

## **CAPITULO II PROGRAMACIÓN DE UN PROYECTO Y PROCESO CONSTRUCTIVO**

### **2.1 Marco teórico**

La construcción es una de las más importantes industrias en el mundo. Ninguna actividad de la Ingeniería Civil por pequeña que se realice está desligada de la construcción puesto que diseños, proyectos, estudios financieros y técnicos, y muchas otras actividades tienen como objetivo la construcción de una obra.<sup>1</sup>

La construcción estimula una serie de industrias complementarias de importancia muy relevante como lo son: la cementera y la siderúrgica, la fabricación de ladrillos, carpinterías eléctricas, metálicas de madera y muchas más que requieren insumos y mano de obra que da ingresos a numerosas personas. La construcción de grandes obras exige manejar los problemas de forma que permitan presentarse a detalle, de modo que se pueda llegar a soluciones adecuadas.

En esencia, la construcción es una combinación de organizaciones, ciencia de la ingeniería, conjeturas estudiadas y riesgos calculados. Las operaciones para llevar a cabo la construcción, por una parte, deben realizarse en gabinete u oficina y por otra parte en campo.

La construcción más que considerarse un trabajo, es un negocio dinámico, incansable y muy compulsivo puesto que, en gran parte del tiempo se trabaja a un ritmo constante hasta concluir una construcción y es esencialmente una industria de servicios.

---

<sup>1</sup> Sarria M. Alberto. (1999). *Introducción a la Ingeniería Civil* Editorial Mc Graw - Hill

La construcción de un proyecto lleva consigo miles de detalles y de interrelaciones complejas entre los propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas generales, contratistas especiales, fabricantes, comerciantes del material, distribuidores de equipo, dependencias gubernamentales, mano de obra y otros.<sup>2</sup> Estos detalles e interrelaciones siempre conducen a una culminación de proyecto exitoso, ya que siempre al interrelacionarse entre ingenieros arquitectos, contratistas especiales se llega a tener buenas decisiones, diferentes puntos de vista e incluso mejoras a un proyecto.

Para la culminación exitosa de una construcción es necesario plantearse bases sólidas en un proyecto, lo cual lleva a tomar dediciones, correcciones a lo planeado e inclusive a un replanteamiento del proyecto. La administración de proyectos al igual que el seguimiento y supervisión de un proceso constructivo se encuentran dentro de la esfera de actividades que un ingeniero civil debe de llevara a la práctica para lograr el objetivo que se plantea desde un inicio, que es la culminación exitosa de una construcción. Por tanto es importante resaltar las diferentes actividades y partes en que se divide un proyecto las cuales son compiladas por profesionales que dedican su esfuerzo para la terminación de cada una de ellas.

Básicamente el papel de un ingeniero civil es poner al servicio de la humanidad sus conocimientos, principios y aportaciones. Se debe tener conocimiento que en el campo de la Ingeniería Civil, al tener diversos proyectos de construcción, se proponen alcances en los servicios para lograr los objetivos que se plantean desde el principio.

---

<sup>2</sup> Frederick S. Merritt (1984). *Manual del Ingeniero Civil*, segunda edición Editorial Mc Graw - Hill

Por lo tanto la actividad de los ingenieros dentro de un proyecto es muy amplia, va desde un simple consejo hasta la inspección de obra, o la preparación de una obra, o la preparación de los planos y especificaciones. Aunque están calificados para presentar una diversidad de servicios, muchas empresas limitan el alcance de los mismos y se especializan en un campo en particular.

Muchos ingenieros únicamente ofrecen servicios de diseño estructural o asesoría en cálculos de precios unitarios y no se involucran en otros servicios ya que además de involucrar tiempo conlleva a que estos no se enfoquen en un solo servicio, lo que puede llevar a un mal seguimiento de proyecto. Uno de los servicios más comunes que una empresa en ingeniería proporciona es la *Administración de la Construcción* que, debido a su crecimiento, la complejidad y la espiral inflacionaria de los costos de construcción, los servicios para administrar la construcción han evolucionado tanto en el campo tradicional de la asesoría como en la contratación de servicios y en la administración de proyectos de construcción.

Un administrador de la construcción, que con frecuencia es contratado casi al mismo tiempo que el diseñador del proyecto, debe iniciar su trabajo al principio del diseño. Los servicios de un administrador de la construcción incluyen la revisión y el análisis del programa básico, la revisión y evaluación del diseño, la programación (CPM y PERT), la estimación de los costos, la evaluación de la ingeniería, el análisis de las ofertas de los contratistas, la selección del contratista, la inspección detallada de la construcción, la coordinación de los oficios y de los contratistas de la construcción independientes, el control de costos y la administración del programa.

Al actuar como un agente del propietario, un administrador de la construcción desempeña todas o algunas de estas tareas, con objeto de dar seguridad al propietario del proyecto y establecer controles presupuestales. Entre otros servicios del administrador están: la preparación de informes técnicos, estudios de investigación como, el levantamiento de planos de tierras y propiedades con objeto de establecer un título de propiedad; estudios de evaluación y clasificación; tasación de los valores de la propiedad y de las edificaciones.

### **2.1.1 Factores Funcionales de las empresas constructoras**

Toda empresa para su operación eficiente, debe de establecer sistemas y métodos estándares, lo que significa que una vez que se ha establecido un procedimiento éste sea inviolable; el procedimiento está sujeto a mejoras y refinamientos. Pero dentro de lo razonable, es necesario seguir los procedimientos estándares en todos los proyectos.

Sin la estandarización el resultado será una pérdida de tiempo; la compañía será incapaz de operar de manera eficiente dentro de los presupuestos disponibles. Cada proyecto cuenta con diferentes requerimientos, generalmente son las especificaciones las que pueden variar según cada tipo de licitación, es decir, que esto depende del tipo de construcción que se desea realizar.

Un proyecto por tanto tendrá diferentes especificaciones para la construcción de un edificio que para la construcción de un puente. No obstante, muchas estipulaciones son, en esencia, las mismas en muchos casos, por ejemplo, aquellas que se refieren a la calidad del material dentro de un área geográfica.

Para propósitos de simplificación, una empresa debe adoptar las especificaciones estándares preparadas por las asociaciones técnicas para un material como lo es el concreto estructural. Según estas especificaciones, el diseñador debe incluir los requisitos para un proyecto específico, de tal manera que elimine la necesidad de escribir de nuevo las secciones de especificación.

Una vez aceptado un proyecto, se ha de proponer en práctica el trabajo, independientemente de cuál sea el costo y el tiempo. Aún así, la empresa debe operar dentro de un presupuesto, para que el proyecto pueda realizarse de manera eficaz. La empresa no debe de ir hasta el extremo de establecer un control tal, que el costo llegue a ser más importante que el producto. En su forma más sencilla, el control del costo es un trabajo de contabilidad.

La empresa debe llevar registros de todos los costos que se relacionan con cada proyecto y de esta manera, al final del proyecto la compañía debe conocer el importe de los costos invertidos y de los ingresos recibidos. Cuando una compañía acepta un nuevo proyecto de naturaleza y tamaño similares a uno ya hecho, se dispone de un registro que guíe las nuevas actividades, y así mismo es conveniente saber la posición financiera y la cantidad de trabajo que se tiene que hacer antes de terminar la obra. Durante el curso de un proyecto, la empresa debe proyectar sus costos e ingresos con el fin de saber si se mantiene dentro del presupuesto.

La contabilidad de costos sirve para un propósito adicional: mediante ella se establecen controles durante el trabajo de planeación y durante el mismo proceso de construcción; estos controles permiten a la empresa determinar cuando son necesarias mejoras a la productividad y a la eficiencia antes del final del proyecto antes de que sea demasiado tarde.

A una empresa, como cualquier otro negocio, le interesa obtener una utilidad, el mantener un margen de utilidades adecuado es esencial para que la empresa tenga una supervivencia y así ésta crezca; por ello el control de costos es un medio importante que ayuda a los administradores a asegurar el margen de utilidad requerido para conservar a la empresa a operar eficientemente.<sup>3</sup>

### **2.1.2 Organización de las empresas constructoras**

Para que todo proyecto pueda complementarse de manera eficaz mediante un proceso constructivo adecuado es necesario contar con una organización, comúnmente denominada “organización de las empresas constructoras”. En la figura 2.1 se muestra la operación de una pequeña empresa contratista en donde un sólo propietario realiza la función de un superintendente general de construcción; opera el negocio con muy poca ayuda administrativa lo que lleva a contratar servicios de contadores externos y de asesores legales.

---

<sup>3</sup> T.G. Hicks, Successful Engineering Management, Mc Graw-Hill Book Company, Nueva Cork.

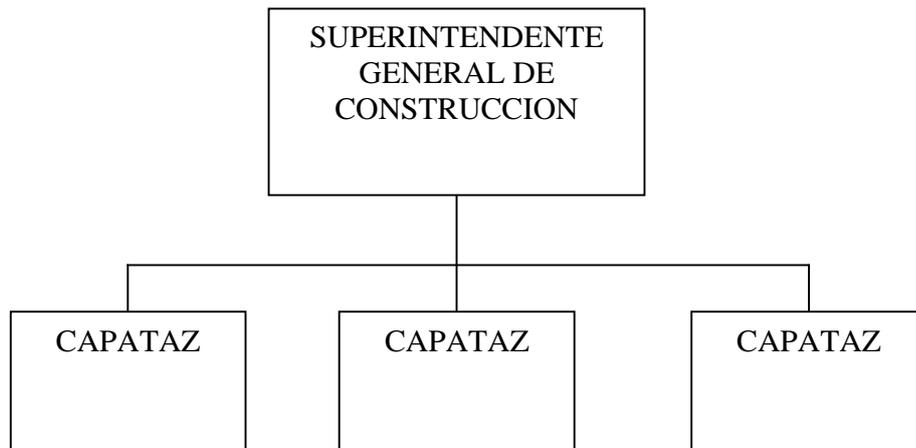


Figura 2.1 Organización de una compañía constructora pequeña.

Conforme el negocio crece y el propietario acepta contratos más complejos y mayores, se involucran más oficios, más funciones, más especialidades y el propietario encuentra que el volumen y la complejidad de un negocio en crecimiento requieren personal de apoyo especializado, que tiene que realizar servicios como:

- ❖ Compra, recepción y almacenamiento de los materiales permanentes necesarios para el proyecto.
- ❖ Control de las asistencias, puntualidad y nómina.
- ❖ Contabilidad y auditoría, finanzas e impuestos
- ❖ Estimados de ingeniería, control de costos, distribución de planta etc.
- ❖ Prevención de accidentes, relaciones laborables etc.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Ídem 2, Págs. 4-5

En la figura 2.2 se muestra una forma de organización de tipo centralizado.

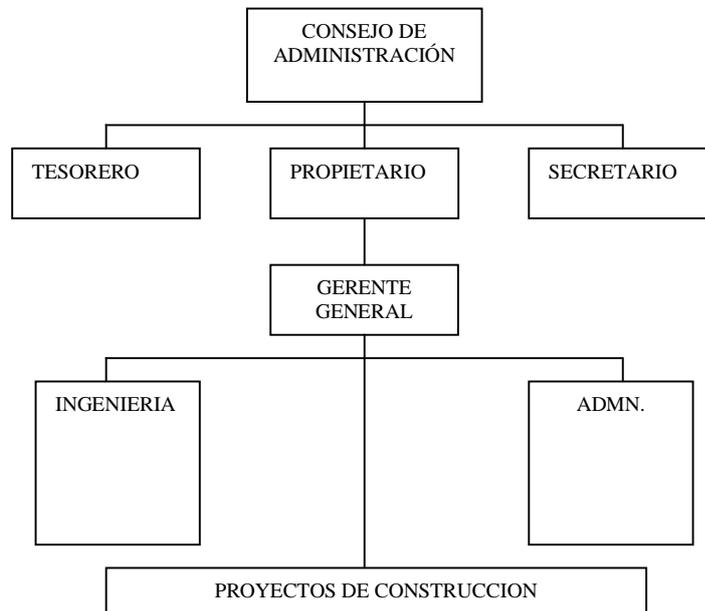


Figura 2.2 organización tipo centralizado

La sobrevivencia en el enorme mercado competitivo de la construcción evidencia que la organización del contratista tiene su mérito, cualquiera que sea la forma que tome. Los organigramas antes visto (fig. 2.1 y 2.2) son sólo indicativos de lo más notable de la organización y de las funciones que se emplean dentro de la industria de la construcción.

Como se ha podido observar la relación que existe entre una programación de proyecto y un seguimiento del proceso constructivo es muy grande, por lo que, es muy importante estar al tanto de que cada proyecto que se realice tenga bases sólidas para que en campo se ejecute de manera eficiente.

En los subsecuentes capítulos se desarrollarán a detalle los temas pertenecientes a la administración y programación de proyectos y proceso constructivo con la intención de que se explique claramente en que consiste cada uno de ellos, y poder relacionarlos, de tal manera que se pueda llegar a tener distintos puntos de vista y aplicarlos en lo que concierne al proyecto nombrado “Proceso constructivo y Programación de la obra denominada: Cisterna y Tanque elevado en el fraccionamiento Lomas del Valle”. Con el conocimiento de las actividades (Programación de proyectos, Proceso constructivo) se realizará un análisis con más detalle del proyecto.

## **2.2 Introducción a la Programación y Proceso constructivo**

### **2.2.1 Qué es un Proyecto**

El concepto de proyecto no es nuevo, pero ha ido evolucionando y enriqueciéndose a lo largo del tiempo, en particular en las últimas tres décadas, como consecuencia de la organización de esfuerzos sistemáticos de planificación del desarrollo y de implementación de planes y programas.

Inicialmente, un proyecto pertenecía, básicamente, al campo de la ingeniería. Luego se le fueron agregando estimaciones financieras de costos e ingresos por motivo de grandes obras públicas.

Esto generó que se diera una combinación óptima de recursos para cada proyecto, la utilización de criterios normativos como parte del proceso de planificación, pretende que la selección de los proyectos sea un proceso comparativo y competitivo.<sup>5</sup>

Para la realización de la programación de un proyecto es necesario contar con un plan, es decir un proyecto que contenga todos los objetivos que se quieren lograr y para ello se tiene que empezar por definir todo lo que involucra un proyecto, y después poder ejecutar este mismo en base a una programación y administración eficiente dando paso a la ejecución del proyecto y su construcción mediante una supervisión y seguimiento del proceso constructivo.

Un proyecto es un esfuerzo para lograr un objetivo específico a través de una serie especial de actividades interrelacionadas y la utilización eficiente de recursos, tiene un objetivo bien definido, resultado o producto que se espera de él; por lo regular el objetivo se define a partir del alcance, del programa y de los costos, supóngase un ejemplo: proponer un nuevo sistema para la carpeta asfáltica de un camino en un plazo de 12 meses y con un costo menor de dos millones de pesos. El proyecto nace cuando la necesidad es descubierta por el cliente, es decir, las personas o la empresa que están dispuestas a aportar fondos necesarios para que sea atendida.

---

<sup>5</sup> Banco Interamericano de Desarrollo(1985)*Proyectos de desarrollo*, tercera edición. Editorial Limusa

Un proyecto se lleva a cabo con una serie de actividades interdependientes y se hecha mano de varios recursos como lo son: personas, materiales, maquinaria etc., tiene un marco temporal específico, tiene una vida finita es decir se inicia y se termina en una fecha pactada, este puede ser un esfuerzo único o de una sola ocasión que va a beneficiar a una persona o grupo de personas.

Además un proyecto supone un poco de incertidumbre ya que antes de iniciarlo, se prepara un plan a partir de ciertas suposiciones y estimaciones y es importante anotarlas porque influirán en el desarrollo del presupuesto, programa, la duración del trabajo y el costo, conforme avanza el proyecto estas suposiciones serán remplazadas por información objetiva y segura.

La consecución exitosa del objetivo del proyecto suele verse limitada por cuatro factores como se muestra en la figura 2.3.

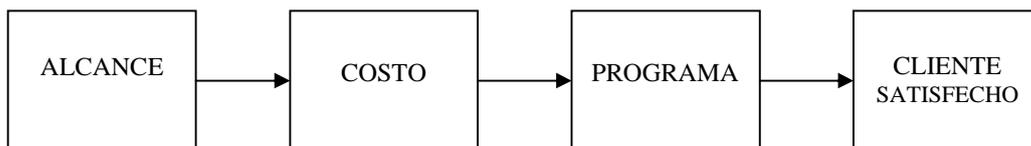


Figura 2.3 Factores que restringen el éxito del proyecto.

Para facilitar la consecución del proyecto, es importante elaborar un plan antes de iniciarlo, como ya se ha comentado con anterioridad, en él se incluirán todas las actividades, los costos conexos y las estimaciones del tiempo necesario para llevarlo a la practica.

Cuando no se elabore un plan, crece el riesgo de no terminar totalmente el proyecto dentro de los límites del presupuesto y a tiempo. Es muy importante saber que cuando no se elabora un plan el retraso que puede llegar a tener el proceso constructivo es crítico e incluso no sólo repercute en el tiempo si no en los costos, ya que al existir suspensión de labores por cualquier motivo esto generará que se tenga que reponer el tiempo perdido por lo tanto se elevarán los costos presupuestados.

Una vez iniciado un proyecto, algunas circunstancias imprevistas pueden poner en peligro el logro del objetivo respecto al alcance, al costo o al programa; entonces la buena planeación y comunicación resultan indispensables para evitar que ocurran problemas en lo posible y así reducir el impacto que tienen en el objetivo.

Todo proyecto tiene un ciclo así como el esfuerzo y tiempo que se dedican a cada una de sus respectivas fases. En la figura 2.4 se representa el ciclo de un proyecto

Las fases del ciclo de un proyecto son:

- I Definición del proyecto.
- II Planeación, diseño y desarrollo del proyecto.
- III Construcción del proyecto.
- IV Terminación y puesta en marcha del proyecto.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Octavio Cabezut Boo (2005), *Apuntes de programación y control de proyectos*. UDLA México

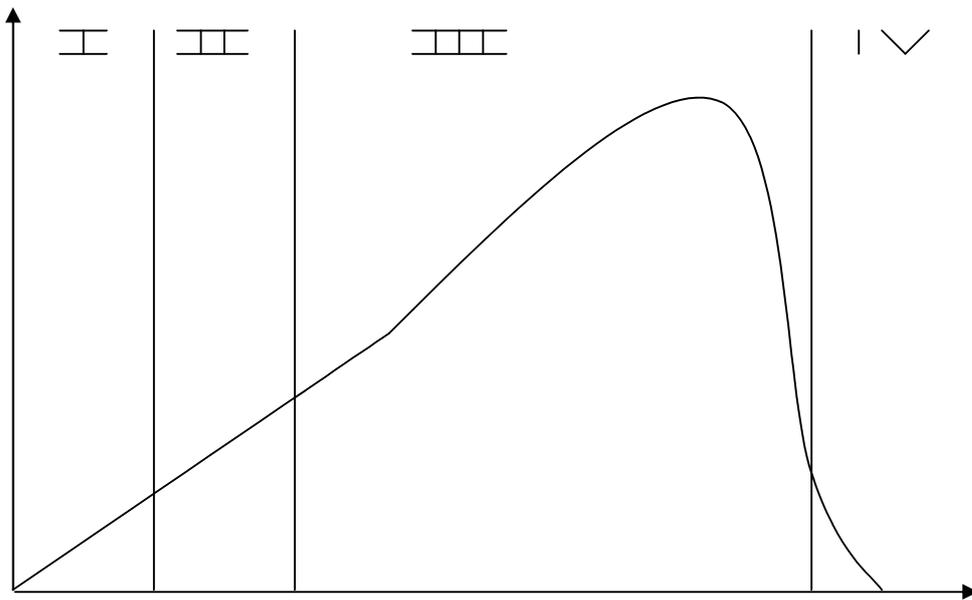


Figura 2.4 Ciclo de vida del proyecto

La primera fase del ciclo de vida del proyecto consiste en descubrir una necesidad, un problema o una oportunidad, y puede suceder que el cliente requiera a los ingenieros del proyecto una solicitud de propuesta (SDP).

La segunda fase del ciclo de vida del proyecto consiste en encontrar una solución a la necesidad del problema, al cliente le presentan una solución o propuesta uno o más individuos o empresas que quieren que se les pague por implementarla. Además en esta fase se planea, diseña y desarrolla el proyecto.

La tercera fase del ciclo de vida del proyecto consiste en implementar o poner en práctica la solución propuesta; comienza después de que el cliente decide cuál de las propuestas atenderá mejor la necesidad y después que llega a un acuerdo con el individuo o la empresa que la presentó.

La fase final en el ciclo de vida de un proyecto consiste en terminación y puesta en marcha. Cabe resaltar que existe una última fase que es una auto evaluación y ésta se produce una vez concluido el proyecto, con el fin de averiguar qué podría mejorarse si otro proyecto similar se lleva a cabo en el futuro. Se tendrá que tener una retroalimentación por parte del cliente para determinar su grado de satisfacción y si el proyecto correspondió o no a todas sus expectativas.

En general, el ciclo de vida del proyecto se sigue de manera formal y estructurada cuando el proyecto se ejecuta en un ambiente de negocios; tiende a ser menos formal cuando el proyecto lo pone en práctica una sola persona o un grupo de voluntarios, porque generalmente quien los va a contratar los conoce por referencia de otros proyectos y todo el trámite que se conforma y opera para un concurso en este caso se omite y la necesidad es atendida.

### **2.2.2 Planeación y Planificación.**

Una vez que ya se tiene la propuesta que va a dar solución a la necesidad y se pone en marcha ésta, se pasa a lo que se llama la *administración del proyecto*. El esfuerzo principal en la administración de un proyecto tiene que estar centrado en establecer un plan de línea base que proporcione un plan de ruta para indicar cómo se logrará el alcance del proyecto en tiempo y dentro del presupuesto establecido.

El esfuerzo de planeación incluye:

- ❖ Definir con claridad el objetivo del proyecto.
- ❖ Dividir y subdividir el alcance del proyecto.
- ❖ Definir actividades específicas para realizar cada paquete de trabajo.
- ❖ Presentar gráficamente las actividades bajo un diagrama de red.
- ❖ Hacer un estimado del tiempo y duración de cada actividad.
- ❖ Hacer un estimado de costos para cada actividad.
- ❖ Calcular el programa y el presupuesto del proyecto.<sup>7</sup>

Al decirse que existe una planeación, antes tuvo que existir una planificación, este término significa anticipar el curso de acción que ha de adoptarse con la finalidad de alcanzar una situación deseada.<sup>8</sup> Entiéndase por planificación el proceso generalizado que no depende del campo de acción al cual se aplica. Se utiliza tanto para la adopción de decisiones que envuelvan pocas variables y opciones de fácil identificación.

Una vez concluida la planificación se procede al control y administración del proyecto, el beneficio de poner en práctica técnicas de administración de proyectos es tener un cliente satisfecho, ejecutando el proyecto de una manera eficiente.

---

<sup>7</sup> Gido. Clements,(2003) *Administración exitosa de proyectos*, segunda edición. Editorial Thomson

<sup>8</sup> Banco Interamericano de Desarrollo(1985)*Proyectos de desarrollo*, tercera edición. Editorial Limusa

Toda obra de construcción tiene que hacerse con una calidad de tal manera que el cliente se encuentre satisfecho con el trabajo que se realizó, también se debe tener presente que los proyectos deben de entregarse en el tiempo y en el costo que se pactó desde un inicio; si hubiesen correcciones o cambios en el mismo proyecto estos se deben de notificar y volver a replantear tiempos costos y programa del proyecto, de tal manera que se revise y tanto el cliente como el contratista pacten los nuevos objetivos que se persiguen llegando a un acuerdo entre ambos.

### **2.2.3 Programación y Proceso Constructivo**

Para tener un control de obra y una eficiente administración del proyecto es necesario seguir el programa, el cual va a ser la referencia de cómo se va a proceder durante la ejecución de la obra.

La programación es la determinación de los tiempos para las operaciones que abarcan el proyecto, la suma de los tiempos constituye el tiempo total de terminación.<sup>9</sup>Un programa es una tabla de tiempos para un plan y, por consiguiente, no se puede establecer hasta que éste se haya desarrollado, consiste en determinar la duración de cada actividad y estimar la duración total del proyecto. Además la estimación de los tiempos puede determinarse en base a tres factores: la experiencia, la cantidad de trabajo a realizar y los recursos asignados.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Antill and Woohead (1995), *Método de la ruta crítica y su aplicación en la construcción*, Limusa Noriega Editores, México. Pág. 23

<sup>10</sup> Banco Interamericano de Desarrollo(1985)*Proyectos de desarrollo*, tercera edición. Editorial Limusa Pág. 144

Una programación para el plan que se vaya a seguir contiene los siguientes puntos:

- ❖ Duración estimada de cada actividad.
- ❖ El tiempo de inicio y terminación requerido para terminar el proyecto.
- ❖ Tiempos más tempranos en que se puede empezar una actividad.
- ❖ Tiempos más tardíos en que se tiene que iniciar y terminar cada actividad.
- ❖ Holgura positiva o negativa entre el tiempo que se puede y en el que se debe iniciar y terminar cada actividad.
- ❖ La ruta crítica.<sup>11</sup>

Los procedimientos de programación como el método de la ruta crítica (CPM) y la técnica de evaluación y revisión del programa (PERT) tienen un lugar definido en la planeación de los requisitos, mano de obra-diseño, puesto que con estos procedimientos el ingeniero civil es capaz de ir supervisando el proceso constructivo que se puso en marcha, con un programa de computadora del CPM, que incluye los costos en la programación, el tiempo y la evaluación de los programas económicos “críticos”, en caso de proyectos más complejos.

Como se sabe para una terminación exitosa de un proyecto no basta con un planteamiento específico de lo que se quiere lograr a través de un proyecto, sino también dar acompañamiento al mismo, para ello es necesario un proceso de seguimiento, que en el caso de la construcción se denomina proceso constructivo.

---

<sup>11</sup> Ídem 10 pág. 144

El proceso constructivo también va muy relacionado con la planificación del proyecto y la programación de obra, esta situación se puede definir como: el método y organización de disposición de elementos y sistemas constructivos, que consiste en el empleo y combinación de materiales en función de sus cualidades, naturaleza y destino todo ello con la finalidad de obtener mayor solidez y aptitud.

El proceso en sí tiene por objetivo establecer una serie de pasos para ejecutar una actividad o conjunto de actividades y llegar al término de la construcción. Este proceso constructivo toma un papel muy importante en la etapa de construcción, el objetivo es ir supervisando cada paso en cada actividad de tal forma que se cumplan con las especificaciones y que cada actividad se realice con una óptima calidad. Todo proceso constructivo se lleva un tiempo por lo que es necesaria una supervisión adecuada para que el proceso sea eficaz.

En la construcción existen diversos tipos de procesos constructivos que pueden ser desde la construcción de una casa hasta para la construcción de una plataforma o incluso para la construcción de una presa; cada proceso va a ser diferente y depende de la magnitud de la obra.

### **2.3 Importancia de la programación y proceso constructivo en una obra**

Durante la planeación de un proyecto se toman en cuenta diferentes factores, entre ellos están: el costo, el tiempo y un factor muy importante es la calidad con la que se realizará el mismo.

Para poder tener una perspectiva de cómo estos factores influyen en el proyecto es necesario hacer una programación de obra, que esencialmente consiste en relacionar las actividades por ejecutar con la disponibilidad de los recursos.

No sólo se relacionan las actividades programadas con los recursos necesarios, sino también estas actividades están determinadas para el transcurso de un tiempo, es decir una actividad debe tener una duración de principio a fin.

La programación es muy importante durante la ejecución de un proyecto puesto que es la que va a dar la pauta al seguimiento es decir, por medio de esta programación de obra se van a poder estimar los tiempos para dar inicio a una actividad y su duración total hasta llegar a su terminación.

En un proyecto dentro de la industria de la construcción es también importante poner en marcha el programa o programación de obra, con base en estos se supervisa el avance de la misma, si está en tiempo o si está desfasada por tener atraso en la realización de ciertas actividades o por tener un avance en la terminación de las mismas.

Los avances o atrasos en la obra se pueden identificar comparando lo planeado con el avance real esto dará un indicador de cómo va la construcción para tomar decisiones, y tener que emplear acciones correctivas o no.

Al emplearse acciones correctivas todo proyecto sufre modificaciones las cuales repercuten en lo que es el tiempo de las actividades, originando que se tenga que modificar el proyecto por lo que se tiene que hacer un nuevo programa considerando ya las correcciones pertinentes, una vez corregido el programa se procede a la puesta en práctica del mismo.

Los cambios realizados en el programa influyen en el proceso constructivo, ya que al realizarse durante la ejecución de obra el proceso es alterado, no es lo mismo haber planeado dar inicio a una actividad en una fecha determinada sin modificaciones ha empezar esa misma actividad ya con cambios en el programa. Las modificaciones pueden ser desde la ampliación de duración para una actividad hasta el cambio de la ruta crítica o inclusive modificaciones en las actividades por hacer, o también pueden incluirse más actividades u omitirse éstas.

No hay que olvidar que los factores de programación y proceso constructivo tienen como objetivo ejecutar el proyecto ya planeado y planificado anteriormente de tal manera que el cliente quede satisfecho.

## 2.4 Aspectos importantes en una programación de obra

La programación también tiene como objetivo principal organizar el proyecto dependiendo de las actividades que se vayan a realizar, estas actividades se programan dependiendo también de los recursos con los que se cuentan, y a partir de ello se propone una calendarización proponiendo fechas de inicio y terminación para cada actividad.

Como se mencionó anteriormente la programación que se determine para cada proyecto va a ser muy diferente, y lo que se pretende con ella es seleccionar qué método es el más conveniente para adoptar en un proyecto, tomando en cuenta todas las maneras y secuencias en las que este pueda desarrollarse. Un primer paso para establecer el programa de un proyecto es estimar cuánto durará cada actividad, desde el momento en que se inicie hasta que se termine.

La duración estimada tiene que ser el tiempo total transcurrido, es decir se tiene que considerar para la realización de por ejecutar es la colocación de pintura en baños se debe considerar el tiempo para la aplicación de la pintura más, el tiempo que se tarde en secar la misma. En la figura siguiente se muestra como se establece la duración de una actividad.



Figura 2.5 Duración estimada de la actividad. (Formato de actividad en el cuadro)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Gido. Clements, (2003) *Administración exitosa de proyectos*, segunda edición. Editorial Thomson pág. 145

Normalmente la duración estimada para la actividad se muestra en la esquina inferior derecha del cuadro, la actividad a realizar está escrita dentro del cuadro y su correspondiente número de consecución se escribe en el cuadro inferior izquierdo. En cambio en el formato de actividad en la flecha la duración estimada se muestra debajo de la flecha esta puede ser en días, meses o inclusive en años. Las actividades se colocan de acuerdo a una lógica o consecución, es decir, primero se realiza la actividad uno para poder después realizar la actividad dos. En la figura 2.6 se representa lo antes descrito.

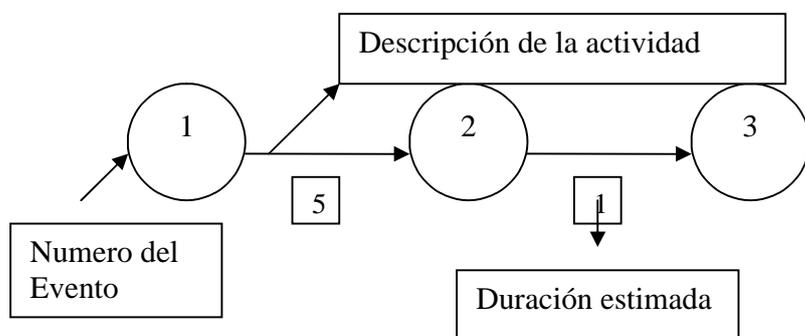


Figura 2.6 Duración estimada de la actividad (Formato de actividad en la flecha)

Durante la puesta en práctica del proyecto algunas actividades necesitarán más tiempo que otras, mientras que otras se realizarán de acuerdo a la duración estimada. Sin embargo, durante la vida de un proyecto que incluya muchas actividades, estas demoras o adelantos tendrán que corregirse de manera que se apliquen acciones correctivas para poder terminar en tiempo el proyecto.

Para establecer una base sobre la que se pueda calcular un programa usando la duración estimada para las actividades, es necesario seleccionar el tiempo de inicio estimado y el tiempo de terminación requerido.<sup>13</sup> Todo proyecto tiene como fin culminarlo en una fecha proporcionada o aceptada por el dueño del proyecto, esta fecha empieza a partir una vez que se firma el contrato. Los retrasos en la obra afectan ya sea al dueño del proyecto o al contratista puesto que aumentan también los costos.

Una vez que se tienen los tiempos estimados para cada actividad y el tiempo estimado global para la culminación de obra se procede a calcular un programa que proporcione una tabla de tiempos para cada actividad que muestre por una parte los tiempos más tempranos en los que se puede iniciar y terminar una actividad y por otra parte los tiempos más tardíos en que se tiene o puede empezar y terminar cada actividad con el fin de completar el proyecto en el tiempo pactado.

Durante la ejecución del proyecto al tener el diagrama de red se puede ir observando que actividades pueden ir siendo realizadas, y determinar los tiempos para cada actividad determinando las holguras para cada una de ellas. La holgura total puede tener dos opciones: ser una holgura positiva o negativa esto va a depender del avance del proyecto.

En la ecuación 2.1 se observa el cálculo para la holgura total:

$$HolguraTotal = LF - EF \qquad \qquad \qquad HolguraTotal = LS - ES \quad (\text{ec. 2.1})$$

---

<sup>13</sup> Gido. Clements,(2003) *Administración exitosa de proyectos*, segunda edición. Editorial Thomson  
Pág. 146

Se dice que es positiva cuando al revisar el diagrama de red y comparar las fechas tanto de inicio como de terminación entre actividades arroja que la diferencia entre la terminación real es menor a lo planeado, caso contrario a una holgura negativa.

Si se llega a tener una holgura negativa es necesario implementar acciones correctivas de manera que se puedan recuperar esos días y terminar a tiempo, si se tiene una holgura nula quiere decir que las actividades son realizadas a tiempo y no hay que retrasarlas por ningún motivo.

Otro tipo de holgura que se calcula es la *holgura libre*, esta es la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin retrasar el tiempo de inicio más temprano de sus actividades sucesoras inmediatas. Se calcula encontrando la menor holgura total para todas las actividades que entren en una actividad particular y después se resta de los valores de la holgura total de las otras actividades que también entren en esa misma actividad.

## **2.5 Métodos y Técnicas de Programación**

Una vez que se planeó el proyecto y se examinaron las diferentes actividades por realizarse es necesario emplear métodos y técnicas para el cálculo de los tiempos, en el capítulo anterior se mencionaron algunas de estas técnicas principalmente las holguras que se pueden presentar en las actividades.

En cuanto a los métodos de programación los más comunes son:

- ❖ Diagrama de barras o diagrama de Gantt.
- ❖ Diagrama de red o modelo.
- ❖ PERT.
- ❖ Ruta Critica.

### **2.5.1 Diagrama de Gantt**

El diagrama de barras comúnmente conocido como diagrama de Gantt, se utiliza principalmente para representar los tiempos de actividades en un proyecto, generalmente de bajo nivel en cuanto a complejidad. Es una de las representaciones gráficas más utilizadas. El diagrama de barras muestra fechas del comienzo y la terminación de cada partida de trabajo, indica las partidas en las cuales se pueden empalmar y qué partidas deben de quedar terminadas para que pueda iniciar la subsecuente.<sup>14</sup>

Los programas de avance deben quedar preparados al comienzo del trabajo, con el fin de coordinar el trabajo de todos los departamentos de la organización del contratista. Es necesario conocer que se va a comportar la semana laboral, qué actividades están realizándose y las que están por realizarse.

---

<sup>14</sup> Frederick S. Merritt (1984). *Manual del Ingeniero Civil*, segunda edición Editorial Mc Graw - Hill  
Pág. 4-16

En cuanto a las partes que componen a un diagrama de Gantt son las siguientes:

- ❖ Operación o concepto.
- ❖ Barra representando la duración de cada actividad.
- ❖ Fecha de inicio y terminación.
- ❖ Comparación trabajo real con el trabajo planeado.
- ❖ La programación de actividades debe contemplar fechas en días hábiles.

La figura 2.7 muestra un ejemplo de diagrama de barras

	<b>DIAGRAMA DE GANTT</b>				
	2006	2006	2006	2006	2006
Operación	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Excavación Planeado					
Excavación Real					
Encofrado Programado					
Encofrado Real					

Figura 2.7 Diagrama de Barras.

Las ventajas que tiene un diagrama de Gantt es que es fácil su elaboración y también su operación e interpretación. Es muy utilizado para la planeación pues es muy fácil de comprender. En cuanto a sus limitantes se puede decir que no da otra información importante como lo es la relación entre las actividades y secuencia del mismo.

## 2.5.2 Diagrama de red o modelo

El diagrama de red o modelo es una técnica útil para la planeación, programación y control de proyectos pues cuenta con actividades interrelacionadas. Las técnicas de redes separan las funciones de planeación y programación, el resultado o la producción de la función de planeación es un diagrama de red y no se dibuja a escala de tiempo.

Existen principios básicos que se tienen que comprender para poder realizar un diagrama de red, pues hay diferentes formatos que se pueden utilizar para dibujar el diagrama y estos son:

- ❖ Actividad en el cuadro (AEC)
- ❖ Actividad en la flecha (AEF)<sup>15</sup>

La actividad en el cuadro representa cada actividad por medio de un cuadro en el diagrama de red y la descripción de cada una se escribe dentro del mismo como se mostró en el capítulo anterior (Figura 2.5). En el formato de AEF (actividad en la flecha) la actividad es representada por una flecha en el diagrama de red y la descripción de la actividad se coloca sobre la flecha como se indicó en el capítulo anterior (figura 2.6).

---

<sup>15</sup> Gido. Clements,(2003) *Administración exitosa de proyectos*, segunda edición. Editorial Thomson  
Pág. 110

En este formato las actividades están vinculadas por círculos denominados eventos, cada evento representa la culminación de las actividades que entran al mismo y el inicio de las que salen de él.

Para preparar un diagrama de red es necesario seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Seleccionar el formato a emplear (AEC o AEF).

Paso 2. Dibujar las actividades en precedencia lógica.

Paso 3. Pensar en términos de que actividades pueden ir relacionadas entre sí, examinar cuales pueden empezar al terminar una actividad y cuales pueden realizarse al mismo tiempo en que se esté realizando otra actividad.

Paso 4. Dibujar un boceto del diagrama de red no a detalle.

Paso 5. Es preferible que el diagrama esté en una sola hoja para poder analizarlo mejor.

Paso 6. Especificar los tiempos de inicio y terminación y holguras totales.

Paso 7. Si existe una división del trabajo hay que especificarlo.

Paso 8. Especificar las responsabilidades.

Paso 9. Presentar el diagrama ya en forma detallada.

En la figura 2.8 se muestra un diagrama de actividades en el nodo ya que es uno de los más usados en la actualidad.

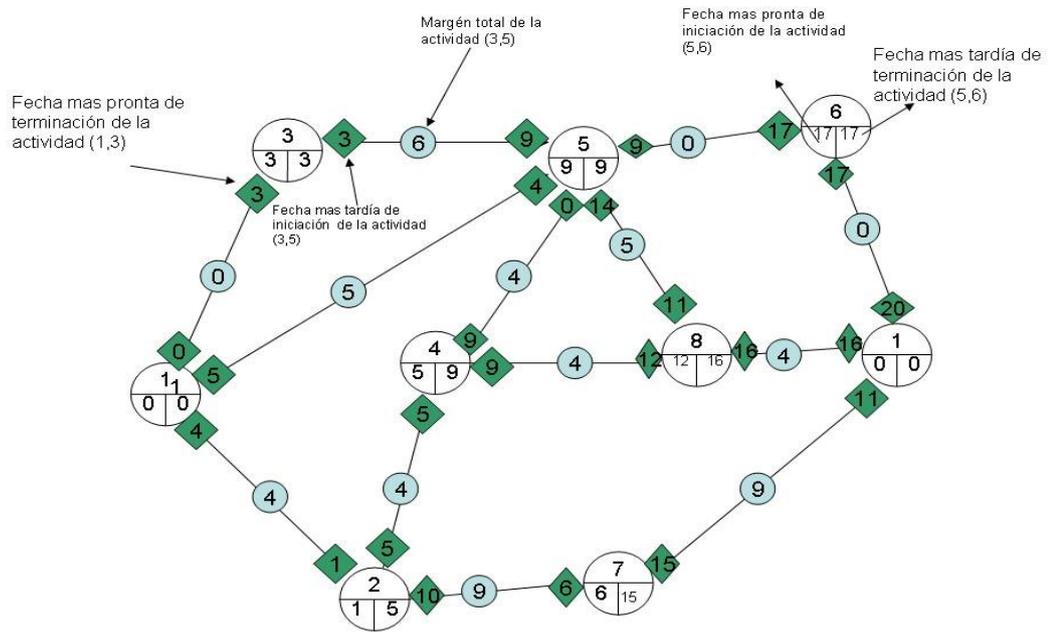


Figura 2.8 Diagrama de red actividad en el nodo.

### 2.5.3 PERT

Se denominan técnicas de PERT aquellos modelos o propuestas con los cuales se puede desarrollar una programación y análisis de un proyecto. Es una técnica de evaluación y revisión de programas ya que implementa el cálculo probabilístico de las duraciones de las actividades. Implementa tres posibles duraciones que son: duración óptima, media y pesimista. Estas duraciones son probables en base a los registros de proyectos similares realizados con anterioridad.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Ahuja (1983), Project Management – Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, Wiley Series Edition.

Lo que pretende este sistema es verificar que el proyecto en cuanto a su programación y planeación se ejecute de manera eficiente, por medio de una evaluación constante en los avances y retrasos que pueda presentarse en el mismo.

Se busca con este sistema que haya un cierto control en el proyecto, generando que las fechas para el inicio y terminación de las actividades se cumplan, además de que este mismo estudia los posibles retrasos que se pueden llegar a dar o que ya en el mismo proyecto se están generando de tal manera que éste propone soluciones para evitarlos.

Cuando existen cambios al proyecto lo que hace el PERT es evaluarlos de manera que pueda predecir el nuevo comportamiento del proyecto, su duración, sus costos de tal forma de poder programar las actividades y realizarlas de acuerdo con los recursos que se tengan evitando retrasos en el programa establecido o crear lo que se conoce como “cuellos de botella.”

Otras aplicaciones con esta técnica son:

- ❖ Hace un estudio de manera de tener un proyecto de coste mínimo
- ❖ Señala que actividades hay que reforzar para terminar en tiempo
- ❖ Detecta y cuantifica holguras totales
- ❖ Identifica el camino crítico formado por las actividades críticas en un proyecto

#### 2.5.4 Ruta Crítica

La ruta crítica es una técnica para la planeación y dirección de todo tipo de proyectos, es muy adecuado para la industria de la construcción, puesto que brinda un enfoque mucho más preciso y útil que las graficas de barras comunes (diagrama de Gantt) además de permitir una evaluación pronta comparando siempre lo programado contra lo real y así en caso de existir una retraso en lo programado realizar acciones correctivas.

El diagrama de red muestra con claridad los procesos cuyos tiempos de terminación son responsables de la determinación de la duración total del proyecto completo, estas operaciones críticas deben mantenerse puntuales continuamente.

En su conjunto forman un camino conectado de operaciones a lo largo de la red; esta es la ruta crítica a lo largo del proyecto.<sup>17</sup> La ruta crítica es la trayectoria que necesita el mayor tiempo para recorrer la red, es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo.<sup>18</sup>

Las actividades a lo largo de la ruta crítica se denominan actividades críticas. Una vez que se ha establecido la ruta crítica a través de una red es necesario examinar los tiempos de inicio y terminación de cada actividad para poder determinar holguras en el proyecto

---

<sup>17</sup> Antill and Woodhead (1995), *Método de la ruta crítica y su aplicación en la construcción*, Limusa Noriega Editores, México. Pág. 19

<sup>18</sup> <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/eco/adproyectanto.htm>

En la figura 2.9 se muestra el formato de actividad en el cuadro para un diagrama de red.

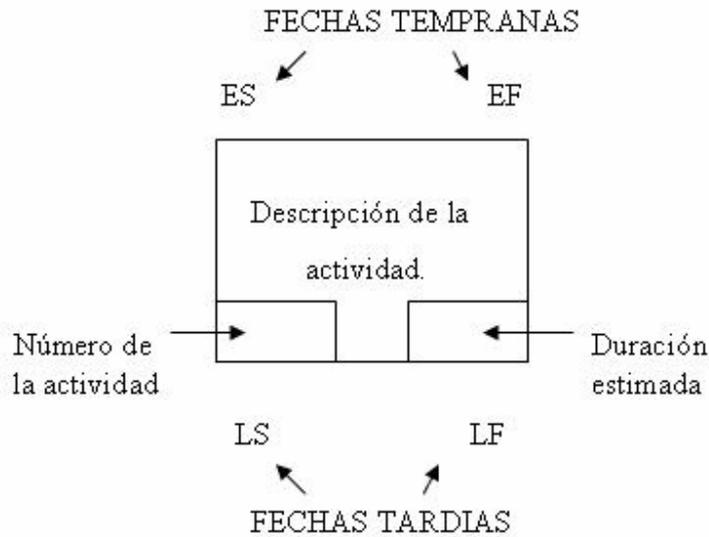


Figura 2.9 Formato de actividad en el cuadro.

En donde:

ES= tiempo de inicio más temprano.

EF= tiempo de terminación más temprano.

LF= tiempo de terminación más tardío.

LS= tiempo de inicio más tardío.

TS= holgura total

Las unidades de la duración de las actividades de un proyecto pueden ser horas, días, semanas, meses, años; la unidad que se elija deberá ser la misma para todas y cada una de las actividades en el diagrama.

Para el cálculo de la red crítica se basa en la siguiente información:

- ❖ Cálculo de las fechas más tempranas en que puede comenzar una actividad (ES).
- ❖ Cálculo de las fechas más tempranas en que puede terminar una actividad (EF).  
se calcula con la ecuación 2.2.

$$EF = ES + Duración\ estimada \text{ (ec. 2.2)}$$

- ❖  $EF = ES +$  duración estimada. Los tiempos EF Y ES se determinan calculando hacia la derecha y hacia delante.
- ❖ Cálculo del tiempo de inicio más tardío en el que puede comenzar una actividad (LS). se calcula con la ecuación 2.3.

$$LS = LF - Duración\ estimada^{19} \text{ (ec. 2.3)}$$

- ❖ Cálculo del tiempo de terminación más tardío en que puede terminar una actividad (LF).
- ❖ TS es la holgura total.

Los tiempos LS y LF se determinan calculando hacia atrás, es decir, trabajando a través del diagrama de red desde el final del proyecto hasta el inicio.

---

<sup>19</sup> Gido. Clements,(2003) *Administración exitosa de proyectos*, segunda edición. Editorial Thomson  
Págs. 148-151

## **2.6 Aspectos importantes en un proceso constructivo**

Para que un proyecto pueda ponerse en marcha y ser realizado de una manera eficiente es necesario contar tanto con un contratista o constructor como con un supervisor, este último tiene como obligación verificar que se estén cumpliendo las especificaciones que se marcan en el proyecto. El constructor por su parte debe cumplir con la ejecución de la construcción, de manera que la realice basándose en las especificaciones del proyecto, el contratista debe de hacerlo de una manera eficiente y con una alta calidad.

No sólo el contratista y el supervisor forman parte del personal que está a cargo de la construcción, sino también el director responsable de obra, el personal que trabaja en la misma (maestro de obra, peones etc.) Todos forman parte del grupo que conforma una estructura en el trabajo, cada uno aporta ya sea conocimiento, ideas o trabajo físico para que el proyecto, previamente planeado, se lleve a cabo en este caso la construcción de una obra.

El proceso constructivo de cualquier construcción es importante pues éste va a determinar como se va poniendo en práctica lo planeado en el proyecto. Se basa en las especificaciones y programa contemplado para el proyecto, lleva un orden y secuencia de tal manera que cada actividad especificada en el mismo debe de realizarse en el tiempo establecido y con los recursos necesarios.

El empleo efectivo de todos los recursos de la construcción es la función más importante en la dirección de la misma y el proceso constructivo será realizado en tiempo y forma siempre y cuando se tengan los recursos necesarios y estos mismos se empleen de manera correcta y eficiente.

Si durante el proceso de construcción no se hace un buen uso de los recursos esto ocasionará que no se completen las actividades, que se genere un incremento en el costo y que el proyecto se retrase si no se cuenta con los fondos necesarios para solventar los incrementos en los costos. El contratista y sus trabajadores deben de saber lo que se espera de ellos, además de las consecuencias que pueda haber en caso de que no cumplan con lo planeado y pactado, este punto generalmente se especifica en el contrato.

Durante el proceso constructivo se deben que tener reuniones periódicas con los supervisores para ver el avance en el proyecto, hacer una evaluación del mismo, proponer cambios si es que existen, supervisar paso por paso el proceso que se utilice, checar que es lo que está programado durante la semana, mes, etc. Supervisar que actividades están por hacerse y cuales ya se elaboraron, llevar todo un programa de evaluación de la construcción.<sup>20</sup>

No únicamente basta con revisar los planos y programa de obra, también durante el proceso de construcción es necesario tener la planificación para cada actividad y para ello es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

---

<sup>20</sup> Antill and Woodhead (1995), *Método de la ruta crítica y su aplicación en la construcción*, Limusa Noriega Editores, México. Pág. 379

- ❖ Supervisar los recursos con los que se cuentan
- ❖ Saber con qué personal se va a trabajar para lograr el objetivo
- ❖ En que tiempo se realizará dicha actividad
- ❖ Implementar correcciones en caso de ser necesario
- ❖ Supervisar antes y durante cada actividad que este todo lo necesario para su Correcta ejecución.

El control de los recursos de la construcción, como se ha dicho, guarda una estrecha relación con el control de los avances de la misma, e incluye no sólo la correcta ejecución y supervisión de la obra sino que, también la comparación de lo planeado con lo real, ya que aquí es en donde tanto el contratista como el supervisor se dan cuenta de cuál es el estado del proyecto.

El personal administrativo y de supervisión, tanto del propietario como del contratista, deberán de organizarse para que la administración general del proyecto sea eficiente, económica y exitosa, y capaz de adaptarse a las variaciones en las circunstancias a medida que progresa la construcción.

Todo proceso de construcción es puesto en marcha una vez que se tiene un programa de obra y la evaluación de las actividades, pero es esencial determinar la ruta crítica para elaborar y ejecutar el proyecto. Generalmente los programas de construcción y los diagramas de red del MCR son sólo aproximaciones estimadas para la ejecución del trabajo, por lo que durante la construcción siempre sufren cambios.

Un plan bien concebido, sin embargo, es en general capaz de funcionar sin alteraciones radicales, siempre que el proyecto haya sido eficientemente estudiado por los ingenieros, de manera que los cambios y los retrasos se reduzcan al mínimo.<sup>21</sup>

La causa de que un proyecto no se llegue a completar eficientemente consiste en la aparición de cambios y otras dificultades relacionadas con éstos; si estos cambios no son bien atendidos ocasionaran que el proyecto vaya perdiendo credibilidad, y al no realizarse ninguna corrección ni una mejora se originará la pérdida del control total del proyecto.

Es evidente que nunca pueden eliminarse en su totalidad los cambios que se presentan, generalmente estos producen retrasos impredecibles que pueden afectar como se ha comentado en los costos y en el programa del proyecto.

Sin embargo hay que recordar que todas estas ocurrencias crean problemas tanto para el propietario como para el contratista, y que una solución adecuada se obtiene cuando ambas partes mantienen cierta flexibilidad en sus enfoques acerca de la necesaria replanificación del trabajo.

La replanificación del trabajo consistirá en volver a replantear las secuencias o restricciones mediante una adecuada compresión de las actividades críticas o por descompresión adecuada de las actividades a las que se aplicó urgencia y que ya no son críticas.

---

<sup>21</sup> Ídem 20 Pág. 380

Una vez realizado la replanificación se procede a la ejecución del proyecto por medio del procedimiento constructivo que siempre se debe ejecutar basándose en el programa de obra.

Una vez que se tiene el programa es común que para un proyecto exista una supervisión del programa, generalmente para ello se utilizan técnicas que son: la PERT y la CPM, como se mencionó anteriormente estas tienen como objetivo evaluar posibles retrasos en las actividades, replanteamiento de un programa, analizan holguras totales y posibles soluciones cuando surgen los ya mencionados “cuellos de botella”.

Todo lo anterior va a servir para dar paso a la ejecución del proyecto, o lo que se conoce como dar paso a la construcción. En la construcción intervienen una serie de pasos a realizar, estos son los procedimientos a seguir para su elaboración, por ello es necesario tener toda la información que sea necesaria para realizar con éxito el proyecto.

Como se indicó anteriormente el factor programación y proceso constructivo siempre van a estar muy relacionados, pues si se modifica cualquier aspecto en uno de ellos afectará al otro, se debe recordar que cuando se presenten cambios o contingencias se deben aplicar acciones correctivas de manera que el cliente y el contratista lleguen a un acuerdo y se proceda al seguimiento del proyecto.

Debido a que requieren una planeación más a fondo, el empleo de los diagramas CPM y PERT en las actividades básicas con frecuencia dan mejores resultados en la programación del proyecto que si únicamente se utilizara el diagrama de barra.

Con el uso del diagrama de barras, el inicio o la terminación de las actividades representadas por una barra puede extenderse una semana o más sin que afecte la planeación básica. Los diagramas CPM y PERT no permiten esto, ya que la diagramación de las actividades las interrelaciona a todas y, por tanto, los cambios en el tiempo de una actividad afectan a todas.