PARTEN DE UN MISMO EVENTO Y LLEGAN A UN MISMO EVENTO.

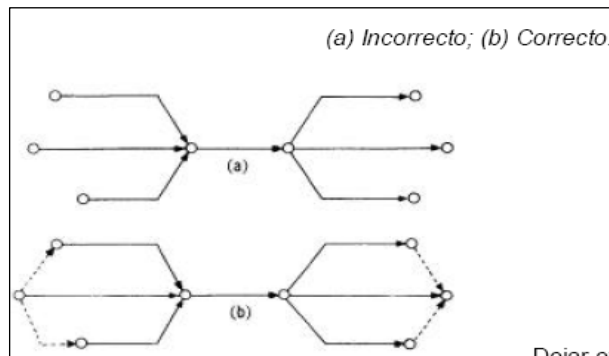
- Partir una actividad de una parte intermedia de otra actividad. Toda actividad debe empezar invariablemente en un evento y terminar en otro. Cuando se presenta este caso, a la actividad base o inicial se le divide en eventos basándose en porcentajes y se derivan de ellos las actividades secundadas.



(a) Incorrecto; (b) Correcto.

FIGURA NO 16 – FORMA DE PRESENTAR UNA ACTIVIDAD QUE PARTE DE UNA PARTE INTERMEDIA DE OTRA ACTIVIDAD.

- Dejar eventos sueltos al terminar la red. Todos ellos deben relacionarse con el evento inicial o con el evento final. Se aconseja que solo exista un evento inicial y un evento final.



(a) Incorrecto; (b) Correcto.

FIGURA NO 17 – NO DEBEN DEJARSE EVENTOS SUELTOS AL TERMINAR LA RED.

Para comprender un poco más los conceptos anteriormente descritos, a continuación realizaremos un ejemplo de aplicación:

Ejemplo de aplicación: Se tienen las siguientes actividades para ejecutar la construcción de una cimentación:

NUMERACIÓN	ACTIVIDAD	DURACIÓN
1 - 3	Explanación inicial	1 mes
1 - 2	Construcción alcantarilla	2 meses
3 - 4	Explanación final	4 meses
3 - 5	Construcción de llenos	1 mes
2 - 5	Construcción de puente	2 meses
4 - 5	Construcción de afirmado	3 meses
5 - 6	Construcción de pavimento	1 mes

- La línea punteada 2-3 se le conoce como una actividad virtual o ficticia (sin duración) e indica que es necesario realizar la actividad 1-2 antes de comenzar la actividad 3-4

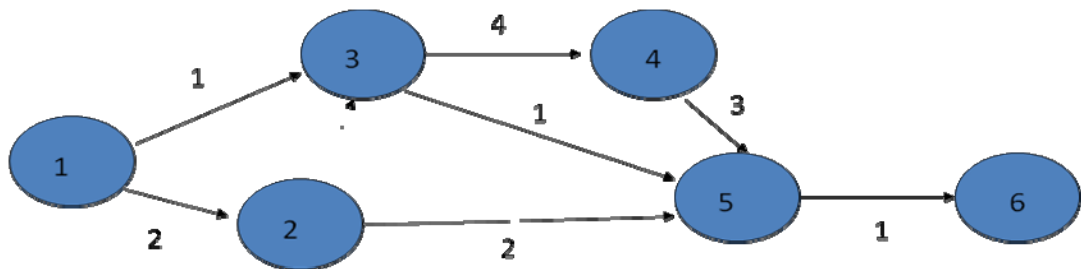


FIGURA NO 18 – PRESENTACIÓN DE LA RED DE ACTIVIDADES.

- Si se recorre la red de izquierda a derecha y en cada nudo o evento se marca el tiempo acumulado (mayor) necesario para llegar hasta allí se obtienen los tiempos de iniciación anticipada.

- Si se recorre la red en sentido contrario y se va restando del tiempo final, el tiempo de cada actividad (menor), se obtiene los llamados tiempos de terminación tardía

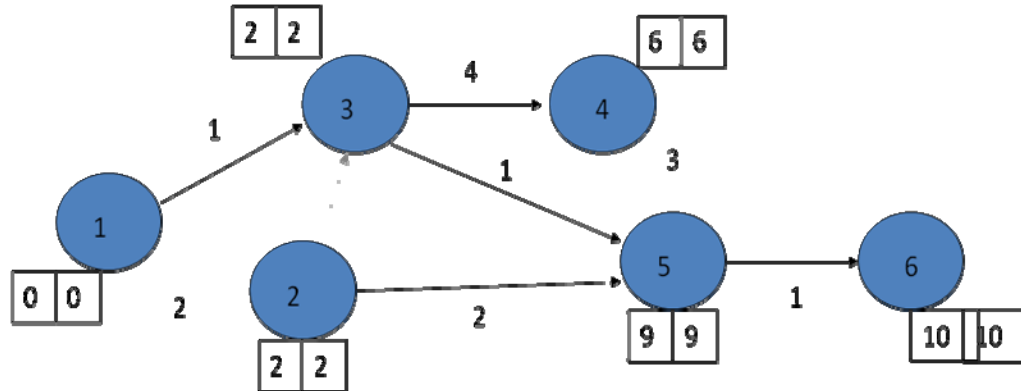


FIGURA NO 19 – REPRESENTACIÓN DE LOS TIEMPOS DE TERMINACIÓN TARDÍA

- La ruta crítica está determinada por los eventos o nodos donde los tiempos de iniciación anticipada y terminación tardía son iguales.

Luego la ruta crítica del ejercicio anterior será:

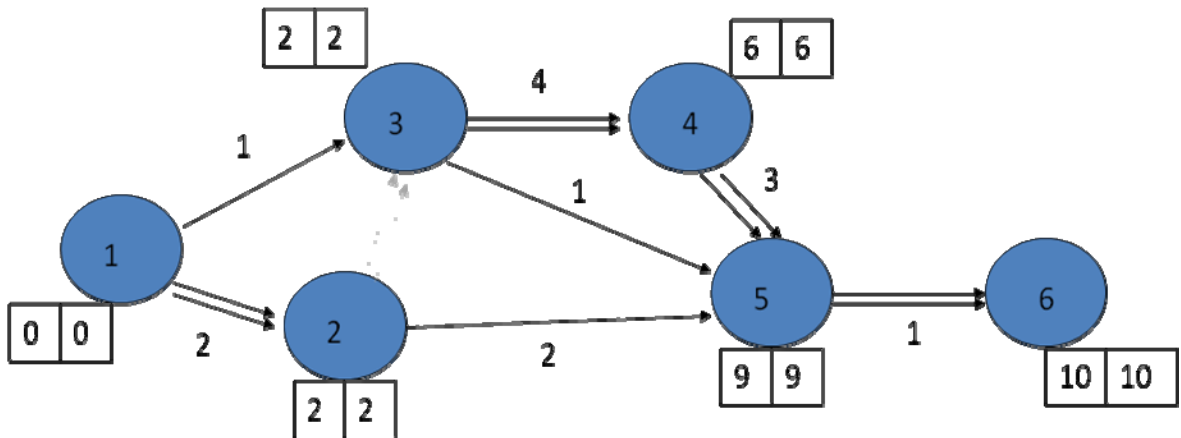


FIGURA NO 20 – REPRESENTACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA.

De acuerdo a lo anterior podemos entrar a definir los conceptos de fluctuaciones ya sean de tipo libre o total.

Las fluctuaciones se pueden definir como los márgenes que tienen las actividades para atrasarse en su iniciación o terminación, sin afectar la duración del proyecto calculándose en función de su iniciación o finalización siendo su resultado siempre igual y como se mencionó en el párrafo anterior pueden ser fluctuaciones totales, libres, independientes o de interferencia.

- **La fluctuación total:** Se define como la diferencia entre el tiempo de terminación tardía final respecto a los tiempos de iniciación temprana inicial y duración de la actividad y esta significa el tiempo que puede retrasarse la actividad sin que el proyecto sufra retraso alguno.
- **La fluctuación libre:** Se define como la diferencia entre el tiempo de iniciación temprana final respecto a los tiempos de iniciación temprana inicial y duración de la actividad y significa el tiempo que puede retrasarse la actividad sin que interfiera con la iniciación anticipada de otras actividades predecesoras.
- **La fluctuación independiente:** Se define como la diferencia entre el tiempo de iniciación temprana final respecto a los tiempos de terminación tardía inicial y duración de la actividad y significa el margen suplementario de tiempo que existe en una actividad si las actividades precedentes terminaran lo más tarde posible, y las actividades posteriores empezaran lo antes posible.
- Finalmente se define la fluctuación de interferencia como la diferencia entre la fluctuación total y la fluctuación libre.

Como conclusión final la trayectoria crítica es el camino más largo (en cuanto a tiempo se refiere) del principio al fin del proyecto y como se puede observar su construcción es muy simple; sin embargo, esta tiene implicaciones muy importantes las cuales se deben de tener siempre presentes.

- La suma de las duraciones de las actividades críticas es igual a la duración del proyecto y cualquier tipo de atraso o adelanto en una actividad crítica implica un atraso o adelanto en el proyecto.
- En el caso de contar con recursos adicionales (personal, dinero, equipo, etc.), estos deberán aplicarse con prioridad a las actividades críticas; de lo contrario se estarían desperdiciando los recursos y haciendo una mala utilización de los mismos.
- A partir de la definición de la ruta crítica, se determina exactamente la responsabilidad del éxito o el fracaso del proyecto.

6.3 CONTROL DEL PROYECTO

El proceso de control debe ser realizado teniendo en cuenta la eficacia y la eficiencia del mismo. La eficacia es el cumplimiento de las metas declaradas, usualmente expresadas en forma de plazos y de secuencias de ejecución, relacionadas con diferentes partes de la obra. La eficiencia, por su parte, se relaciona con el uso racional de los recursos (materiales, mano de obra, equipos), y se mide por la relación entre el valor del producto generado y el costo de los recursos utilizados (por ejemplo el valor de las horas hombre consideradas con relación al área construida en metros cuadrados). (Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006).

Cada una de estas dimensiones implica un énfasis diferente en cuanto al control. Enfocado a la eficiencia, el control debe mejorar la forma en que los recursos son utilizados, reduciendo cada vez más los recursos necesarios para la producción. En cuanto a la eficacia, el control busca aumentar la probabilidad de realizar las actividades como se planificaron, corrigiendo e impidiendo desviaciones entre lo planificado y lo realmente ejecutado. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

El concepto de planificación y control comprende cinco etapas principales, de acuerdo al modelo propuesto por Laufer & Tucker (1987) el cual se encuentra dentro del alcance de su investigación Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Preparación del proceso de planificación: Al inicio del proyecto, existe la necesidad de planear el propio proyecto de planificación y control (situación descrita en párrafos anteriores). En esta etapa se definen los procedimientos y estándares a adoptar en su ejecución, tales como niveles jerárquicos, principales responsables, técnicas a ser utilizadas, etc. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Recolección de la información: La gerencia de planes debe estar basada en la recolección sistemática de datos sobre la producción. Dichas informaciones se producen en formatos y periódicamente varían de acuerdo con los diversos sectores de la empresa y los otros participantes del proceso. Es necesario, entonces, construir un sistema de información que facilite esta labor. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Elaboración de los planes: esta fase es la que generalmente recibe mayor atención de los responsables de la planificación, y con frecuencia es erróneamente confundida con el propio concepto de la planificación. Con base en

los datos recolectados, se generan planes de la obra, utilizando diferentes técnicas de planificación. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Difusión de la información: La información generada a partir de la elaboración de los diferentes planes debe ser difundida entre sus usuarios (producción, adquisiciones, etc.), y por ello debe quedar bien definida en su naturaleza, su periodicidad, su formato de presentación y su ciclo de retroalimentación. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Elaboración del proceso de planificación: Al final del proyecto debe evaluarse el proceso de planificación, de tal forma que genere mejoramiento continuo especialmente para proyectos futuros. Botero Luis Fernando, Construcción sin pérdidas, 2006)

Uno de los problemas más típicos del proceso de planificación es la demora excesiva en la retroalimentación de la información, lo que impide que las acciones correctivas se realicen de manera oportuna.

El proceso de planificación y control, como ya se dijo, muchas veces se confunde con la elaboración de los diferentes planes (programación), a pesar de que es solamente uno de sus subprocesos. La recolección de los datos y la difusión de la información, en general, son deficientes en gran parte de las empresas, volviendo inefectivos los esfuerzos realizados por producir los planes.

Para administrar el tiempo de este proyecto se utilizan las diversas técnicas de programación que se explican en el apartado siguiente. La parte del costo se menciona posteriormente.

7. PROGRAMACIÓN CON MICROSOFT PROJECT 2007

Microsoft Project es un programa o software utilizado para realizar la gestión de un determinado proyecto, esta aplicación permite organizar la información acerca de la asignación de tiempos a las tareas, los costos asociados y los recursos, tanto de trabajo como de materiales, del proyecto para que se puedan respetar los plazos sin exceder el presupuesto y conseguir así los objetivos planteados. Microsoft Project es una herramienta de administración de proyectos eficaz y flexible que puede utilizarse para controlar proyectos simples o complejos, la cual nos ayudará a programar y realizar un detallado seguimiento de todas las actividades que componen la obra y así supervisar su progreso.

7.1 BASE DE DATOS DE MICROSOFT PROJECT

Microsoft Project almacena los detalles acerca del proyecto en su base de datos, posteriormente utiliza esta información para calcular y controlar la programación, los costos y otros elementos del proyecto, mediante la creación de un plan, por lo tanto cuánto más información se proporcione, más preciso será el plan.

Como si fuera una hoja de cálculo, Microsoft Project muestra los resultados de los cálculos inmediatamente, pero el plan del proyecto no se crea mientras no se introduzca la información principal acerca de todas las tareas y es así como sólo entonces se verá cuándo finalizará el proyecto en las fechas en las que estén programadas las tareas.

7.2 PASOS PARA CREAR UN PROYECTO EN MICROSOFT PROJECT 2007

Acá entra la segunda parte que es el otro archivo con el consecutivo en todos los sentidos. Archivo Anexo [Segunda Parte](#)

BIBLIOGRAFÍA

ANTILL y WOODHEAD. Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción

BOTERO Luis Fernando. Construcción sin pérdidas. 2006

CUBIDES Ernesto. Administración y programación de obra

MARMEL, Elaine. (2007). Paso a Paso Microsoft Office Project 2007. 394 p. México. Litográfica Ingramex

NORIEGA SANTOS Jorge. Trayectoria crítica

RAMÍREZ M. Evelio. Análisis de costos y programación de obra.