

La Programación PERT y CPM, su Aplicación en las Reparaciones Anuales de Buques

I Parte

Antes de entrar al desarrollo del tema central de este trabajo es conveniente, a pesar del riesgo de repetir conceptos conocidos, decir unas pocas palabras sobre Planificación, en general, y sobre una de las técnicas de Programación y Control más utilizadas en la actualidad: el sistema Gantt, técnica que está pasando rápidamente a jugar un papel complementario desde la aparición de los Sistemas de Trayectoria Crítica en general y de PERT especialmente.

Es bien sabido que todo dirigente o supervisor, es decir, todo aquel que deba obtener resultados de su responsabilidad a través del trabajo de una o más personas que reciben sus instrucciones, realiza dos tipos de funciones:

Unas que denominaremos "Operativas o Técnicas" (proyecto, fabricación, ventas, compras, contabilidad, etc.) y otras que denominaremos "Directivas o de Administración".

Mientras las primeras pueden cambiar para cada dirigente (son distintas para el Jefe de Faena, que para el Jefe de Mantención de Equipos, Gerente de Finanzas, Jefe de Proyectos, Jefe de Abastecimientos, Jefe de Producción, etc.), las segundas son comunes a todos ellos.

¿Cuáles son estas Funciones Directivas? Aunque hay un cierto desacuerdo entre los estudiosos de estas materias, las discrepancias no son mayores y la nómina de más frecuente uso es hoy aún la establecida por Henry Fayol, alrededor del año 1900: Planificar, Organizar, Comandar, Coordinar y Controlar.

Diversos autores recomiendan algunas modificaciones a dicha nómina; reemplazando, por ejemplo el Comando por la Motivación, dentro de un moderno concepto de relaciones humanas; desprendiendo la Formación de Cuadros de la Organización; dándole un carácter trascendental especial a la coordinación, etc. Sin embargo, en cualquier nómina de funciones directivas —a veces llamadas "Elementos Básicos de la Dirección"— figurarán indefectiblemente dos de ellas: **PLANIFICACION y CONTROL.**

Ideas Generales sobre Planificación

¿Qué es lo que se entiende por Planificar?

La Planificación es el elemento que, más que ningún otro, caracteriza la función de un EJECUTIVO o Profesional de

alta categoría, e incluye la acción más importante que éste realiza: TOMAR DECISIONES frente a ALTERNATIVAS.

Planificar significa:

- a) Fijar metas u "objetivos" en base a una adecuada "previsión";
- b) Formular las "políticas" o normas generales de acción que deben seguir quienes tengan que adoptar decisiones en relación con la forma de lograr dichas metas;
- c) Establecer las actividades (fases o pasos) necesarias para, cumpliendo con las políticas fijadas, lograr los objetivos y determinar la secuencia o sucesión de dichas fases o acciones. Esto es lo que frecuentemente se acostumbra a llamar el "Plan";
- d) Establecer un itinerario para la realización de cada uno de dichos pasos, es decir, el "Programa";
- e) Determinar el "Presupuesto" respectivo, y
- f) Establecer todos los procedimientos a que se deberán ajustar todos aquellos que juegan un rol dentro de los planes trazados, para cumplir su cometido coordinada y sistemáticamente.

Enfocado desde otro punto de vista, se puede decir que para "Planificar" se realiza un proceso constituido por las etapas que siguen:

- a. Etapa de "Objetivos": Se fijan los objetivos o metas que se ha previsto que se puede y que se debe o desea cumplir.
- b. Etapa de "Análisis": Se juntan todos los antecedentes y se define qué es lo que se requiere reunir y realizar para alcanzar los objetivos; se elaboran los diversos caminos e itinerarios que conducen a la obtención de las metas e itinerarios que conducen a la obtención de las metas propuestas.
- c. Etapa de "Evaluación": Se estudian los caminos e itinerarios alternativos que permiten alcanzar los objetivos y se elige el que, con los elementos en ese momento disponibles, se considera el mejor Plan Tentativo (secuencia de actividades e itinerarios correspondientes).

- d. Etapa de "Perfeccionamiento": Se analiza el Plan Tentativo integral de la etapa anterior, para determinar si es posible obtener mejores caminos e itinerarios que el seleccionado.
- e. Etapa de "Prueba o Simulación": Esta etapa sólo se aplica en los métodos de planificación más perfeccionados y consiste en estudiar el plan a través de una "simulación"; es decir, de considerar el plan como modelo, dar valores estimados lógicos a los diversos factores y deducir el resultado de la aplicación del plan completo al aplicarle dichos valores. Esta simulación puede ser manual o mecanizada. Las técnicas de la llamada Investigación de Operaciones (especialmente la Programación Lineal) y de Computación son de valor relevante en esta etapa.
- f. Etapa de "Difusión": se promueve y asegura que el Plan es realmente conocido y que están en condiciones de utilizarlo todos aquellos que tengan alguna participación en el mismo; se analiza las áreas que a juicio de ellos son débiles en el Plan, se les explica las razones que condujeron a la solución propuesta en esas áreas o se modifican los puntos que ameriten. Se obtiene así un Plan Definitivo, o simplemente, "El Plan", el cual está en este momento en condiciones de ser efectivamente utilizado por todos.
- g. "Etapa de Implantación y Seguimiento": Se inicia el proyecto con una vigilancia próxima para asegurarse que todos los participantes se están ateniendo estrictamente al Plan Definitivo aprobado y que se interprete adecuadamente.

Por todo lo mencionado se confirma que la característica principal de la Planificación es la "selección de alternativas"; por esto Goertz ha dicho: "la planificación consiste fundamentalmente en escoger y surge un problema de Planificación cuando se descubre una "línea de acción alternativa".

Algunos Conceptos sobre Control

En cuanto al "Control", éste se encuentra íntimamente ligado a la Planificación. Se puede decir que la "Planificación y el Control" son inseparables. Des-

de luego, no hay supervisor que pueda controlar una acción que no haya sido Planificada en mayor o menor grado; ya que el concepto mismo del Control lleva consigo la tarea de "verificar" que la actuación de los subordinados lleve el rumbo "previsto". Mal puede un navegante comprobar su ruta si no tiene un plan de ruta previamente definido. El "Plan", en resumen, da las normas para el "Control".

Siendo la acción más característica de un supervisor y dirigente tomar decisiones, es fundamental para él "evaluar" las "decisiones" tomadas; para esto es necesario conocer los resultados de las mismas. El único método para evaluar resultados es confrontar éstos con metas "previas", "acuciosas" e "inteligentemente" establecidas; es decir, se requiere haber tenido un "Plan". Luego:

"El perfeccionamiento de la toma de decisiones está directamente condicionado al perfeccionamiento de la planificación y del control".

Es necesario, sin embargo, dejar en claro que un "Sistema de Control" adecuado no tiene como único objetivo el descubrir fallas o desviaciones de los "Planes" establecidos, sino que, yendo más allá, debe indicar las "acciones correctivas" necesarias para lograr acercarse nuevamente al Plan tanto como sea posible. Un "Sistema de Control" adecuado debe, por lo tanto, descubrir esas desviaciones, indicar dónde se producen precisamente, quién es el responsable de ellas y qué debe hacerse para corregirlas; debiendo proporcionar, por último, todos los antecedentes que la re-Planificación, si ella es necesaria, requiere.

AREAS DE PLANIFICACION

La Planificación, conforme a su propia definición, se puede desarrollar en todas las actividades y en todos los niveles de una organización o grupo humano que tenga objetivos comunes. La breve discusión anterior es igualmente válida para la "Planificación del Desarrollo Económico y Social" de un conjunto de naciones, de un país o de una región geográfica; como para la "Planificación" de una Campaña de Ventas, de una investigación Científica, del desarrollo de un Producto, de la producción de una Empresa Industrial, de los Trabajos de un individuo o de la Construcción de una obra.

La magnitud e importancia de los planes pueden ser distintos, los sectores o personas a que éstos se apliquen podrán diferir, los factores que intervienen podrán variar, así los recursos que se consideren o las técnicas de análisis y toma de decisiones podrán ser más o menos complejas, pero, el proceso de Planificación y los conceptos involucrados serán básicamente los mismos.

Definidas en la forma anterior, las funciones de Planificación y Control son para la Industria en general de singular trascendencia para su propia productividad y por ende para la productividad de toda la Nación.

EL SISTEMA GANTT - LIMITACIONES

Hasta hace pocos años el sistema más eficiente de planificación era el llamado "Sistema Gantt" cuya herramienta principal es el gráfico de Gantt, muchas veces llamado diagrama de Barras (ver figura).

Este sistema fue ideado por Henry L. Gantt —uno de los precursores de la llamada "dirección científica"— "durante la primera guerra mundial". Desde aquellos años hasta la fecha los métodos y gráficos de Gantt han tenido amplia aceptación y aplicación en las más diversas áreas de la planificación. Las modificaciones introducidas en este lapso son realmente menores, de ahí que aún hoy sigue siendo buena fuente de referencia, al respecto, el libro de Wallace Clark titulado "The Gantt Chart" que publicó la Ronald Press Company de Nueva York en 1922 y que ha sido traducido a varios idiomas y editado en 15 países. Un buen resumen moderno de los usos de la Carta Gantt se encuentra en el Manual de Ingeniería de Maynard.

La Carta de Gantt se aplica en los más diversos casos, habiendo nacido en relación con la "Planificación y Control de la Producción Industrial" y extendido, posteriormente, a la "Planificación de Proyectos". Referente a la primera área nombrada, Gantt desarrolló una serie de Gráficos que aún hoy se utilizan: Registro de Máquina, Registro de Mano de Obra, Registro de Carga, Registro de Avance, etc.

Nosotros nos referiremos únicamente al Gráfico Gantt destinado a la Planifica-

EJEMPLO DE GRAFICO DE GANTT. PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL TERMICA

	ACTIVIDAD	Fechas									Después de activ.
		te	Semanas 10	20	Control act. ↓	30	40	Control program.	50	60	
A	EXCAV. CASA MAQUINA	16		16	26			(a)			—
B	CONST. PILARES COTA 18 m. (Piso Generador).	10			16	24	26	100%	(b)		A
C	CONST. PILARES COTA 25 m. (Nivel Pte. Grúa).	10				24	26	40%	(c)		B
D	FUND. GRUPO GEN.	8			16	20	24	35%	(d)		A
E	CONST. PISO GRUPO GENERADOR	6				26	32	41	(e)		D B
F	MONT. PUENTE GRUA	4					36	40			C
G	PRUEBA GRUA	1					40	41			F
H	CONST. TECH. C. MAQUINA (Apoyada en pilares 25 m.).	2					36	38	41		C
I	MONTAJE GRUPO GENERADOR	15						41		56	H G E
J	PUESTA EN SERVICIO GRUPO-GENERADOR	4								56	1

% de Avance



Programa— Válido para los Sistemas de Trayectoria Crítica.

Fecha Efec. Obra



Indicador margen libre. ▽

Indicador fecha control.

Indicador margen total. ▽

a) Actividad iniciada y terminada conforme al programa.

b) Actividad iniciada conforme al programa, pero terminada (100%) en semana 24 en lugar de 26.

c) Actividad iniciada antes de lo programado (semana 24 y no 26). A la fecha de control (26) está cumplida en un 40%.

d) Actividad iniciada después de lo programado (semana 20 y no 16). A la fecha de control (26) está cumplida en un 35%.

e) Actividad no iniciada —conforme a lo programado— en la fecha de control.

ción y Control de Proyectos de Obras. La particularidad que distingue este gráfico de Gantt, es que el trabajo que se plantea y el que efectivamente se hace, se muestra en el mismo espacio en su relación mutua (porcentaje de avance) y en relación con el tiempo (ver ejemplo). En un perfeccionamiento del sistema se han colocado los Puntos o Fechas de Metas Parciales ("Milestones") que corresponden a momentos importantes del proyecto.

El Gráfico de Gantt ha dado así hasta hace pocos años la mejor visión rápida de un plan previsto y del estado de su progreso, en forma tan global o detallada como los preparadores y contralores del mismo lo deseen. Sin embargo, los responsables de "programas complejos" han ido encontrando a este sistema una serie de debilidades o limitaciones; a saber:

- a) No indica claramente la "secuencia" que deben seguir las diversas actividades;
- b) No indica la "dependencia o coordinación" obligada entre esas actividades;
- c) No señala las actividades determinantes, o críticas para el oportuno logro del objetivo final;
- d) Tampoco señala en consecuencia aquellas actividades que pueden ser pospuestas, sin mayores consecuencias en un cierto grado, ni la magnitud de dicho grado;
- e) No asegura uniformidad en la asignación de tiempos (estimación única, sin base común);
- f) No es fácil determinar el efecto general de una decisión alternativa (por ejemplo, traslado de recursos de una actividad a otra);
- g) Tampoco es fácil determinar el efecto general del incumplimiento de una etapa del programa;

Los puntos f) y g) provienen de que no es posible transformar el programa Gantt a un modelo matemático o computacional y, por lo tanto, no es posible utilizar las técnicas de "Simulación" para verificar qué es lo que ocurre cuando cambia cualquier factor o premisa del programa.

- h) No señala la variabilidad de la estimación de tiempo necesario para cada actividad;
- i) No da una guía de la probabilidad de cumplimiento de cada etapa del programa, ni de la de cumplimiento del plan en conjunto;
- j) No permite cuantificar rápidamente y en porcentaje de riesgo el efecto de una variación del plazo programado.

Muchas de estas imperfecciones se han tratado de resolver mediante notas, siglas o signos convencionales, como sistemas de numeración que revelan secuencia, líneas que indican coordinación, etc.

Sin embargo, a la postre, todas esas soluciones han conducido en los casos complejos a un "maremagnun" de siglas, números y trazos que hacen perder a la Carta Gantt gran parte de su valor como herramienta visual sencilla de la dirección.

A medida que los recursos han ido escaseando, la competencia se ha hecho más intensa, el desarrollo tecnológico se ha acelerado, las ansias de progreso y de aumento del nivel de vida de individuos y naciones se ha intensificado y un estado de carácter, prácticamente, prebélico se ha convertido en el estado normal del mundo, la importancia de la adecuada "Planificación" y de la oportuna corrección o ajuste de las medidas tomadas (es decir, del "Control") se ha ido haciendo más y más notoria.

Para mejorar todo este proceso de "toma de decisiones" los dirigentes de empresas han recurrido a los nuevos desarrollos tales como la investigación de Operaciones, el Procesamiento de Datos y la Computación, la Ingeniería de Sistemas, el Análisis Estadístico, etc. Una de estas nuevas herramientas la constituyen los sistemas de Planificación y Control llamados de TRAYECTORIA CRITICA, y especialmente los Sistemas CPM y PERT.

Para hacer justicia, es necesario decir antes de terminar este incompleto examen del Gráfico Gantt, que los sistemas actuales no excluyen dicho gráfico, sino que lo incorporan a un complejo de procedimientos más perfeccionado.

INTRODUCCION

PERT: "Program Evaluation and Review Technique", es una de las más modernas y eficientes técnicas de planificación y control que se han desarrollado hasta la fecha.

CPM: "Critical Path Method", indica la duración de una actividad que no puede ser aumentada sin cambiar el tiempo total del proyecto.

Ambos, PERT y CPM son técnicas para el manejo de proyectos de todo tipo.

A través de la aplicación de la Teoría de Redes (de amplio uso en la Ingeniería Eléctrica y otras áreas de la profesión), de ciertos conceptos estadísticos y de otros elementos de análisis, el sistema PERT permite mejorar en forma importante la eficiencia en los trabajos de programación y control con relación a los sistemas tradicionales (Gantt, por ejemplo).

El sistema PERT puede aplicarse a proyectos individuales o a una combinación de proyectos; ya sean éstos sencillos, de corta duración y bajo costo o programas complejos, de varios años de duración, de alto costo y en el que intervienen gran cantidad de personas u organismos.

Este sistema persigue en síntesis los siguientes fines:

- Mejor uso de los recursos humanos, de capital y equipo disponible y, por lo tanto, menores costos.
- Coordinación de las diversas actividades que concurren al desarrollo del trabajo y clara visualización de sus interrelaciones.
- Reducción de los plazos de realización de los proyectos.
- Determinación del Grado de Seguridad (probabilidad) de dar cumplimiento a los programas trazados.
- Mejor control del cumplimiento de los programas y detección de los aspectos críticos determinantes para corregir las desviaciones producidas (control por excepción).

PERT fue desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica durante el año 1958, con ocasión del Proyecto Polaris, siendo aplicado por primera vez en 1959;

sin embargo, en cuanto trascendió el tremendo valor que el sistema tiene como herramienta de dirección, numerosos investigadores se dieron a la tarea de extender sus usos a las más diversas áreas en que la programación y el control son necesarios.

BREVE SINTESIS HISTORICA DE PERT (Program Evaluation and Review Technique)

1956

La Oficina de Proyectos Espaciales de la Marina de USA. comienza una investigación a fondo sobre los sistemas de control en uso, tanto en los medios militares como civiles.

1957

Almirante William F. Raborn a cargo de la programación y coordinación del Proyecto Polaris, primer submarino atómico de la Marina de los Estados Unidos, buscó una técnica de programación que le permitiera coordinar la enorme cantidad de personas y organismos que participaban: 250 contratistas mayores y más de 9.000 sub-contratistas.

1958

W.F. Raborn entra en contacto con Booz, Allen & Hamilton International Consultants y Lockheed Missile System Division. El equipo desarrolla PERT y lo empieza a aplicar de inmediato.

1958-1959

Primera aplicación integral: exitosa programación y control de avance del Proyecto Polaris. Contribuye a lograr un adelanto de casi 2 años de la fecha de término inicialmente programada.

1959-1960

Fuerza Aérea y Ejército de los Estados Unidos incorporan PERT a sus sistemas de programación y control.

1961

Department of Defense y National Aeronautic & Space Administration desarrollan DOD - NASA PERT - COSTO.

Un sistema derivado que incorpora costos.

1963

Ante el interés de las FF.AA., del Gobierno de los Estados Unidos y el entusiasmo de las Instituciones Militares y Civiles por el sistema PERT, y PERT—COSTO y similares, en este año se creó el POTC (PERT ORIENTATION & TRAINING CENTER), que reúne a instructores y recursos de DOD, NASA, Marina, Ejército, Aviación y Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos de Norteamérica con los objetivos de:

- Dar entrenamiento formal a FF.AA. e Industrias Privadas con relación a PERT y sistemas similares.
- Desarrollar, recolectar y difundir información sobre PERT.
- Desarrollar y estimular la investigación en el área.
- Dar asesoría dentro de las FF.AA. de USA. para la aplicación uniforme de PERT y similares.

POTC es una Agencia Intergubernamental Federal que en conjunto con su antecesora PCG (PERT Coordinating y Group) completó entre los años 1961 y 1963, 2.000 personas adiestradas en esta área.

Entre los años 1957 y 1963 se gastaron más de US\$ 200.000.000 en investigaciones relacionadas con estos sistemas y se continúa con un ritmo igualmente elevado.

De estas investigaciones han derivado una infinidad de sistemas similares, como son:

- AMPERE APL Management Planning and Engineering Resources Evaluation.
- CPPS: Critical Path Planning and Scheduling.
- CPT: Critical Path Technique.
- HEPP: Hoffman Evaluation Program and Procedure.
- RITE: Rapid Information Technique for Evaluation.
- RMI: Reliability Maturity Index.
- TOPS: The Operational PERT System.
- SPERT: Schedule Performance Evaluation and review Technique.

- RPM: Reliability Performance Measure.
- SCANS: Scheduling and Control by Automated Network System.
- TIPAC: Texas Instruments Programming and Control.
- LESS: Least Cost Estimating and Scheduling.
- PACT: Production Analysis Control Technique.
- PLANNET: Planning Network.
- PRISM: Program Reliability Information System for Management.
- RAMPS: Resources Allocation Multi-Project Scheduling.

BREVE SINTESIS HISTORICA DEL METODO DEL CAMINO CRITICO (CPM: Critical Path Method).

1956

Organización DU PONT: Morgan R. Walker fue encargado de desarrollar un sistema de planificación y control para proyectos complejos de Ingeniería.

1957

M.R. Walker, solicitó la cooperación REMINGTON RAND UNIVAC, la que encargó al Dr. John Mauchly y a J.B. Kelly analizar el sistema desarrollado por DU PONT. Del trabajo de este equipo derivó el método del Camino Crítico (CPM). En corto tiempo el sistema demostró gran utilidad.

1959

Dr. Mauchly, Mr. Kelly, M.R. Walker y Dr. R.L. Martino formaron MAUCHLY ASSOCIATES cuyo objetivo era solucionar problemas de planificación y control industrial mediante el uso de CPM como herramienta importante. Con los mismos principios básicos del CPM se han desarrollado muchos métodos derivados.

1960-1961

N. M. Martin, Jefe de Programa de Construcción de la IBM. de Nueva York aplica CPM exitosamente en 4 edificios, condicionando a los contratistas. Posteriormente asesoran a numerosos clientes: Sterling Engineering & Construction Co Constanza Contracting Co.

A.J. Etkin Construction Co.
Lummus Co. Engineers Builders.
Etc.

1962

Ya para este año las propuestas para trabajos públicos de construcción exigían en muchos casos, el uso de CPM por los contratistas.

También lo comenzaron a exigir firmas privadas (General Motors), y grandes contratistas para sub-contratistas.

1963-1964

Han bastado 3 años desde sus primeras aplicaciones prácticas en el área de la construcción para que un alto porcentaje de firmas constructoras de importancia de Estados Unidos incorporen CPM a su metodología.

VENTAJAS DEL USO DE CPM Y PERT

1. Obliga a hacer un análisis muy detallado del proyecto y de los métodos y equipos que se utilizarán
2. Valioso como herramienta de venta. Da prestigio y demuestra preocupación por la eficiencia y los costos.
3. Da los argumentos tan necesarios para la oportuna obtención de los planos.
4. Mejora relaciones con proveedores.
5. Ayuda en el manejo de personal, a pesar de que éste al principio no gusta de la herramienta.

6. Ayuda a explicar al cliente la no aceleración de ciertos trabajos no críticos.
7. Ayuda a hacer mejor uso de recursos de mano de obra, equipo y fondos.

ADVERTENCIAS

Antes de entrar a la descripción de los sistemas hay que hacer algunas advertencias.

1. La técnica de Programación y Control de trabajos PERT es un Sistema, y como tal, está constituido por un conjunto de procedimientos y de Métodos Manuales o Mecanizados que abarcan a la Empresa toda, influyen sobre su organización, sobre sus comunicaciones, sobre sus normas contables y presupuestarias, etc. . . .
2. Los sistemas de trayectoria crítica no constituyen una solución para todos los problemas de una obra o proyecto. PERT, ni ningún sistema de programación, elimina por sí mismo los retrasos en la realización de los trabajos programados. Tanto CPM como PERT y los otros sistemas de programación y control de ellos derivados, también tienen limitaciones. Deberán deducirse del análisis de cada empresa y cada proyecto específico en los que se propongan aplicar esta moderna herramienta de dirección. "No hay que olvidar que al implantar CPM o PERT, el resto del sistema debe ser cuidadosamente considerado".

(Continúa en el próximo número).

