



176

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**"LA PLANEACION DE PROYECTOS Y LA
TECNICA DE CURVA S COMO
MECANISMO DE CONTROL"**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de
I N G E N I E R O C I V I L
P r e s e n t a

ERNESTO LEONARDO URANGA FLORES

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

	PAGINA
CAPITULO I INTRODUCCION	1
I.1 PLANEACION DE PROYECTOS.	2
I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
I.3 EXPLICACION DE MOTIVOS.	11
CAPITULO II EL METODO DE CAMINO CRITICO.	14
II.1 PLANEACION	15
II.2 PROGRAMACION.	22
II.3 EJECUCION	30
II.4 CONTROL.	31
CAPITULO III LA TECNICA DE CURVA S.	34
III.1 PRESENTACION	35
III.2 DESARROLLO TEORICO	39
III.3 APLICACION.	43
CAPITULO IV DESARROLLO DE UN EJEMPLO	48
IV. 1 CASO PRACTICO	49
CAPITULO V CONCLUSIONES	70
V.1 FACTIBILIDAD DE APLICACION	71
V.2 DESARROLLO COMD SISTEMA INTEGRADO	74
V.3 RECOMENDACIONES..	78
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA,	83

CAPITULO I

INTRODUCCION

- 1. PLANEACION DE PROYECTOS**
- 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- 3. EXPLICACION DE MOTIVOS**

1. Planeación de Proyectos.

La historia de la humanidad, en lo que va de este siglo, ha transcurrido de una manera por demás violenta y acelerada. El hombre como ser rector de sus propias metas y de los procesos necesarios para alcanzarlas ha procurado mantener su desenvolvimiento dentro de ciertos cauces.

Como sujetos integrantes de ese proceso, podemos afirmar que, por experiencias sufridas y de alguna forma provocadas, nuestra capacidad de dirigirnos se ha puesto en evidencia varias ocasiones y algunas de ellas verdaderamente dramáticas.

Particularmente nuestro país sufre la carencia de lo que se ha dado en llamar infraestructura tecnológica, la cual posibilita y fomenta el empleo de los recursos disponibles con miras a lograr un crecimiento económico acelerado y sostenido, aunado a la satisfacción de necesidades de bienestar social, como son: educación, vivienda y salud.

Surge aquí la idea fundamental de que la actividad del ingeniero constituye uno de los pilares de apoyo para promover la racionalización de nuestro esquema de desarrollo.

Si bien es cierto que la infraestructura tecnológica ha sido un factor que por su relativa ausencia no ha generado el nivel de inversiones requerido, estas últimas se han produ-

cido de manera discontinua a pesar de que no se disponga del -
financiamiento suficiente, sino por la manera en que los mon--
tos a invertir son distribuidos en la economia. Cada año los-
Presupuestos Federales de Egresos asignan cuantiosas sumas a -
los rubros de actividad económica que se pretende impulsar.

Nuestro país se ha visto de pronto obligado a surtir-
se de esa capacidad de producción, en la medida en que su posi-
ción como exportador de petróleo favorece y propicia el clima-
idóneo para alcanzar un estado de desarrollo más congruente -
con los objetivos que para tal efecto han sido planteados.

De tal suerte surge aquí como un imperativo categórico
la necesidad de auxiliarse de ciertas técnicas y procedimien--
tos para la consecución de objetivos, los cuales a su vez fue-
ron originados por las inversiones.

Es así como el concepto PLANEACION interviene en la -
definición de cómo y qué es lo que se pretende llevar a cabo,-
racionalizandolo mediante las técnicas que dicha disciplina -
proporciona.

La importancia que dicha actividad implica, se ha men-
cionado reiteradamente a través de los organismos oficiales, -
encargados de materializar los recursos de que han sido dota--
dos.

Actualmente una sola entidad gubernamental se encarga de elaborar el plan rector de nuestra economía, de tal suerte, a la fecha de este trabajo, ya ha sido expuesto y difundido el Plan Global de Desarrollo por la Secretaría de Programación y Presupuesto.

En el mismo se menciona, que las actividades generales de planeación corresponden a dicha dependencia, mientras que las particulares, a las demás dependencias del Ejecutivo Federal.

De tal forma la "sectorización" de la Planeación se lleva a cabo precisamente en el sector involucrado, la "globalización" de la misma se integra en el plan mencionado anteriormente.

Con apoyo en los planes sectoriales y una comunicación constante con todos los sectores del gobierno federal, se han comparado diagnósticos específicos, propósitos y acciones. Es menester resaltar el esfuerzo realizado por cada uno de los sectores para avanzar en la construcción de un sistema nacional de planeación.

A manera de ilustración podemos citar la elaboración y publicación de los siguientes planes sectoriales:

- Plan Nacional de Desarrollo Urbano

- Plan Nacional de Desarrollo Industrial
- Plan Nacional de Desarrollo Pesquero
- Planes Anuales del Sector Agropecuario y Forestal
- Programa Nacional de Empleo
- Plan Nacional de Turismo
- Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal
- Programa Nacional de Ciencia y Tecnología.

El Plan Global de Desarrollo se califica como tal, - porque deriva de una concepción de desarrollo integral. No se refiere a una sola actividad ni a un ámbito específico del gobierno; persigue integrar todos los aspectos de la vida social, en tanto que ellos se complementan recíprocamente.

La globalización requiere la conjunción del todo: - lo económico, lo político y lo social enmarcado en la filosofía que orienta las decisiones políticas.

La estrategia contenida en el Plan se ha dirigido - hacia la consecución de cuatro objetivos:

- Reafirmar y fortalecer la independencia de México como - nación democrática, justa y libre en lo económico, político y cultural.
- Proveer a la población de empleo y los mínimos de bienestar - atendiendo con prioridad las necesidades de alimentación, - educación, salud y vivienda.

- Promover un crecimiento económico alto, sostenido y eficiente.
- Mejorar la distribución del ingreso entre las personas, los factores de la producción y las regiones geográficas.

El petróleo está íntimamente ligado a la viabilidad de la estrategia. No se trata de aplicar una política petrolera de crecimiento, sino una política de desarrollo que se sirve del petróleo. De tal suerte su explotación y exportación están condicionados por los propósitos de la estrategia de nuestro desarrollo y por la capacidad real de absorción de estos recursos por la sociedad.

El esfuerzo de financiamiento del desarrollo, adicionalmente a los recursos del petróleo, se basa en la generación de un mayor nivel de ahorro interno y en el fortalecimiento de las finanzas públicas, que permitan una tasa más acelerada de formación de capital, que promueva mayores fuentes de producción y empleo.

Se puede observar muy claramente el interés del poder público en hacer de las actividades de planeación la herramienta fundamental para la consecución de sus objetivos. En pocas palabras podemos decir que se pretende "institucionalizar" los procesos de planeación.

Siempre se había considerado dicho concepto como par-

te fundamental de las acciones de gobiernos anteriores al sexenio 76-82, no habiendo pruebas fehacientes que demostraran tal situación. Es hasta el presente sexenio cuando dicha labor se ha materializado y ha surgido como objetivo de gobierno.

Ahora bien, corresponde aquí, hacer una diferenciación clara de lo que es la planeación económica y la planeación como proceso que especifica las acciones tendientes al logro de objetivos determinados.

Aún cuando la planeación económica especifica acciones tendientes al logro de objetivos, estos estarán determinados por la corriente de pensamiento que predomine para fijar las estrategias que deba tomar el gobierno, y así alcanzar las metas que en un momento dado serán variables en función del entorno económico que se viva. Es así como de acuerdo a cierta teoría económica, la reducción de manufacturas de consumo interno pueda ser provocada intencionalmente para dar paso a importaciones del mismo producto; evidentemente la decisión no será del todo simple, sino que se tomará en cuenta aquella cuyos efectos a largo plazo sean los más favorables o a la inversa. Podríamos pensar que la Planeación Económica responde a objetivos de bienestar social.

Por otro lado la planeación como técnica de aplicación en un momento dado responde solo a la utilidad que derive de las inversiones por realizar. Es así como el empresario

planeará la expansión de su capacidad productiva en función de la demanda esperada de su producto o servicio e invariablemente normado por la obtención de utilidades.

Si pensamos que la inversión se materializa en proyectos, aceptaremos que la planeación de proyectos contribuye a hacer rentables las inversiones, independientemente de que se trate de proyectos urbanos, agropecuarios, petroquímicos, industriales o de servicios.

2. Planteamiento del problema.

En virtud de lo anteriormente expuesto es menester la aplicación efectiva de las técnicas de programación y control de proyectos de inversión a la utilización de los recursos disponibles para llevarlos a cabo.

Surge aquí una importante pregunta, la cual se formula en atención a las consideraciones antes citadas. ¿Es realmente posible y de hecho rentable el empleo de técnicas sofisticadas de programación y control, en proyectos realizados en nuestro país?

Evidentemente la contestación de esta pregunta tiene diversos puntos de vista; en lo referente al primer aspecto de la misma, sobre la posibilidad de su aplicación, es manifiesto el gran número de empresas dedicadas a prestar servicios de

consultoría en programación y control de proyectos que existen en nuestro país. Por otro lado la rentabilidad de su empleo - está en función directa con el tamaño de la obra ya que a mayor monto de contrato por ejercer, mayor será la necesidad de programar actividades.

Es así como el presente trabajo pretende explicar e - introducir una aproximación a lo que podríamos llamar racionalización de los métodos de pronóstico, para obtener una evaluación realista del trabajo desarrollado en determinado conjunto de actividades que generalmente se consideran como integrantes de una obra de ingeniería en construcción.

La industria de la construcción ha sido un sector de la economía, que por su acelerado crecimiento ha demandado la capacidad productiva de los sectores que le son complementarios, presentándose situaciones de escasez y en suma el desarrollo de dichos sectores no corre parejas al de la construcción, con el consiguiente detrimento de este último.

De esta forma se observa que en el período 1964-1975, el producto Interno Bruto (PIB) creció un 96% a precios constantes mientras que en el mismo período la construcción creció un 133%.

Asimismo la construcción representó en 1964 un 4.35% del PIB mientras que en 1975 alcanzó un 5.16%. (')

Otro aspecto importante es que la actividad constructora contribuye sustancialmente a la formación de capital fijo, fundamental para el desarrollo.

Por otro lado, admitiendo que el crecimiento de la construcción ha sido evidente colocándola como una de las industrias cuya tecnología inclusive ya se exporta a centro y sudamérica, es paradójico que los recursos humanos empleados en la producción carezcan por completo de capacitación en cuanto al desarrollo de diversas actividades, por lo que es relevante el esfuerzo que actualmente realiza el Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción (I.C.I.C.) por superar esas deficiencias.

De esta forma podemos apreciar las necesidades urgentes de esta industria en cuanto a optimizar los procesos y recursos de que dispone, ya que de por sí, la actividad no cesa en su crecimiento.

Se ha dicho y así lo asienta el estudio mencionado anteriormente que la construcción en México tiene índices de

(') C.N.I.C. "Importancia Socioeconómica Actual y Futura de la Industria de la Construcción" Febrero 1977.

contribución a la economía nacional que son equiparables a los de varios países industrializados, concretamente los Estados Unidos y ello es síntoma inequívoco del progreso económico nacional. Sin embargo hay todavía ciertos hechos que demuestran lo paradójico de la situación nacional, la cual por un lado genera capital e inversiones productivas, por el otro existe desocupación, pobreza de la población rural, retraso de salarios con relación a las utilidades, inflación y endeudamiento externo que ha rebasado la capacidad de pago del país.

Es de vital importancia el darnos cuenta de los problemas por los que atraviesa el país ya que de esa forma podremos coadyuvar a su solución como portadores de mejores condiciones de vida y por tanto de desarrollo regional y nacional.

3. Explicación de motivos

La razón fundamental que ha dado origen al desarrollo del presente trabajo ha sido fraguada aún antes de abandonar los recintos universitarios. De tal suerte pensamos que la introducción de la técnica de curva S pueda servir de apoyo para obtener resultados sustanciales en el control de procesos constructivos, los cuales conforme avanza el tiempo se tornan más sofisticados, con mayor empleo de maquinaria y equipo, a la vez que es altamente necesario al ahorro de tiempo en las obras y que ello trae consigo incrementos considerables en los costos directos e indirectos de operación.

Por otro lado la adopción sistemática del método de curva S permite al planificador obtener pronósticos del comportamiento de las actividades en el tiempo, eliminando con ello una posible omisión en la determinación de porcentajes de conclusión del proyecto.

Consideramos además que aunado a la experiencia del planificador, la técnica de curva S es susceptible de desarrollarse por métodos iterativos y por lo tanto el uso de la computadora será de vital importancia en la implantación del método para el control de grandes proyectos.

Asimismo la relativa carencia de este tipo de técnicas ha sido también el resorte para poner a consideración el contenido de este trabajo.

En efecto, la única referencia respecto al empleo de alguna curva característica de comportamiento de actividades en el tiempo, la tenemos en la Tesis Profesional del Ing. R. CARREON VARGAS cuyo título es "Programación y control de la construcción de la Clínica Hospital Snta Clara", la cual está fechada en el año de 1970.

En ese trabajo se adopta la suposición proporcional de tiempo vs. avance, es decir, que como aproximación teórica, los porcentajes de avance de actividades son directamente proporcionales al tiempo, introduciendo además dos variables esta

dfsticas para valorizar los tiempos y los avances; la media y la desviación estándar.

Estas dos ultimas variables permiten determinar un es pacio de tolerancia para el comportamiento del proceso.

El presente trabajo podríamos considerarlo como una - extensión lógica al mencionado anteriormente, ya que pretende básicamente los mismos objetivos dentro de la actividad cons-- tructora del país.

Por otro lado, deseamos dejar sentado ante todo, el - testimonio de gratitud hacia los maestros y compañeros de la - Facultad de Ingenierfa de la UNAM, quienes con su apoyo y com- prensión han permitido continuar la ya bien cimentada tradi- - ción de nuestra escuela y la lealtad universitaria, así como - el alto valor de conceptos humanos y convicciones que harán - posible la construcción de un México más libre, más soberano - de sus recursos y ante todo más cabalmente justo en todos los - órdenes.

CAPITULO II
EL METODO DE CAMINO CRITICO

- 1. PLANEACION**
- 2. PROGRAMACION**
- 3. EJECUCION**
- 4. CONTROL**

1. Planeación.

En virtud de que el Método de Camino Crítico reviste singular importancia en el control de los procesos de ejecución de diversas actividades de producción, hablaremos ahora de los aspectos específicos por medio de los cuales el método hace factible la consecución de nuestros objetivos.

El Método de Camino Crítico es, en esencia, la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red, la cual nos permite determinar el mejor programa de operación.

Siendo esto así, la fase de planeación del método permite seleccionar un orden, dentro de todas las posibilidades y secuencias en que podría efectuarse un proyecto, señalando su forma de realización.

La secuencia se establece por medio de la experiencia y, utilizando la lógica en el procedimiento de determinar secuencias y combinaciones de recursos (materiales, mano de obra y equipo) llegamos a formular la base contundente para definir la planeación.

Mediante la planeación pretendemos influenciar y controlar la dirección y naturaleza de cualquier cambio, así como determinar que acciones son necesarias para obtener los resultados esperados.

En el campo de la construcción es tan vasto el horizonte que nos determina un plan, cuanto más es preciso apreciar la importancia de estas disciplinas técnico-administrativas. Afirmamos que el horizonte es vasto dada la naturaleza, muchas veces aleatoria, de los procesos y recursos constructivos.

De igual forma, surge de manera inmediata la consecución de objetivos a corto plazo, en virtud de que el producto de dicha industria es precisamente un bien inmueble, una obra de infraestructura, de beneficio colectivo, etc.

Bajo las consideraciones anteriores es claro que las cuantiosas inversiones que demandan el logro de tales metas, deban ser sujetas a un control estricto, y por lo tanto planearse objetivamente.

De esta forma el propietario de la obra tenderá a acelerar los mecanismos a su alcance para que la misma sea productiva y la amortización del capital invertido se complete en un periodo preestablecido.

Desde luego, la forma en que se manifiestan dichos mecanismos es en el control del tiempo de ejecución del proyecto, ya que éste, desde su inicio, representa un valor amortizable y susceptible de arrojar utilidades, de otra forma los estudios de factibilidad no propondrían como solución óptima la-

de llevar a cabo la construcción.

En función de lo anterior, la empresa constructora - garantizará al propietario del inmueble la terminación oportuna de los trabajos del proyecto, cómo, pues hé aquí que el método de Camino Crítico tiene su primera aplicación.

Está por demás hablar del origen de la técnica de Ruta Crítica ya que en numerosos trabajos sobre programación y - control de obras se hace referencia al mismo. Sin embargo cabe mencionar que su empleo ha redundado en beneficios para el cabal desarrollo de procesos constructivos y, a su vez ha permitido ahorros de tiempo que de otra forma no hubiera sido posible lograr.

Lo anterior implica una sistematización de datos, los cuales en el pasado consistían únicamente de cálculos efectuados por aproximaciones sucesivas y al fin el plan de construcción adoptado dependía solamente del criterio personal.

El Método de Camino Crítico requiere la elaboración - de esquemas gráficos a los cuales se les denomina comúnmente - como diagramas de flechas, esto tiene la ventaja de proporcionar específicamente las características del proyecto de construcción.

Es conveniente que la gerencia de obras, a través del

departamento de planeación de la empresa constructora, fije la magnitud y detalle de la red. Es claro que antes de proceder al trazo de la misma es necesario decidir los métodos de construcción.

El modelo de red nos muestra precisa y completamente todas las actividades del proyecto, desde su inicio, por medio de sus relaciones, hasta su terminación.

Surge aquí el aspecto medular de la planeación, ya que en este proceso, los directores y gerentes del proyecto determinan la forma de llevarlo a cabo. La planeación consiste, por lo tanto, en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que han de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y las determinaciones de tiempos y costos necesarios para su realización.

Retornando al diagrama de flechas, es menester ahora la división del proyecto en sus actividades.

Por principio de cuentas habremos de ordenar por columnas todas aquellas actividades que compongan el proyecto sin importar la precedencia o subsecuencia de las mismas, ya que después las ordenaremos específicamente en la parte que les corresponde del proyecto.

Como regla de aplicación podemos pensar que las res--

tricciones físicas, las limitaciones de mano de obra y las limitaciones administrativas constituyen una aproximación al ordenamiento específico de los procesos y precisamente en ese orden.

Posteriormente es factible vaciar los datos obtenidos en una tabulación lógica de la construcción, la cual contiene las actividades precedentes, las simultáneas y las subsecuentes.

De aquí podemos concluir lo siguiente; cuando aparecen en la tabla más de dos actividades precedentes para un mismo renglón, entonces más de dos cadenas de actividades convergen al inicio de esa actividad en particular. Por otro lado, si existen más de dos actividades subsecuentes para un mismo renglón, entonces más de dos cadenas surgen de esa actividad, es decir, se presenta una ramificación y, por último cuando existen actividades simultáneas se presenta una cadena de actividades paralelas a la que estamos tomando.

De esta forma, si las actividades quedan establecidas para una lógica de construcción, es claro que únicamente existirá un solo diagrama de flechas.

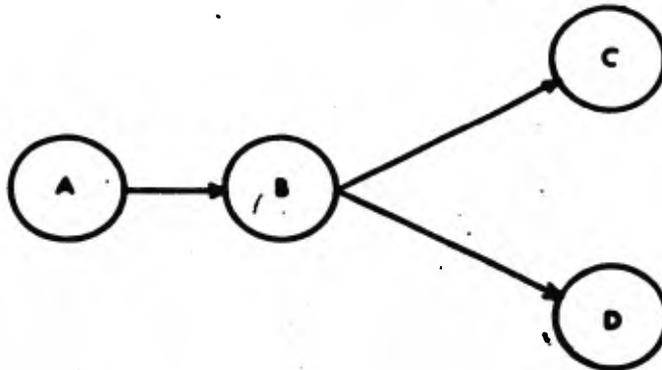
En los diagramas de flechas podemos distinguir las actividades y los eventos. Los eventos no tienen duración en el tiempo mientras que las actividades sí.

Para nuestro caso particular, el desarrollo de la red lo llevaremos a cabo mediante nodos, o de otra forma llamada red de eventos orientados. Así, por ejemplo, cuando una actividad precede a otra, lo representamos de la siguiente forma:

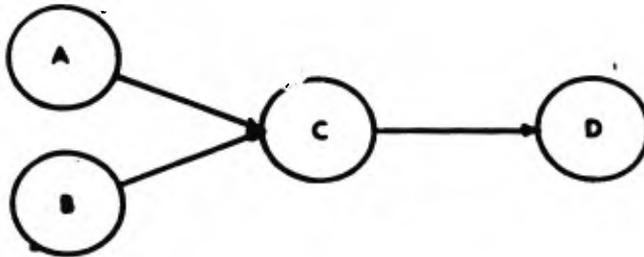


Esto quiere decir que la actividad A es precedente a la actividad B, de esta forma la flecha que las une representa un evento sin duración en el tiempo.

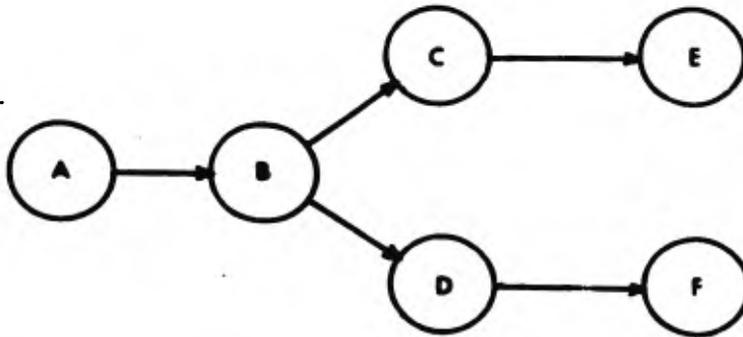
Otras formas de representar los procesos podrían ser los siguientes:



Indica que la actividad A precede a B, pero a su vez las actividades C y D son subsecuentes a B y simultáneas entre sí.



En este caso sucede lo contrario del anterior; las actividades A y B son simultáneas y preceden a C, la cual a su vez precede a D.



Aquí las actividades simultáneas, que son C y D preceden a B, sin embargo a partir de ellas, las actividades E y F son subsecuentes de C y D respectivamente.

Con estas formas lógicas podemos asegurar que la red que hemos trazado describe a la perfección los procesos de construcción de una manera ordenada y eficiente.

Cada actividad particular se representa por un nodo y el inicio de todas las actividades que parten del mismo no pueden hacerse, sino hasta que se hayan terminado todas las actividades que llegan a dicho nodo.

El Método de Camino Crítico incluye no solo la secuencia e interrelaciones de las actividades, sino también el tiempo necesario para terminar las operaciones; por lo tanto un trazo completo de la red de actividades debe incluir el tiempo.

Entonces un diagrama o red es la representación del proyecto en el que se muestran las actividades y eventos superpuestos, además de los tiempos requeridos para su culminación.

Hasta aquí hemos desarrollado una serie de indicaciones preliminares respecto del método, las cuales son:

1. Desglose de actividades
 2. Ordenación y listado de actividades
 3. Especificación de restricciones
 4. Trazo del diagrama y numeración de actividades
 5. Datos de tiempo por actividad
-
2. Programación

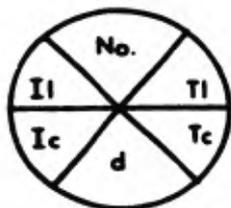
Corresponde ahora la determinación de la ruta crítica

correspondiente, es decir, el camino de entre los muchos que - podemos seguir a través de la red, cuya longitud es máxima y - por ende será el que nos indique la duración total del proyec- to.

Para esto definiremos el empleo de los círculos como- representativos de las actividades.

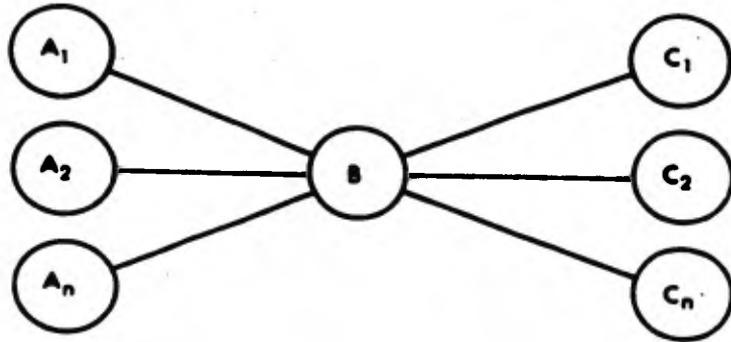
Cada círculo está dividido en sectores y en cada uno- de los cuales se ubica un número representativo que define - un lugar en el tiempo para dicha actividad.

A continuación veremos cuales son los sectores de cada círculo:



- d. Duración
- No. Número de actividad
- Ic. Inicio cercano
- Tc. Terminación cercana
- Il. Inicio lejano
- Tl. Terminación lejana

Los valores de I_c , T_c , I_l , y T_l se obtendrán en base al estudio del siguiente diagrama:



Si la actividad B fuera la actividad inicial de la red, es decir, que antes de B no existiera ninguna otra actividad, se tiene:

$$I_{c_B} = 0$$

$$T_{c_B} = I_{c_B} + d_B$$

$$T_{L_B} = \text{menor } I_L \text{ de las actividades } C_1, C_2, \dots, C_n.$$

$$I_{L_B} = T_{L_B} - d_B$$

Como puede observarse, para obtener I_{c_B} y T_{c_B} lo único que hemos hecho es sumar las duraciones de las actividades de izquierda a derecha de la red. Por el contrario, para obtener T_{L_B} e I_{L_B} debemos restar las duraciones de las actividades de derecha a izquierda de la red.

Para el caso de que la actividad B sea intermedia en el diagrama tenemos:

$$IC_B = \text{Mayor TC de las actividades } A_1, A_2, \dots, A_n.$$

$$TC_B = IC_B + d_B$$

$$TL_B = \text{Menor IL de las actividades } C_1, C_2, \dots, C_n.$$

$$IL_B = TL_B - d_B$$

Por último nos resta obtener valores cuando la actividad B es la actividad final de la red.

$$IC_B = \text{Mayor TC de las actividades } A_1, A_2, \dots, A_n$$

$$TC_B = IC_B + d_B$$

$$TL_B = TC_B \text{ por ser B actividad final}$$

$$IL_B = TC_B - d_B$$

La ruta crítica del proyecto son aquellas actividades cuyo inicio cercano es igual a su inicio lejano, y por lo tanto carecen de holgura, o dicho de otra forma la holgura es igual a cero.

La holgura de una actividad es el lapso de que dispone la misma para retrasarse sin repercutir en la duración total del proyecto. De esta forma las holguras están representadas por las siguientes diferencias:

$$IL_B - IC_B = HT_B$$

$$TL_B - TC_B = HT_B$$

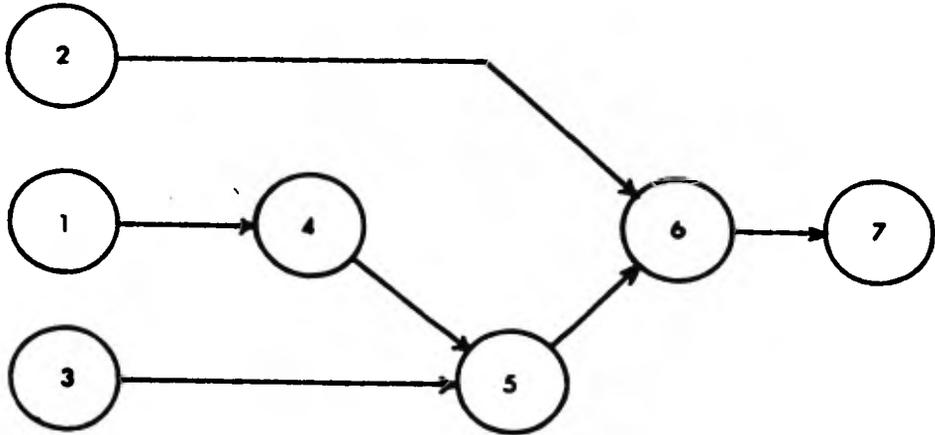
Para el caso de las actividades críticas el hecho de no existir holguras indica que si la actividad se retrasa, el retraso afecta la duración total del proyecto.

A continuación desarrollaremos un ejemplo para ilustrar el empleo del método antes descrito.

Consideremos los procedimientos típicos para la construcción de contratraves de cimentación; cuyas actividades fundamentales son:

- 1.- Excavación
- 2.- Habilitado de cimbra
- 3.- Habilitado de fierro
- 4.- Plantilla
- 5.- Colocación de armado
- 6.- Colocación de cimbra
- 7.- Colado de contratraves.

El diagrama de red que se muestra enseguida es el que representa la secuencia de las actividades anteriores.



Como puede observarse, las actividades de excavación y habilitado de fierro y cimbra son simultáneas y pueden iniciarse independientemente.

A su vez, el colado de la plantilla es una actividad subsecuente a la excavación, así como la colocación del armado sucede precisamente a su habilitado y todas las actividades anteriores se integran de una manera y secuencia lógicas para dar paso al colado de las cotratrabes.

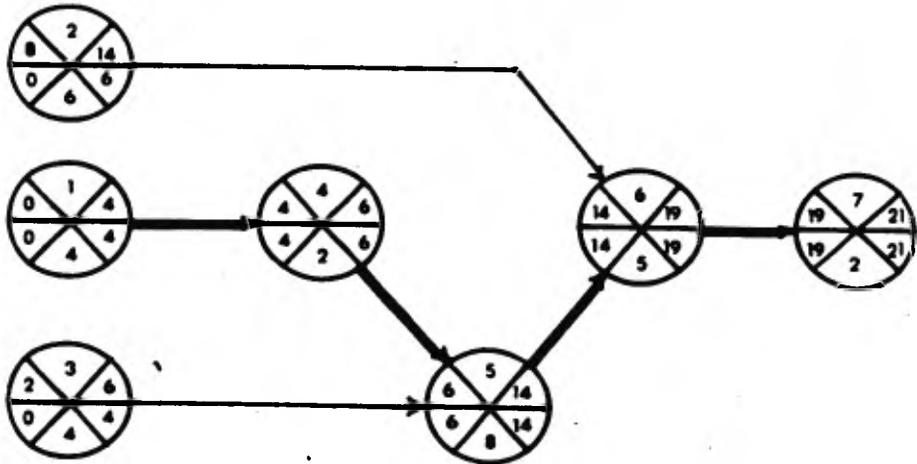
De esta forma hemos ordenado sistemáticamente las actividades del proyecto para proceder a la asignación del tiempo de duración de cada una de ellas.

En base a la disponibilidad de recursos, tanto admi--

nistrativos como de materiales, equipo y mano de obra, así como del empleo de rendimientos por actividad, podemos determinar el intervalo o lapso de tiempo que ha de consumirnos una actividad.

De esta forma y efectuando los procedimientos antes descritos obtenemos los inicios cercanos y las terminaciones cercanas de las actividades.

El diagrama que sigue muestra estas operaciones:



Nótese que las actividades iniciales tienen inicio -- cercano igual a cero ya que son las que principian el proyecto y ninguna actividad es precedente de ellas.

Si observamos la actividad 5 notaremos que a ella con curren las actividades 4 y 3 y que la terminación cercana de dichas actividades es 6 y 4 días respectivamente; para decidir

que valor de inicio cercano asignaremos a la actividad 5 debemos fijarnos cual es el mayor valor de las terminaciones lejanas de las actividades 4 y 3.

El resultado es que la actividad 4 tiene el mayor valor de TC y con ese valor continuamos la determinación de valores de izquierda a derecha de la red. Lo anterior sucede también con la actividad 6.

En caso de que la actividad final sea única, o sea - que a ella no concurren más de dos actividades, los IC, TC, -- e IL, TL serán idénticos. Como sucede con la actividad N° 7.-

Hecho esto procedemos ahora a la determinación de los inicios lejanos y terminaciones lejanas cuyos valores los obtenemos con el proceso inverso anterior, es decir, de derecha a izquierda de la red.

Cuando hemos completado este proceso, podemos ahora - determinar la ruta crítica del proyecto así como las holguras de las actividades que no son críticas.

Echando un vistazo a la red observamos cuales actividades tienen $IC = IL$ y $TC = TL$; las que cumplen con esa característica son las actividades 1-4-5-6-7 las cuales constituyen el camino crítico de la cimentación.

Por otro lado las actividades 2 y 3 tienen una holgura de 8 y 2 días respectivamente, lo cual resulta de efectuar la diferencia entre sus IC e IL y TC y TL. Esto quiere decir que dichas actividades no necesariamente deben ser simultáneas a la excavación y que pueden correrse hasta 8 y 2 días respectivamente sin interferir en la duración total del proyecto.

3.- Ejecución

Hasta aquí hemos completado lo que podríamos llamar - la parte mecánica del método, es decir, hasta la determinación total de los tiempos de construcción e intervalos de duración de todas las actividades del proyecto.

Con ello lograremos que los tiempos asignados a cada actividad se vean relegados en los días de calendario necesarios para tal efecto.

La etapa de ejecución corresponde únicamente al lapso que media entre la puesta en marcha de la obra y el plan que - debe seguir, así como las etapas de control sucesivas que se - pretenden llevar a cabo.

En este lapso, la oportunidad de organización de procesos constructivos puede ser llevada a cabo por los ingenieros que estarán dirigiendo personalmente los trabajos y a su vez permitirá detectar aquellos que por sus características --

sea necesario sobrevalorar.

4.- Control

Bajo este aspecto hemos de considerar todas aquellas actividades que estén orientadas a evaluar o revisar el estado de comportamiento del proyecto en un momento dado. Como hemos visto, el control siempre tiene efectos sobre la planeación y es precisamente la herramienta para detectar y corregir las fallas o problemas que se hayan originado en el lugar de la obra.

Es precisamente en esta parte de la administración de proyecto cuando habremos de llevar a cabo la retroalimentación de datos y de esa manera establecer el eslabón entre lo planeado y lo ejecutado.

Para llevar a cabo el control de obra es necesario la existencia de un programa. La necesidad surge desde el momento de establecer el control, ya que este se basa en una comparación de hechos, por un lado el programa establece el cumplimiento de ciertas metas (terminar una excavación, completar el tendido de una tubería, etc.) Y por otro lado tendremos la ejecución real de la obra hasta el momento de establecer el control. Entonces el control consiste en comparar los datos del programa contra la ejecución real de la obra, medir la desviación existente entre ellos y establecer las medidas necesarias para tratar de corregir el curso de la obra y de esta for

ma preservarla dentro de la trayectoria que marca el programa o en un caso extremo, modificar el programa totalmente.

Administrativamente podemos enunciar los pasos o etapas de todo control:

- Establecimiento de los medios de control
- Operaciones de recolección y concentración de datos
- Interpretación y valoración de los resultados
- Utilización de los mismos resultados

Aquí podemos pensar que la primera y última de estas etapas son esencialmente propias de los altos ejecutivos en la dirección de los acontecimientos, mientras que la segunda corresponde al técnico en el control de que se trate, y por último la tercera se realiza en común con el técnico y el administrador.

A continuación presentamos el diagrama de flujo del control a establecer en obra:

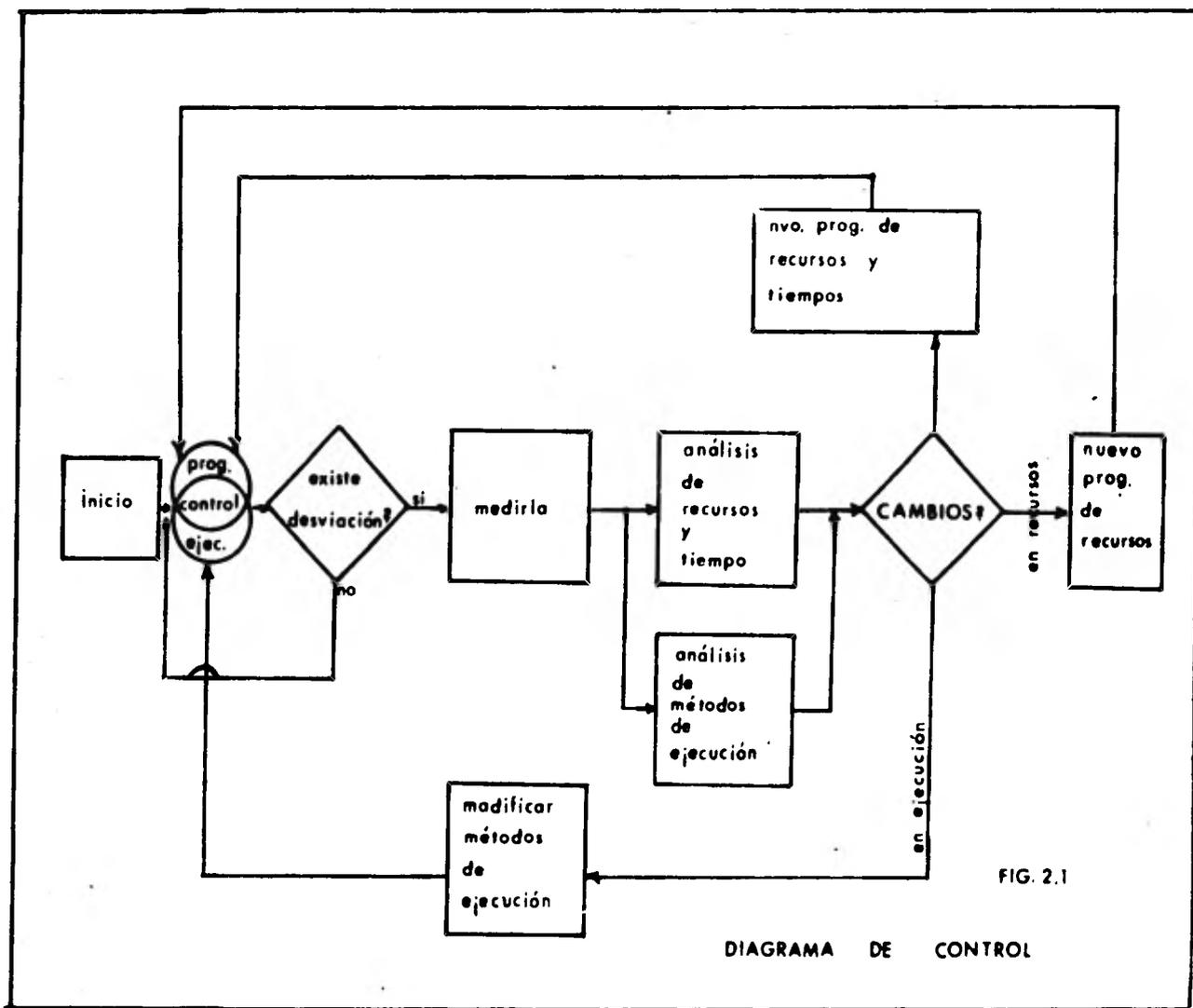


FIG. 2.1

DIAGRAMA DE CONTROL

CAPITULO III

LA TECNICA DE CURVA S

- 1.- PRESENTACION
- 2.- DESARROLLO TEORICO
- 3.- APLICACION

1.- Presentación-

Pasemos ahora a exponer el aspecto fundamental de este trabajo.

La técnica de curva S ha sido introducida por dos autores, I.G. Elliot e I.R. Tiggemann para lograr, de una manera sencilla, la evaluación más aproximada y por lo tanto más exacta de los trabajos realizados en determinado proyecto. (*)

El método se basa fundamentalmente en dos hipótesis.- Primero, el trabajo realizado rara vez se halla en función directa con el tiempo, es decir, no podemos admitir que el porcentaje de conclusión de una actividad sea proporcional al tiempo de ejecución de la misma, ya que eso implicaría obtener una imagen deformada de los hechos y por tanto nuestros instrumentos de detección y corrección carecerían por completo de significación.

En virtud de lo anterior es factible introducir otro tipo de comportamiento representativo de esa relación avance-tiempo, el cual es precisamente la curva S.

En la figura N° 1 podemos apreciar la curva propuesta.

(*) "Una nueva técnica de análisis de proyectos" Revista Desarrollo Nacional (1980), Enero-Febrero, pág. 54.

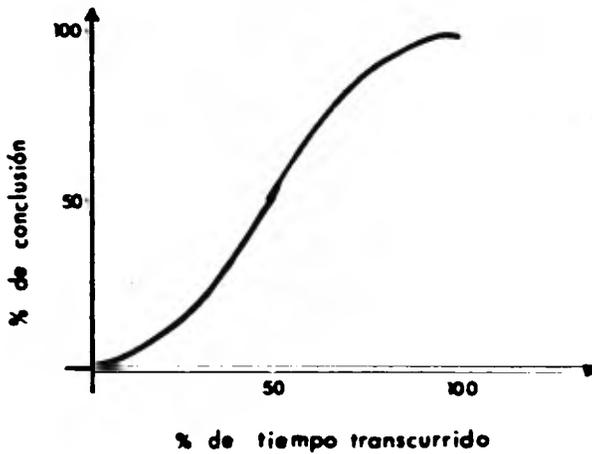


FIG. 3.1

Como segunda hipótesis de las dos indicadas anteriormente está la de que mediante los pronósticos de trabajo por actividad emanados del empleo de la curva S podemos introducir una técnica de suma ponderada para proporcionar una evaluación general del porcentaje de avance o de conclusión de todo el proyecto.

En un nivel directivo esto podría ser valiosa información, especialmente cuando una empresa que maneja varias obras tiene que asignar los recursos necesarios a las mismas de una manera eficiente.

Es fácil observar que la curva presenta características que se sujetan un poco más a la realidad, ya que al inicio de la actividad la rapidez del avance es relativamente baja, como puede ocurrir en efecto al disponer de materiales, equi-

pos y mano de obra en un lapso prolongado y por lo tanto consumiendo mayor tiempo.

Posteriormente a la mitad de la curva la rapidez crece en función del tiempo de una manera más acelerada, lo cual quiere decir que nuestros recursos ya los hemos dispuesto y, asignados de alguna forma, están totalmente destinados a la -- producción.

Por último, la rapidez decrece a medida que nos aproximamos a la conclusión de la actividad, ya que solo emplearemos recursos destinados a la revisión o ajuste de los trabajos ejecutados y, obviamente, estos serán mínimos en relación con el avance total.

Como se ha visto, la curva S describe en forma aproximada, el comportamiento real de las actividades de un proyecto y por supuesto, la curva proporcional avance-tiempo queda - en este caso, como recurso de última mano en la evaluación.

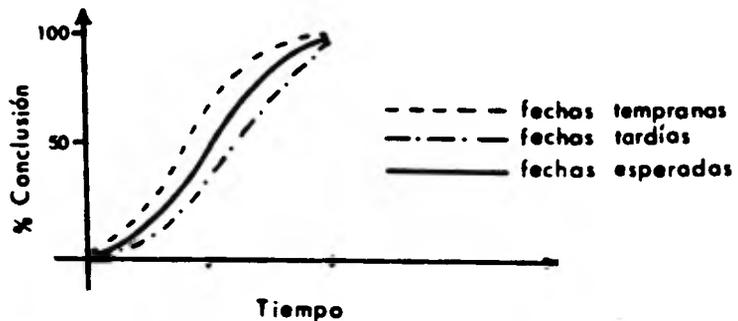
Asimismo la curva y el método que posteriormente señalaremos, permiten pronosticar avances en el tiempo así como medir desviaciones y, por lo tanto, ejercer un control eficaz.

Es aquí donde habremos de vincular los procesos de -- planeación a los de control y viceversa, ya que "todo control es imposible si no se compara con un plan previo. Sin planes,

se trabaja a ciegas" (*).

En la figura N° 2 puede observarse la representación gráfica de los pronósticos mencionados obteniendo el comportamiento de las fechas más tempranas y más tardías de conclusión de actividades, resultado de una red de camino crítico.

FIG. 3.2



En esta parte hay que hacer una aclaración que nos parece pertinente.

Todo el método de evaluación se basa únicamente en el tiempo de conclusión o de avance de actividades, esto es así ya que el involucrar conceptos como costos o egresos nos conduce necesariamente a un estudio más elaborado del tema, el cual no cubre los alcances de este trabajo. Por lo tanto el objeto de este trabajo únicamente se refiere al factor tiempo.

(*) Agustín Reyes Ponce, Administración de Empresas, Tomo I - (México, D.F., 1980), pág. 166.

De esta manera hemos concebido los párrafos anteriores como la introducción de una técnica propuesta por Elliot y Tiggemann, para derivar de ahí la sistematización del empleo de un método que nos permite obtener tiempos de construcción, el cual desarrollaremos en el tercer inciso de este capítulo.

2.- Desarrollo Teórico

Pasemos ahora al problema de proporcionar una ecuación que exprese la forma curva.

Dicha ecuación deberá contener el porcentaje de conclusión para un determinado tiempo transcurrido de alguna actividad cuya duración es conocida.

El objeto de proporcionar la ecuación descriptiva de la curva será el de tener una relación que nos permita localizar puntos de la gráfica y obtener así, valores exactos de los porcentajes de conclusión de las actividades.

Como se observa, la curva en cuestión se aproxima a una función senoidal, y con base en esta obtendremos la ecuación que nos interesa.

Sea la función $y = \sin x$, cuya gráfica aparece enseguida:

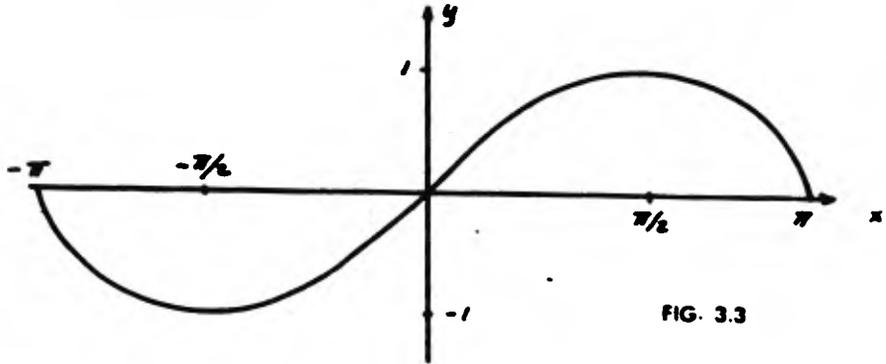


FIG. 3.3

Examinemos la curva, y al intervalo $-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$ le asignamos la duración de la actividad.

Asimismo asignamos al intervalo $-1 \leq y \leq 1$, el porcentaje de conclusión de dicha actividad, hasta el 100%.

Si asumimos que x representa el tiempo transcurrido, obtenemos la siguiente gráfica:

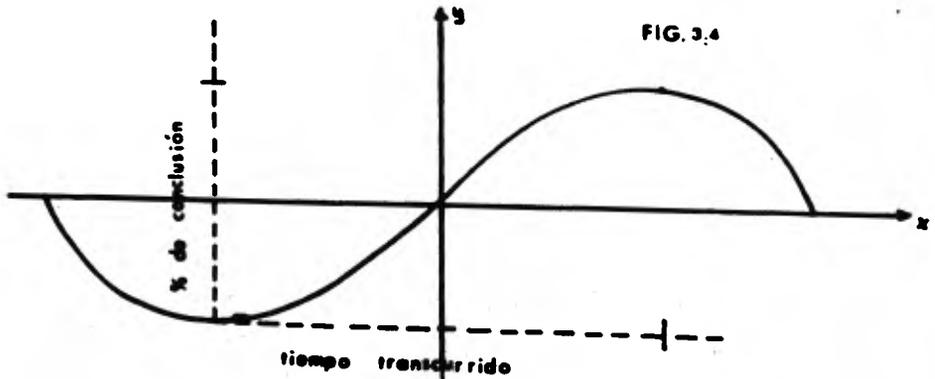


FIG. 3.4

Para hacer coincidir completamente la función, habremos de trasladar el origen de la gráfica de manera que coincida con el cero del tiempo transcurrido y el cero de porcentaje de conclusión. Lo anterior ocurre en el punto $y=-1$ y $x=-\pi/2$.

De ahí que la curva:

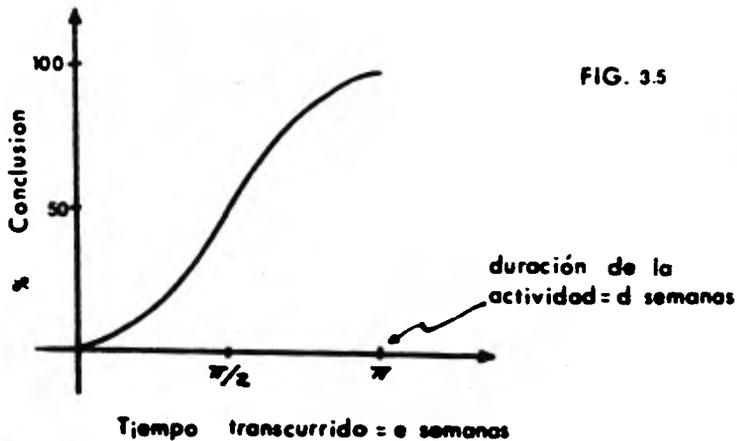
$$y-1 = \text{sen} (x - \pi/2) \quad (1)$$

donde:

$$0 \leq x \leq \pi/2$$

$$0 \leq y \leq 100\%$$

Describimos completamente la curva de la actividad, -enseguida:



En la gráfica anterior el 100% representa 2 unidades-

en la escala del eje de las ordenadas, así que un factor de --
100/2 expresará en porcentaje el eje mencionado.

Por lo tanto la ecuación (1) queda:

$$y = \frac{100}{2} \left[\text{sen} \left(x - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right] \quad (2)$$

Como la curva describe una actividad de d semanas de-
duración, el intervalo $0 \leq x \leq \pi$ debe dividirse entre d semanas.
De igual forma si han transcurrido e semanas de la actividad d ,
entonces el valor de x se halla representado por:

$$x = \frac{e}{d}$$

Entonces la ecuación (2) queda:

$$p = 50 \left[\text{sen} \left(\frac{e}{d}\pi - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right] \quad (3)$$

donde:

- p.- porcentaje de conclusión.
- d.- duración de la actividad considerada.
- e.- tiempo transcurrido de dicha actividad.

La forma de la ecuación (3) es la que expresa la con-
clusión de una actividad con base en dos parámetros conocidos-

en el tiempo: la duración de la actividad y el tiempo transcurrido de la misma.

3.- Aplicación

Corresponde ahora hacer la vinculación del aspecto teórico con las medidas conducentes a ejercer un control eficaz de nuestras actividades constructivas.

En virtud de considerar que el método que proponemos constituye una herramienta en el proceso administrativo -- y específicamente en las actividades de control, explicaremos más ampliamente dicho concepto.

El control de una actividad significa evaluar, de manera realista y certera, el estado en que se encuentra, respecto de ciertos parámetros que pueden ser: tiempo, costo, ingreso, avance, etc.

Al referirnos a "estado de la actividad", necesariamente tendremos que involucrar una medida estándar, o meta, -- u objetivo, fijados con anterioridad y hacia los cuales habremos de aproximarnos en la fecha que se lleve a cabo el control.

De tal suerte, para una fecha determinada debemos conocer el costo de una actividad, su estado de avance, el monto de sus ingresos y egresos, así como el tiempo que ha consumido,

por ejemplo. Los datos anteriores obviamente estarán basados en los programas que para cada fecha se hayan elaborado.

Posteriormente, al momento de llevar a cabo el control, haremos una medición de lo que nos ofrece la realidad para después comparar los resultados con lo programado.

De lo anterior se intuye que el control en sí, significa hacer comparaciones, es decir, llevar a cabo un proceso de valuación basado en obtener desviaciones del estándar fijado. Pasado esto estaremos en posibilidad de tomar una decisión respecto del proceso de la actividad.

En el caso que nos ocupa, el método propuesto incluye actividades de programación y actividades de control.

Para una obra de construcción los datos iniciales serán únicamente las partes o divisiones que efectuemos de la misma, para facilitar la elaboración de su presupuesto.

Así por ejemplo para el caso de cualquier obra típica podemos tener: obras preliminares, cimentación, estructura, albañilería, instalaciones y obras exteriores. Obviamente será un obra típica, pero de edificación.

Respecto de otro tipo de obras debemos hacer la división correspondiente tratando de agrupar aquellas cuyos proce-

Los constructivos y cronológicos sean congruentes.

Hasta aquí solo hemos mencionado los procesos a seguir para el caso de actividades por separado, sin embargo habremos de introducir otro procedimiento para el cálculo del porcentaje de conclusión para el trabajo compuesto de subsistemas o secciones discontinuas, lo cual nos permite examinar la conclusión para la totalidad del trabajo.

Nuevamente refiriéndonos a Elliot y Tiggemann:

Sean $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ los tiempos de construcción totales para las secciones 1, 2, 3, ..., n y que $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ sean los porcentajes de conclusión de cada sección.

Si el porcentaje de conclusión de cada sección fuera el 100%, entonces el trabajo estará concluido en su totalidad.

Pero si alguna sección no estuviera al 100%, el producto $x t$ es el tiempo real empleado en cualquier actividad de construcción a esa fecha.

Sea también $t_1 + t_2 + t_3 + t_n = T$, que es la suma de los tiempos de construcción para la totalidad del proyecto.

El porcentaje de conclusión de todo el proyecto (X) - puede determinarse así:

$$X = \frac{x_1 t_1 + x_2 t_2 + x_3 t_3 + \dots + x_n t_n}{T} \times 100$$

O de otra forma:

$$X = \frac{\sum x_n t_n}{\sum t_n} \times 100$$

Mediante la ecuación anterior podemos obtener el porcentaje de conclusión de totalidad del proyecto.

Como se habrá notado, el hecho de existir los productos $x_n t_n$ indica un desglose de las actividades que componen el proyecto y que dicho desglose puede tener niveles de desgregación muy elevados.

Pues bien, hablemos ahora del método general de control de tiempo o de avance en las obras.

Dicho método consta de cinco pasos, a saber:

- 1.- Determinar los tiempos de construcción por actividad.
- 2.- Determinar el porcentaje de conclusión programado mediante el empleo de la curva "S" y para cada período de verificación o control o inspección que se proyecte llevar a cabo.

- 3.- Determinar el porcentaje total de conclusión del proyecto para cada período de verificación.
- 4.- Obtener los porcentajes parcial y total reales observados en cada período de verificación.
- 5.- Evaluar el porcentaje real con el programado y en su caso adoptar medidas correctivas.

Hay que hacer notar que los pasos 1, 2 y 3 corresponden a la etapa de programación, mientras que el 4 y 5 pertenecen a la etapa de control, es decir, entre el paso 3 y el 4 media el lapso de ejecución de la actividad.

Quizás pueda parecer complicado, sin embargo mediante el ejemplo del capítulo siguiente veremos que el procedimiento es sencillo.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE UN EJEMPLO

1. CASO PRACTICO.

1. Caso Práctico.

A continuación desarrollaremos paso a paso el procedimiento descrito en el capítulo anterior para la construcción del edificio "C" del Hotel Acapulco Princess en la ciudad de -- Acapulco, Gro.

El proyecto consta de una torre de 12 niveles en una superficie de aproximadamente 6300.00 m².

Además contará con un centro de convenciones, restaurant al aire libre, zona comercial, alberca con bar y estacionamiento para automóviles.

Como se indicó anteriormente procedemos a la división de los trabajos de construcción, los cuales quedan de la siguiente forma:

- 1.- Obras Preliminares
- 2.- Cimentación
- 3.- Estructura
- 4.- Albañilería
- 5.- Instalación Eléctrica
- 6.- Instalación Hidráulica y Sanitaria
- 7.- Instalación de Aire Acondicionado
- 8.- Instalación de Intercomunicación y Sonido
- 9.- Acabados
- 10.- Limpieza, Pruebas y Entrega.

Como primer paso de nuestro método general determinamos los tiempos de construcción por actividad para cada una de las partes en que hemos dividido el proyecto.

Así, para el caso de la cimentación, tenemos como partes constitutivas de la misma a las siguientes actividades:

CIMENTACION

1. Limpieza y desyerbe del terreno.
2. Trazo, nivelación y localización de ejes y entre-ejes.
3. Excavación hasta nivel de desplante.
4. Carga y acarreo del material producto de la excavación
5. Habilidadado de acero de refuerzo.
6. Habilidadado de madera para cimbra.
7. Colocación de acero de refuerzo.
8. Colocación de cimbra.
9. Vaciado y vibrado de concreto.
10. Descimbrado.
11. Relleno con material producto de excavación.

Obviamente toda esta cadena de trabajos define una parte del camino crítico de todo el proyecto y para efectos de este ejemplo podemos tomar como tiempo de construcción de la actividad de cimentación, la suma de los tiempos del camino de longitud máxima a través de una representación de red para la cimentación como sigue:

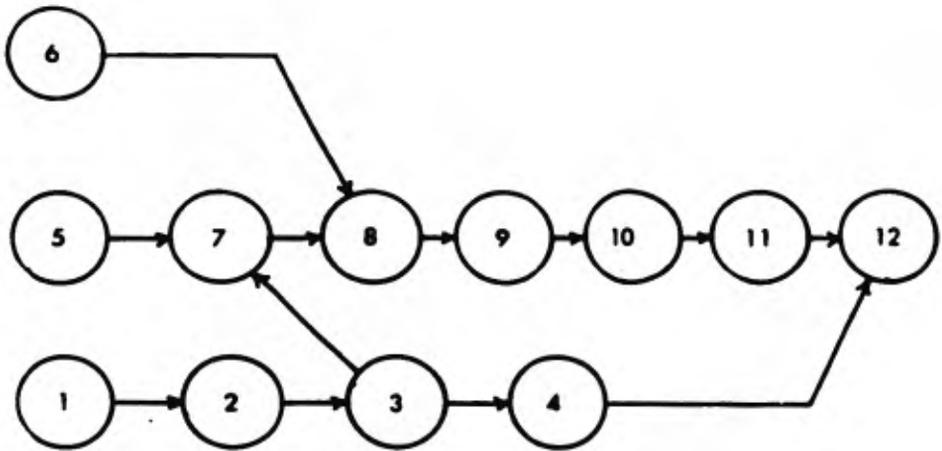


Fig. 4.1 SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA CIMENTACION.

Para determinar los tiempos de cada actividad nos basamos en los rendimientos de cada uno de los elementos de trabajo así como de la cantidad de obra para ejecutar.

Para el caso de la cimentación:

1. Limpieza y desyerbe del terreno.

$$\text{Rendimiento} = 500 \text{ m}^2 / \text{DIA}$$

$$\text{Volúmen} = 6300 \text{ m}^2$$

$$\frac{6300 \text{ m}^2}{500 \text{ m}^2 / \text{DIA}} = 13 \text{ DIAS} = 2 \text{ SEMANAS}$$

2. Trazo, nivelación y localización de entre-ejes

$$\text{Rendimiento} = 525 \text{ m}^2 / \text{DIA}$$

$$\text{Volúmen} = 6300 \text{ m}^2$$

$$\frac{6300 \text{ m}^2}{525 \text{ m}^2 / \text{DIA}} = 12 \text{ DIAS} = 2 \text{ SEMANAS.}$$

3. Excavación hasta nivel de desplante

Rendimiento = 1443 m³/DIA (Excavación Mecánica)

Volúmen = 34 650.00 m³

$\frac{34650 \text{ m}^3}{1443 \text{ m}^3/\text{DIA}}$ = 24 DIAS = 4 SEMANAS

4. Carga y acarreo del material producto de la excavación

Rendimiento = 577.5 m³/DIA

Volúmen = 10 395.00 m³

$\frac{10395 \text{ m}^3}{577.50 \text{ m}^3/\text{DIA}}$ = 18 DIAS = 3 SEMANAS

5. Habilitado de acero de refuerzo

Rendimiento = 195 TON/DIA

Volúmen = 2335.00 TON.

$\frac{2334.00 \text{ TON}}{195. \text{ TON/DIA}}$ = 12 DIAS = 2 SEMANAS

6. Habilitado de madera para cimbra

Rendimiento = 590.00 m²/DIA

Volúmen = 5310.00 m²

$\frac{5310.00 \text{ m}^2}{590. \text{ m}^2/\text{DIA}}$ = 9 DIAS = 1.5 SEMANAS

7. Colocación de acero de refuerzo

Rendimiento = 140 TON/DIA

Volúmen = 2335.00 TON

$\frac{2335.00 \text{ TON}}{195 \text{ TON/DIA}}$ = 17 DIAS = 3 SEMANAS

8. Colocación de cimbra

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= 480 \text{ m}^2/\text{DIA} \\ \text{Volúmen} &= 5310.00 \text{ m}^2 \\ \frac{5310.00 \text{ m}^2}{480 \text{ m}^2/\text{DIA}} &= 12 \text{ DIAS} = 2 \text{ SEMANAS} \end{aligned}$$

9. Vaciado y vibrado de concreto

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= 133.60 \text{ m}^3/\text{DIA} \\ \text{Volúmen} &= 2405.00 \text{ m}^3 \\ \frac{2405.00 \text{ m}^3}{133.60 \text{ m}^3/\text{DIA}} &= 18 \text{ DIAS} = 3 \text{ SEMANAS} \end{aligned}$$

10. Descimbrado

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= 295.00 \text{ m}^2/\text{DIA} \\ \text{Volúmen} &= 5310.00 \text{ m}^2 \\ \frac{5310.00 \text{ m}^2}{295 \text{ m}^2/\text{DIA}} &= 18 \text{ DIAS} = 3 \text{ SEMANAS} \end{aligned}$$

11. Relleno con material producto de la excavación, incluyendo compactado en capas a 40 cm. de espesor

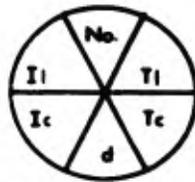
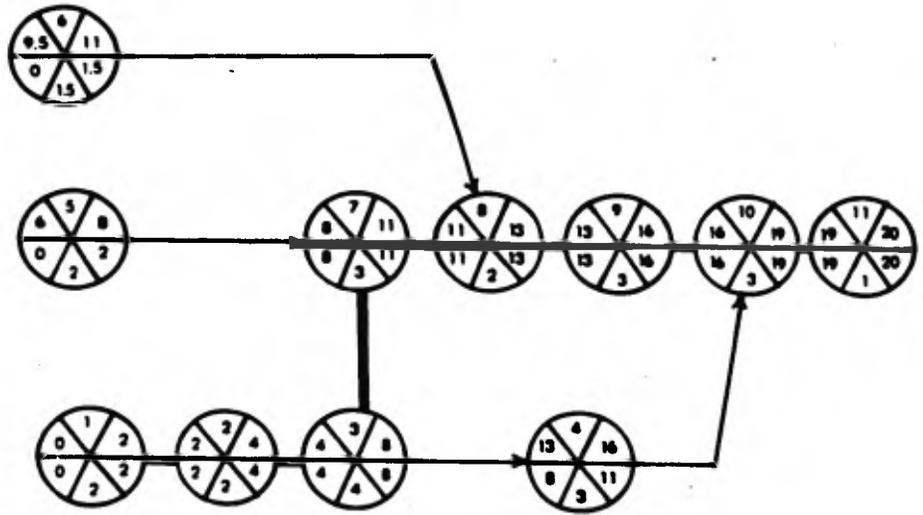
$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= 97 \text{ m}^3/\text{DIA} \\ \text{Volúmen} &= 578 \text{ m}^3 \\ \frac{578}{97 \text{ m}^3/\text{DIA}} &= 6 \text{ DIAS} = 1 \text{ SEMANA} \end{aligned}$$

Desde luego los rendimientos asentados se basan en -- cuadrillas de trabajadores que, según el trabajo por ejecutar -- pueden ser una o varias, de ahí que algunos rendimientos consti tuyan la suma de rendimientos de dos o más cuadrillas de traba- jo.

A continuación podemos formar una tabla para resumir los datos obtenidos por actividad:

ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION EN SEMANAS
1.- Limpieza y desyerbe.	2
2.- Trazo, nivelación y localización de ejes y entreejes.	2
3.- Excavación hasta nivel de desplante	4
4.- Carga y acarreo del material producto de la excavación.	3
5.- Habilitado de acero de refuerzo	2
6.- Habilitado de madera para cimbra	1.5
7.- Colocación de acero de refuerzo	3
8.- Colocación de cimbra	2
9.- Vaciado y vibrado de concreto	3
10.- Descimbrado	3
11.- Relleno con material producto de la excavación	1

Con base en la red de actividades indicada, obtenemos el camino crítico de la cimentación.



d. Duración

No. Número de actividad

Ic. Inicio cercano

Tc. Terminación cercana

IL. Inicio lejano

Tl. Terminación lejana

Del camino crítico observamos que la duración total de la cimentación será de 20 semanas, las cuales sirven de dato de entrada para empezar la fase de programación del método.

Para determinar los tiempos de construcción de las partes restantes del proyecto empleamos un método similar al anterior, es decir, obtenemos el camino crítico de las sub-ac-

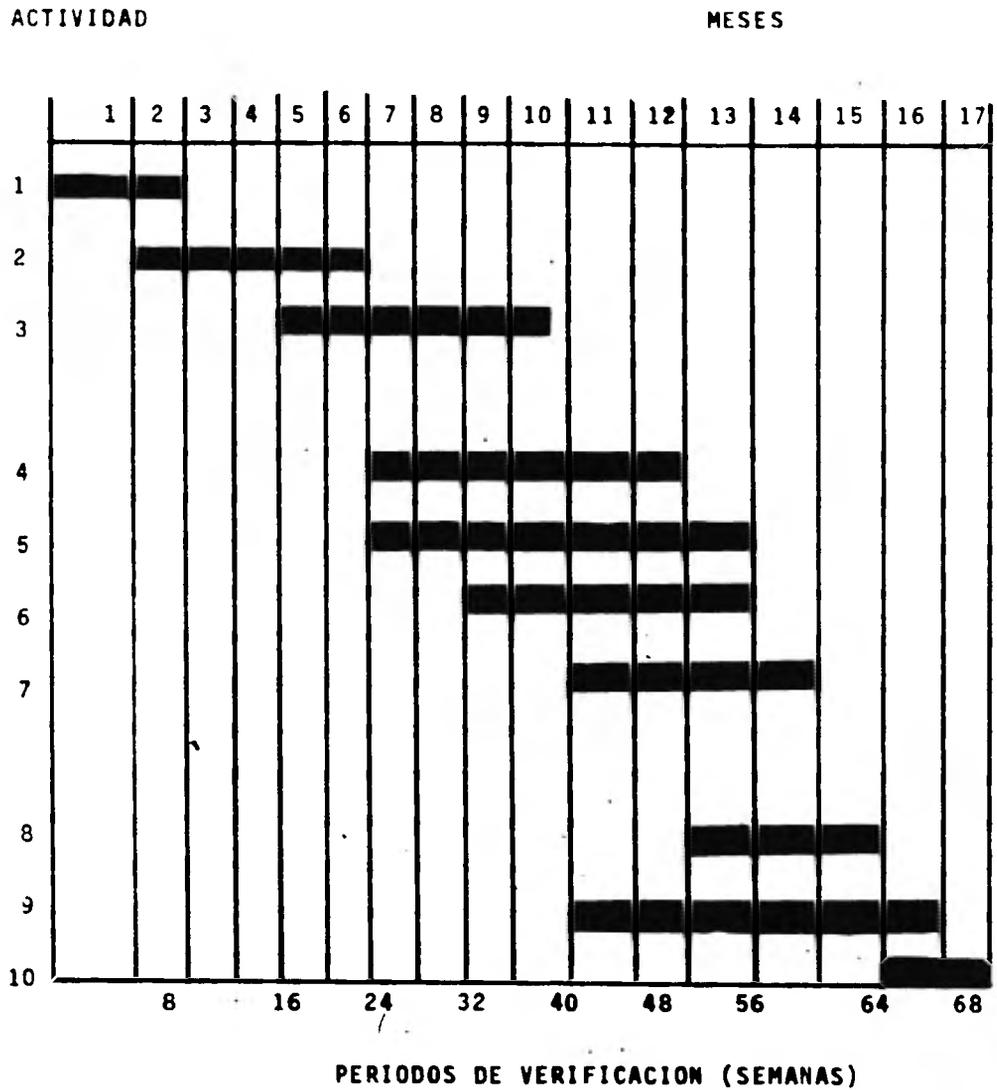
tividades integrantes de cada parte y así hasta completar la -
totalidad del proyecto.

De esta forma tenemos para las actividades restantes:

CONCEPTO	TIEMPO DE CONSTRUCCION) SEMANAS
1.- Obras preliminares	8
2.- Cimentación	20
3.- Estructura	22
4.- Albañilería	24
5.- Instalación Eléctrica	28
6.- Instalación Hidráulica y Sanitaria	20
7.- Instalación de aire acondicionado	16
8.- Instalación de intercom. y sonido	12
9.- Acabados	24
10.- Limpieza, pruebas y entrega	<u>8</u>
	T O T A L 182 SEMANAS

Dichas actividades están distribuidas conforme al -
siguiente diagrama de barras:

Fig. 4.3



Como segunda etapa procederemos a determinar el porcentaje de conclusión programado mediante el empleo de la curva S, y para cada periodo de verificación que se proyecte hacer.

En esta parte deberemos llevar a cabo dos procedimientos: primero, fijar los periodos de control a lo largo de la duración total del proyecto y segundo, calcular, para dichos periodos, los porcentajes de conclusión con el empleo de la curva S.

La obra en cuestión habrá de durar un año y medio y en función de la misma fijaremos periodos de control de 2 meses cada uno, es decir, intervalos con duración de 8 semanas cada uno. Por lo tanto a las 8 semanas de iniciado el proyecto llevaremos a cabo una verificación, luego a las 16, luego a las 24 etc.

De esta forma observaremos en que periodo de verificación deberán de concluirse porcentajes importantes de la obra.

Para calcular los porcentajes de conclusión en cada periodo emplearemos la ecuación obtenida en el capítulo anterior.

Para las obras preliminares tenemos:

a) Primer periodo de verificación = 8 semanas = e

Duración de la actividad = 8 semanas = d.

$$p = 50 \left(\text{sen} \left(\frac{e}{d} \pi - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right)$$

$$p = 50 \left(\text{sen} \left(\frac{8}{8} \pi - \frac{\pi}{2} \right) + 1 \right)$$

$$p = 50 \left(\text{sen} \pi/2 + 1 \right)$$

$$p = 50 \left(1 + 1 \right)$$

$$p = 100 \%$$

Es claro que a las 8 semanas transcurridas de una actividad que dura precisamente 8 semanas, tendremos el 100% -- concluido.

A manera de ilustración calcularemos los porcentajes de conclusión para la cimentación:

a) Primer periodo de verificación = 8 semanas = e

Duración de la actividad = 20 semanas = d

Si volvemos al diagrama de barras observamos que a -- las 8 semanas de control, la cimentación lleva transcurridas 4 semanas de haberse iniciado, por lo que este último dato nos -- proporciona la base para obtener el valor de e, de la ecuación citada.

Por lo tanto: d=20 y e=4

Entonces:

$$p = 50 (\text{sen} (\frac{4}{20} \pi - \pi/2) + 1)$$

$$p = 50 (\text{sen} (\frac{1}{5} \pi - \pi/2) + 1)$$

$$p = 50 (\text{sen} (0.9416) + 1)$$

$$p = 50 (-0.8085 + 1)$$

$$p = 50 (0.1914)$$

$$p = 10.0 \% \text{ de conclusión}$$

b) Segundo periodo de verificación = 16 semanas = e + 4

Duración de la actividad = 20 semanas = d

Entonces:

$$p = 50 (\text{sen} (\frac{12}{20} \pi - \pi/2) + 1)$$

$$p = 65 \% \text{ de conclusión}$$

Como se ve, entre los dos primeros periodos de verificación se ha ejecutado un 55% de la cimentación, lo cual pudiera parecer bastante, sin embargo lo anterior se debe a que las fechas de control son relativamente lejanos entre si. Para -- disminuir ese efecto podríamos reducir los periodos de control y así obtener porcentajes más significativos en el tiempo.

Como ejemplo, volveremos a calcular los porcentajes de conclusión de la cimentación pero basados en periodos de -- control de 4 semanas cada uno.

Duración de la actividad = 20 semanas = d

Para:

e = 4 semanas; p = 11 %
e = 8 semanas; p = 38 %
e = 12 semanas; p = 70 %
e = 16 semanas; p = 94 %
e = 20 semanas; p = 100 %

Hay que hacer notar que los porcentajes anteriores no están en función lineal proporcional a e y a d sino que describen precisamente una trayectoria S. Ver Figura 4.4.

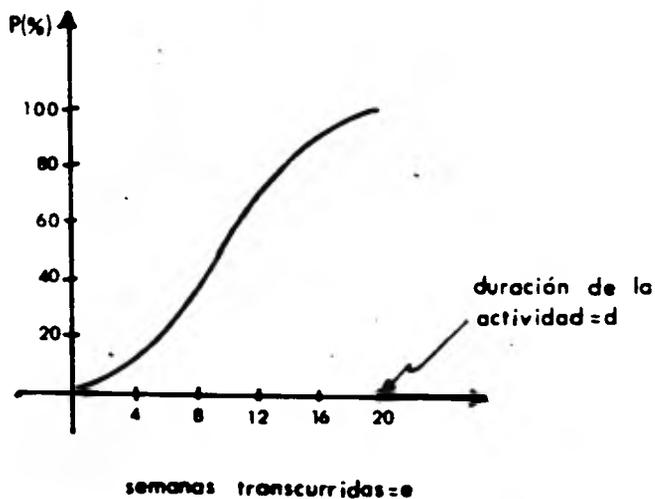


FIG. 4.4

Hemos visto que el procedimiento de cálculo es sencillo para cada período de verificación proyectado, aún así, para obtener rapidez en el mismo, la mecánica operativa permite determinar los porcentajes introduciendo a una máquina computadora la ecuación y el dato de duración de la actividad, para que, en forma iterativa vaya calculando e imprimiendo los valores de los porcentajes; esto se logra variando en cada iteración el valor del tiempo transcurrido.

Sin embargo, cuando no se tiene acceso a una computadora podemos elaborar una tabla conteniendo los valores de porcentaje de conclusión en función de e y d .

A continuación presentamos una tabla de dichos valores para actividades de hasta 15 semanas de duración:

DURACION DE LA ACTIVIDAD (SEMANAS)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	50	25	15	10	7	5	4	3	2	2	2	1	1	1
2		-	75	50	35	25	19	15	12	10	8	7	6	5	4
3			-	85	65	50	39	31	25	21	17	15	13	11	10
4				-	75	61	50	41	35	29	25	22	19	19	17
5					-	93	81	69	59	50	43	37	32	28	25
6						-	95	85	75	65	57	50	44	39	35
7							-	96	88	79	71	63	56	50	45
8								-	97	90	87	75	68	61	55
9									-	98	92	85	78	72	65
10										-	98	93	87	81	75
11											-	98	94	89	83
12												-	99	95	90
13													-	99	96
14														-	99
15															-

Obviamente el empleo de la tabla anterior redonda en-

ahorro de tiempo para el proyectista.

Hasta aquí la forma que adopta nuestra tabla del método general es la siguiente:

CUADRO DE PRONOSTICO

No. C O N C E P T O	t	% DE CONCLUSION									
		8 SEM.	16 SEM.	24 SEM.	32 SEM.	40 SEM.	48 SEM.	56 SEM.	64 SEM.	68 SEM.	
1.- Obras Prelim.	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2.- Cimentación	20	10	65	100	100	100	100	100	100	100	
3.- Estructura	22	-	-	29	83	100	100	100	100	100	
4.- Albañilería	24	-	-	-	25	75	100	100	100	100	
5.- Inst. Eléctr.	28	-	-	-	19	61	95	100	100	100	
6.- Inst. Hid. y San	20	-	-	-	-	35	90	100	100	100	
7.- Inst. Aire Acon.	16	-	-	-	-	-	50	100	100	100	
8.- Inst. Int. y Son	12	-	-	-	-	-	-	75	100	100	
9.- Acabados	24	-	-	-	-	-	25	75	100	100	
10.- Limpieza	8	-	-	-	-	-	-	-	50	100	

Hemos denominado cuadro de pronóstico al anterior ya que en sí, los datos vertidos en el mismo, constituyen pronósticos de conclusión por actividad. O dicho de otra forma, podemos asegurar que representa un diagrama de barras pero expresado en forma numérica, asimismo podemos pensar que el diagrama

ma de barras es la secuencia grafica de las actividades generales en el tiempo, mientras que el cuadro es la valorización, - también en el tiempo de dichas actividades, con la única salvedad de que los valores siguen la curva característica de la - que es objeto este trabajo.

Pues bien, pasemos a la tercera etapa, aún de programación, de nuestro método general, la cual consiste en determinar el porcentaje total de conclusión del proyecto para cada - periodo de verificación.

Para esto trabajaremos exclusivamente en el cuadro -- de pronósticos anterior, calculando los productos xt ; donde x - representa el porcentaje de conclusión de cada actividad y cada periodo de control.

Lo anterior quiere decir que los productos calculados los formaremos con las columnas del cuadro.

Así para el primer periodo tenemos

CONCEPTO	t	$8 = x_1$
		SEM
1. Obras preliminares	8	100
2. Cimentación	20	10

Como los demás conceptos no tienen porcentajes en ese primer periodo solo calculamos aquellos cuyo valor es distinto

de cero.

Adicionalmente los subíndices de x representan la columna en cuestión, y los de t representan los renglones de la matriz de pronósticos.

Entonces:

$$x_1 t_1 = 8 \times 100\% = 8 \times 1.00 = 8$$

$$x_1 t_2 = 20 \times 10\% = 20 \times 0.10 = \underline{2}$$

T. O T A L 10

De igual forma hacemos este cálculo para cada uno de los periodos de control y lo asentamos al final de la columna en cuestión.

A manera de ilustración calcularemos el producto x_t para el sexto periodo de verificación, es decir a las 48 semanas de tiempo transcurrido.

Por lo tanto:

$$x_6 t_1 = 8 \times 100\% = 8 \times 1.00 = 8$$

$$x_6 t_2 = 20 \times 100\% = 20 \times 1.00 = 20$$

$$x_6 t_3 = 22 \times 100\% = 22 \times 1.00 = 22$$

$$x_6 t_4 = 24 \times 100\% = 24 \times 1.00 = 24$$

$$x_6 t_5 = 28 \times 95\% = 28 \times .95 = 26.60$$

$$x_6 t_6 = 20 \times 90\% = 20 \times 0.90 = 18.00$$

$$x_6 t_7 = 16 \times 50\% = 16 \times 0.50 = 8.00$$

$$x_6 t_9 = 24 \times 25\% = 24 \times 0.25 = 6.00$$

T O T A L 132.60

Hay que notar que hemos omitido el octavo y décimo --
períodos de verificación ya que los mismos tienen porcentajes--
de conclusión nulos.

Posteriormente a los cálculos efectuados anteriormen--
te dividimos los totales por columna entre la suma de tiempos--
de las actividades, la cual es de 182 semanas. Dicho cociente
representa el porcentaje de conclusión total del proyecto.

De esta forma nuestro cuadro de pronóstico completamente terminado queda así:

CUADRO DE PRONOSTICO											
% DE CONCLUSION											
No.	C O N C E P T O	t	8 SEM	16 SEM	24 SEM	32 SEM	40 SEM	48 SEM	56 SEM	64 SEM	68 SEM
1.-	Obras Preliminares	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2.-	Cimentación	20	10	65	100	100	100	100	100	100	100
3.-	Estructura	22	-	-	29	83	100	100	100	100	100
4.-	Albañilería	24	-	-	-	25	75	100	100	100	100
5.-	Inst. Eléctrica	28	-	-	-	19	61	95	100	100	100
6.-	Inst. Hid. y San.	20	-	-	-	-	35	90	100	100	100
7.-	Inst. Aire Acond.	16	-	-	-	-	-	50	100	100	100
8.-	Inst. Int. y Son.	12	-	-	-	-	-	-	75	100	100
9.-	Acabados	24	-	-	-	-	-	25	75	100	100
10.-	Limpieza	8	-	-	-	-	-	-	-	50	100
TOTAL POR COLUMNA		182	10.00	21.00	34.38	57.58	92.08	132.60	165.00	178.00	182.00
PORCENTAJE TOTAL DE CONCLUSION			5.49	11.53	18.90	31.64	50.60	72.86	90.66	97.80	100.00

Hasta aquí hemos completado la fase de programación del método llegando como parte final a obtener los porcentajes de conclusión para el proyecto en

general, los cuales aparecen en el cuadro mostrado más arriba.

Asimismo, hemos determinado el parámetro hacia el cual deberán ajustarse o aproximarse los datos que determinaremos con las revisiones periódicas.

Si aceptamos que la programación de un proyecto constituye la "calendariación" de la secuencia de actividades estipulada en la planeación, el método - antes descrito constituye efectivamente una etapa de programación.

Pasemos ahora a la cuarta etapa del método, la cual ya está en la fase de control, es decir, la obtención de los porcentajes parciales y totales reales - observados en el terreno para el período de verificación según la fecha que corresponda.

Serfa conveniente que esta etapa la desarrollara personal que haya estado estrechamente vinculado con la elaboración de la fase de programación y que comprendiese, por lo tanto, la lógica de la aplicación del método. Concretamente dicha labor podría llevarla a cabo, por ejemplo, el departamento de control de obras de la empresa constructora.

La labor específica de dicho personal sería la de obtener las diferencias que pudieran existir en cuanto al avance de las actividades en el tiempo y en - su caso, reprogramar aquellas actividades que estén por transcurrir, ya sea incrementando o disminuyendo los recursos empleados en producir los avances.

El párrafo anterior involucra ya, la quinta etapa del método que es la de evaluación de los porcentajes reales y los programados a través de una confrontación de los mismos con el objeto de recomendar y en su caso, adoptar las medidas correctivas pertinentes.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- 1.- FACTIBILIDAD DE APLICACION
- 2.- DESARROLLO COMO SISTEMA INTEGRADO
- 3.- RECOMENDACIONES

1.- FACTIBILIDAD DE APLICACION.

Hemos visto que los procedimientos anteriormente descritos constituyen la base para la formulación concreta de un problema de planeación en determinado proyecto.

Asimismo la sistematización del método llega a su término cuando se ha cumplido un ciclo de programación y control, es decir, de ahí en adelante los procesos serán repetitivos en el ámbito de lo concreto.

Evidentemente en la medida que se trate de operar el sistema en un macro-nivel será necesario un estudio económico sobre la factibilidad de su aplicación, dado que su instauración ha de recurrir al empleo y capacitación de recursos humanos con ciertas características personales y de conocimientos que garanticen la operatividad del mismo.

Si pensamos que su aplicación solo estará restringida a un campo de control relativamente pequeño, no será necesario un estudio previo, pero si habrá que detectar las características básicas del mismo y en función de ellas ponerlo a trabajar de inmediato.

Por otro lado, indudablemente se presentará la situación característica sobre la efectividad y credibilidad del método.

do, dado que no será fácil su introducción como un mecanismo- - ordinario de control especialmente si los métodos tradicionales- de control de actividades han sido llevados a cabo de una manera sistemática y continua en la operación de las empresas.

Ante esta situación podemos afirmar que la validez del- método consiste precisamente en la suposición de una trayectoria avance vs. tiempo, la cual ofrece una aproximación más racional- al comportamiento de una actividad en el tiempo, así como su ade cuación a la industria o servicio que ha de demandar su empleo.

Invariablemente el método no esta exento de una formula- ción teórica inconsistente o incongruente con la realidad en un- momento dado, pero de alguna forma la aproximación, propuesta no carece de validez y sirve de punto de partida para el desarrollo posterior bajo la influencia de otros supuestos.

Asímismo si la nota caracterfstica que se ha presentado en la construcción es el problema costo - tiempo y su balance -- equilibrado, aceptaremos que el método pueda tener ingreso y per manencia en la actividad constructora de México precisamente por estar dirigido a ese problema específico.

Este problema costo - tiempo tiene un número infinito - de soluciones. Si el tiempo no tuviera consecuencias, cada ope- ración podria ser ejecutada de tal forma que resultará el mínimo

costo directo. Si el costo no tuviera importancia, cada proceso podría ser acelerado hasta terminarlo en el menor tiempo. Entre estos dos límites se halla la mejor solución; pero, encontrarla requiere un conjunto complejo de operaciones concurrentes, interrelacionadas y superpuestas.

El equilibrio apropiado entre el tiempo y el costo total es el que nos da la solución óptima.

A primera vista, puede pensarse que predomine el costo directo de cada operación, especialmente en las obras a base de contrato, con el objeto de permitir que los trabajos sean terminados con el menor costo total; pero el costo total del proyecto - incluye todos los gastos indirectos y de administración, erogados hasta la ejecución total de los trabajos, siendo estos proporcionales al tiempo. Lo que es más, desde el punto de vista - del contratista, la movilización más rápida de personal y equipo para otro trabajo sería más conveniente, y la planeación únicamente para el costo directo mínimo, podría no ser la mejor solución. El tiempo es por lo tanto, un factor igualmente esencial.

Siendo esto así creemos firmemente que la técnica de -- curva S pueda llegar a aplicarse objetivamente para el cabal control de un proyecto, teniendo presente que por sus sencillas características es fácilmente comprensible.

2.- DESARROLLO COMO SISTEMA INTEGRADO.

Como lo hemos venido afirmando, la técnica de curva S - puede ser parte de un sistema completo de planeación, programación y control de proyectos teniendo como base la herramienta -- fundamental para el logro de sus objetivos: la computadora.

El acelerado desarrollo de los mecanismos electrónicos- de procesamiento de datos ha facilitado grandemente el estableci- miento de procesos iterativos y de aproximaciones sucesivas para la resolución de problemas de diversa índole.

De esta forma, en la actualidad existen sistemas de pro- cesamiento de datos cuya sencillez y facilidad de adquisición -- constituyen un atractivo para su empleo en no pocas empresas.

Asimismo los sistemas en tiempo compartido permiten el- acceso directo a una computadora central que procesa la informa- ción.

El concepto de tiempo compartido consiste en la opera- ción en línea de un sistema de computación de acceso múltiple, - de manera que varios usuarios puedan hacer uso de una computado- ra al mismo tiempo, haciéndose más eficiente la operación de la- máquina.

El usuario opera una terminal, ligada por vía telefónica a la computadora central, por lo que las terminales tienen la ventaja de estar situadas a cualquier distancia de la máquina -- siempre que exista esa comunicación telefónica entre la terminal y la computadora.

Además, dada la velocidad de operación de los nuevos -- sistemas, los usuarios tienen la sensación de ser los únicos que utilizan el sistema, aún cuando decenas de ellos sean los que lo usan al mismo tiempo.

Una terminal de máquina de escribir sirve como dispositivo de entrada o de salida, el programa y los datos de entrada se envían a la computadora por medio del teclado, y los datos de salida, se reciben a través de una pantalla de televisión o de una impresora.

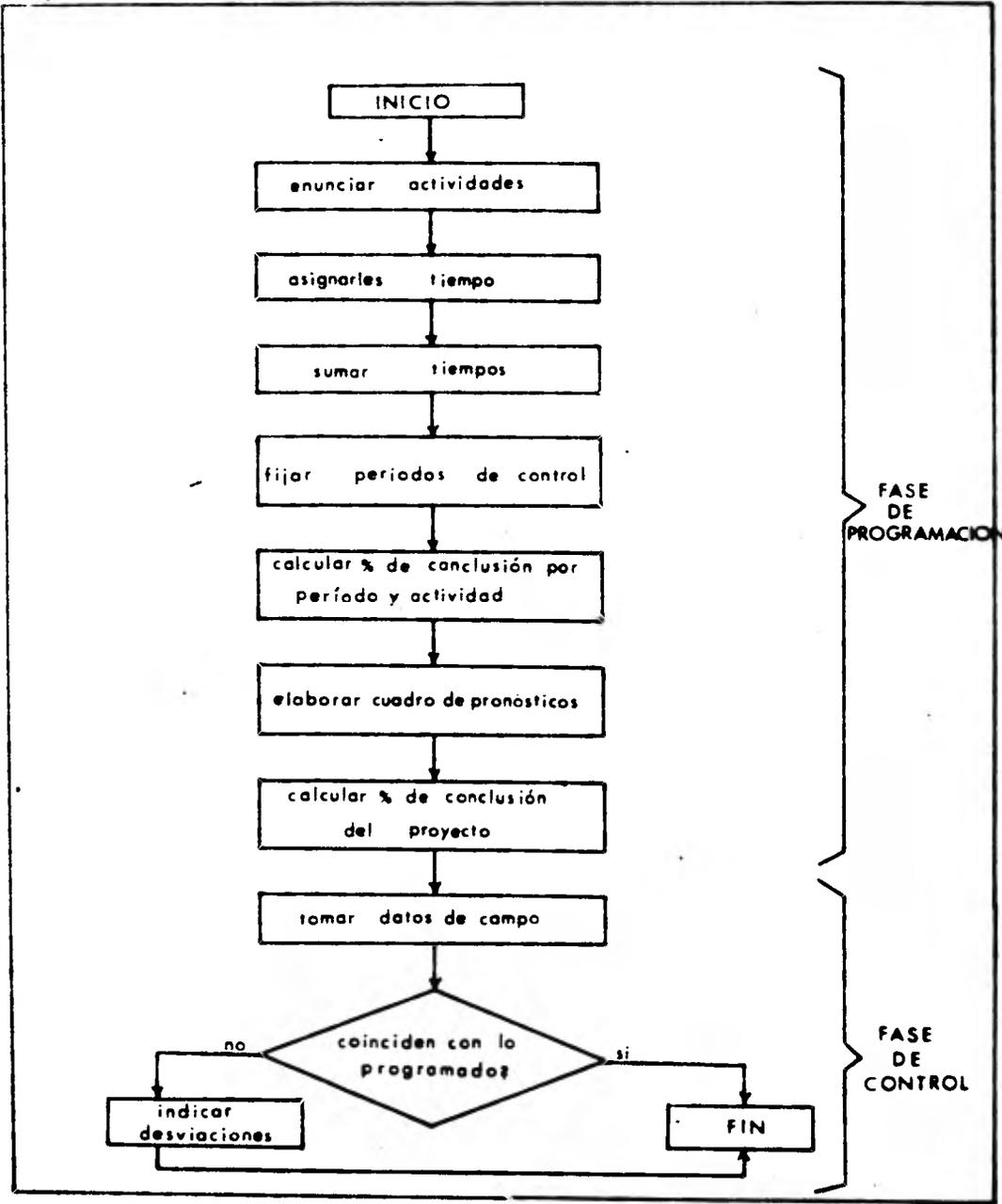
Sin embargo, la transmisión de datos desde y hacia la terminal es mucho más lenta que el procesamiento de estos en la computadora, el proceso puede durar un segundo y la transmisión 5 minutos, esta diferencia relativa de tiempo es la que permite a la computadora interactuar con varias terminales simultáneamente.

Pensamos que la forma más adecuada de sistematizar el -

método de curva S, es precisamente mediante el empleo del concepto de tiempo compartido, en virtud de que la capacidad de interactuar entre la computadora y el usuario permite obtener resultados preliminares que acaban de ser calculados, así como solicitar datos adicionales.

Lo anterior es particularmente importante dada la velocidad con que deben producirse los resultados para de esa forma generar la toma de decisiones respecto de un proyecto.

A continuación presentamos el diagrama de bloque que muestra la concepción global del problema de programación control, para el empleo del método de curva S en la administración de un proyecto.



INICIO

enunciar actividades

asignarles tiempo

sumar tiempos

fijar periodos de control

calcular % de conclusión por período y actividad

elaborar cuadro de pronósticos

calcular % de conclusión del proyecto

tomar datos de campo

coinciden con lo programado?

indicar desviaciones

FIN

FASE DE PROGRAMACION

FASE DE CONTROL

3.- RECOMENDACIONES.

Desde luego, todo lo que se ha comentado en el presente trabajo tiene como fin introducir la aplicación sistemática de una técnica de programación y control de proyectos.- No fué nuestra intención el dar a conocer dicho método puesto -- que su publicación anterior hace accesible su conocimiento a --- cualquier persona interesada en el mismo.

Por el contrario, buena parte del trabajo está orientada únicamente a la posibilidad de su empleo en el medio constructor mexicano.

De esta forma consideramos que la técnica posee atributos propios para que, en caso de resultar conveniente su empleo debido a diferentes cuestiones, exista la posibilidad de desarrollarla tomando en cuenta puntos de vista distintos a los aquí enunciados.

Sin embargo la forma en que está estructurado el desarrollo teórico y su aplicación, es susceptible de llevarse a cabo mediante procedimientos computadorizados y formar parte de un departamento o gerencia de control de la empresa constructora.

A todo esto hay que agregar que el control de obra ha venido dependiendo única y exclusivamente del ingeniero al frente

de la misma y su muy particular punto de vista y decisiones al respecto.

Pretendemos dejar sentado el hecho de que la técnica de de curva S puede implantarse como un proceso dinámico dentro de la estructura organizativa de la empresa, ya que proporciona da tos de interés de acuerdo al nivel de decisiones hacia las cuales estén orientados dichos datos, en otras palabras, el proceso fluye en escala ascendente por el conocimiento de los ingenieros distribuidos en el organigrama empresarial.

Lo anterior resulta conveniente ya que a la persona que toma decisiones probablemente no le interesa la manera como se obtuvo y procesó la información, sino cual es el estado que guarda una realidad y su comparación con hechos similares para poder finalmente girar instrucciones al respecto.

Por este lado, dado que es un requerimiento de la técnica efectuar inspecciones periódicas, la frecuencia de las verificaciones depende de la naturaleza del trabajo y de la duración del proyecto.

Los proyectos que solo duran unos meses podrían exigir inspecciones semanales. Los que duran un año o más deberán verificarse por lo menos una vez al mes. Algunos gerentes, en vez de realizar inspecciones de verificación a intervalos regulares,

podieran medir el progreso del trabajo en aquellos puntos o fechas claves del proyecto en que el plan de red exige la terminación de actividades importantes.

De esta forma concluimos que cuanto más racional sea el esquema de planeación y la lógica de su desarrollo en un proyecto lo más consistente posible, estaremos en posibilidad de controlarlo efectivamente sin permitir que la realización de los trabajos supere en posibilidades a los medios de control, en otras palabras, no podemos permitir o aceptar que el proyecto se desarrolle sin cauce y sin control debido a una planeación incipiente o mal formulada.

A menudo es corriente escuchar que una obra está retrasada conforme a programa y que es momento de canalizar todos los recursos de la empresa hacia el cumplimiento de una fecha de terminación, por consiguiente dicha decisión afecta notablemente la estructura financiera de la empresa dado que la obra en cuestión habrá de ver incrementados sus costos, tanto directos como indirectos, a su vez esos recursos se estarán distrayendo de otras obras en proceso provocando una polarización de las asignaciones y repercutiendo de manera importante en la productividad del capital.

Sin embargo lo que da origen a esas decisiones evidentemente tiene que ver con el prestigio de la firma ante el cliente,

su oportunidad de ver abiertos mercados nuevos, el interés por--
obtener otros contratos y en suma , razones todas ellas de fun--
damento y argumentación definitiva que nada tienen que ver con -
una planeación adecuada.

Si ha de pretenderse un establecimiento de la técnica--
de curva S a nivel operativo en una empresa, es menester asignar
tiempo y recursos suficientes para el completo desarrollo de la--
misma, teniendo como base los muy particulares sistemas adminis--
trativos que cada compañía posee.

A menudo se tacha a los ingenieros encargados de la pla--
neación de proyectos como seres cuyo ámbito de trabajo unicamen--
te consiste en esbozar realidades futuras, partiendo de supues--
tos, los cuales generalmente tendemos a creer que son falsos.

Esto implica una amplia capacidad de visión mediante el
conocimiento profundo y certero tanto de realidades pasadas como
presentes, por lo tanto, el sujeto siempre estará en constante -
lucha por permanecer en el entorno de lo verdadero y científica--
mente comprobable.

Cuanto más vastos sean los horizontes por alcanzar a --
través de algún plan o programa, mayores serán los riesgos de --
caer en la incongruencia y por lo tanto mayor será la necesidad-

de racionalizar los procedimientos y alcances de dicho plan o -- programa.

Por lo tanto, surge una importante pregunta: ¿en obras a las que se recurre a tales procedimientos de aceleración de actividades, se pone en evidencia nuestra capacidad de planear o la de atenernos a lo planeado?

Evidentemente la capacidad de planear en México la tenemos, muy bien fundamentada y desarrollada, quizás desconocida, pero de fácil acceso en nuestro medio. El atenernos a lo planeado implica situaciones de condición humana y procesos físicos que -- nunca podremos predecir con exactitud.

De todos es conocido el hecho de que cuando se participa en un concurso de obra, el objetivo primordial es la presentación de un presupuesto y no es sino hasta que ha sido adjudicado el -- contrato cuando empezamos a pensar en la forma de llevarlo a cabo.

Hecho todo lo anterior, hay lugar para la planeación? - Debemos insistir en que el concepto implica una serie de ideas alternas en torno a su posibilidad, sin embargo cuanto más nos es-forcemos por alcanzar objetivos que han sido previstos con ante-lación mayor será el rendimiento de los recursos empleados.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Antill M James y Woodhead H. Ronald.
Método de la Ruta Crítica y su Aplicación a la Construcción.
México: Editorial Limusa, S.A. 1980.
- 2.- Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.
Importancia Socio-Económica Actual y Futura de la Industria-
de la Construcción.
México: Ediciones C.N.I.C. 1977.
- 3.- Reyes Ponce, Agustín.
Administración de Empresas, Teoría y Práctica (Vols. I y II)
México: Editorial Limusa, S.A. 1980.
- 4.- Suárez Salazar, Carlos.
Costo y Tiempo en Edificación. 3a. Edición.
México: Editorial Limusa, S.A. 1980.
- 5.- Tello, Carlos.
La Política Económica en México. 1970-1976.
México: Editorial Siglo XXI Editores, S.A. 1979.

REVISTAS

- 1.- I. G. Elliot e I. R. Tiggemann.
"Una Nueva Técnica de Análisis de Proyectos"
Revista Desarrollo Nacional (enero-febrero, 1980)
págs. 54-69.

DOCUMENTOS

- 1.- Plan Global de Desarrollo. México, 1980.
Secretaría de Programación y Presupuesto.

TESIS

- 1.- Carreón Vargas, R.
"Programación para la Construcción de la Clínica -
Hospital Santa Clara"
UNAM-Facultad de Ingeniería Cat. No. 2170050.