

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

Por

Pedro ARANCIBIA Solar
Teniente 2º, Armada de Chile

II PARTE

EXPLICACION DEL METODO PERT Y CPM

1. La Malla

Dijimos que PERT y CPM son técnicas para el manejo de proyectos de todo tipo.

Todo proyecto de Ingeniería puede considerarse como una "red o malla" de actividades subordinadas, en que cada una de ellas debe completarse para lograr la realización del proyecto. La construcción de esta red requiere del conocimiento exacto de cada una de las etapas necesarias para llevar a cabo un determinado trabajo.

En cada caso será necesario determinar los recursos disponibles y fijar un determinado criterio, ya sea de costo o plazo de ejecución, según el cual se llevará adelante el proyecto. Tal criterio permitirá establecer cifras de tiempo y costo a cada una de las actividades de un proyecto.

Todo trabajo PERT y CPM comienza con la construcción de una malla que representa el proyecto que debe ser administrado. Por lo tanto, la malla muestra cada tarea específica o trabajo en el proyecto.

En CPM los trabajos se denominan TAREAS.

En PERT los trabajos se denominan ACTIVIDADES.

El comienzo o final de una actividad es llamado EVENTO, y todo EVENTO es considerado "instantáneo".

Asimismo, toda actividad demora un cierto tiempo para realizarse.

En resumen, los proyectos están formados de muchas actividades que consumen un determinado tiempo y que se encuentran separadas por eventos instantáneos.



Esta es la actividad 5-6 y ocurre entre los eventos 5 y 6.

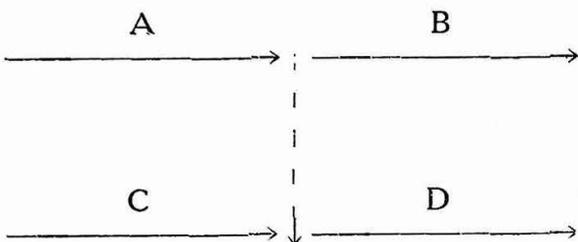
DETALLES DE LA MALLA

Existen tres reglas básicas de diagramación:

1. Al colocar cualquier actividad en la malla, identifique la actividad antes, esto es, la ACTIVIDAD PRECEDENTE.
2. Identifique la actividad que ocurre al mismo tiempo que la actividad que se está analizando. Esta es la ACTIVIDAD CONCURRENTE.
3. Identifique la actividad que sigue a la actividad que se está analizando. Esta será la ACTIVIDAD POSTERIOR.

La duración de una actividad no queda representada por la longitud de una flecha, dado que las flechas solamente muestran la relación lógica de las actividades.

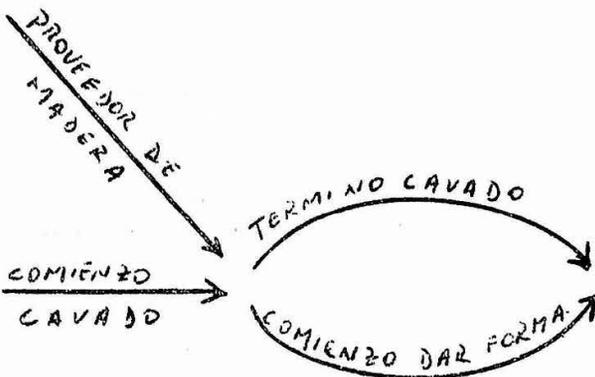
Cuando se produce que una actividad no puede comenzar hasta que otra esté terminada, se usan flechas de segmento, que significan INTERACCIONES DE NO TRABAJO.



La actividad "D" debe esperar hasta que la actividad "A" se complete.

Generalmente en los proyectos se presentan RESTRICCIONES, que afectan a

algunos eventos dentro del proyecto y generalmente éstas provienen desde fuera del proyecto mismo.



Otras restricciones podrían ser por ejemplo:

Mano de obra, equipos, financiera, mercado, etc.

En resumen, cuando deseamos construir una malla debemos efectuar lo siguiente:

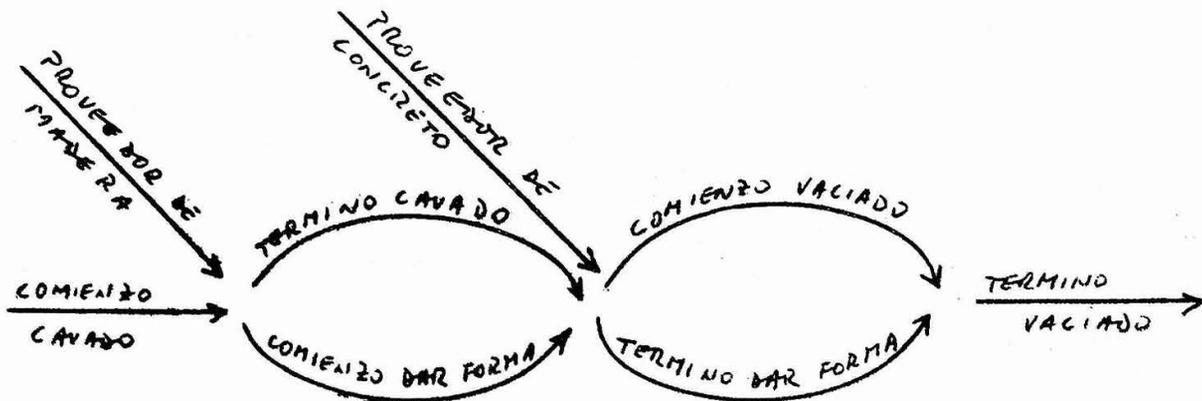
1. Lista de actividades.
2. Colocarlas usando una flecha.

Teniendo presente que la actividad requiere un cierto tiempo, que los eventos son instantáneos, y que cuando deseamos mostrar interacciones entre actividades y cuando la interacción no comprende un trabajo, usamos flechas de segmento.

Proyecto 1. Hacer un túnel.

Lista de actividades:

- a) Cavar el túnel.
- b) Dar forma al túnel.
- c) Rellenar de concreto el túnel.



Proyecto 2. Cambiar una ampolleta.

Lista de actividades

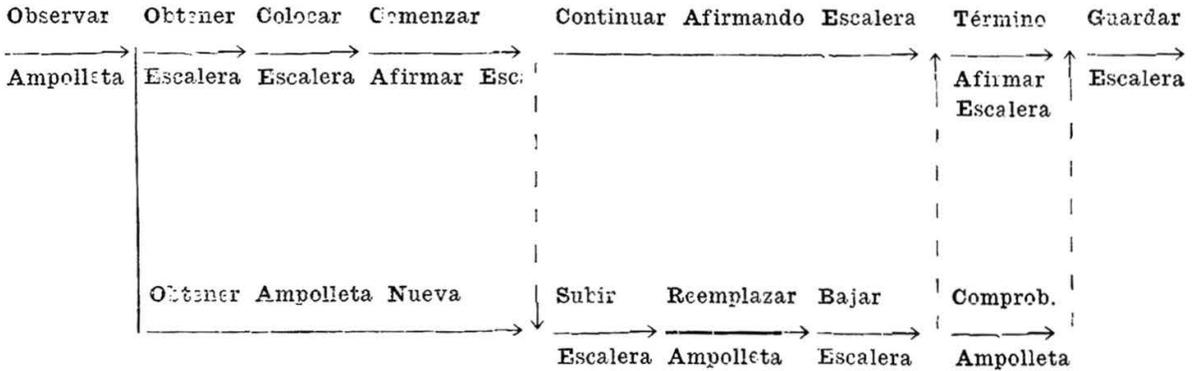
- a) Observar la ampolleta para ver si está mala.
- b) Obtener una nueva.
- c) Obtener una escalera.
- d) Colocar la escalera.
- e) Afimar la escalera.
- f) Subir la escalera.
- g) Reemplazar la ampolleta.
- h) Bajar la escalera.
- i) Chequear encendido de la ampolleta.
- j) Botar ampolleta mala.
- k) Guardar escalera.

Cada flecha en una malla PERT representa a lo menos una actividad, y en proyectos grandes representaría probablemente muchas actividades.

PERT, tiene que ver con la ocurrencia de eventos, por lo tanto está orientado hacia los eventos.

CPM, tiene que ver con el tiempo transcurrido entre cada evento, es decir, con la duración de las actividades entre eventos y está orientado por lo tanto hacia los eventos.

Como las actividades al demorar un cierto tiempo en realizarse, se necesita efectuar una estimación del tiempo que se necesita para completar cada activi-



TIEMPO ESTIMADO (te).

Si Ud. es responsable por un gran proyecto, debe interesarse más en el momento en que ocurren los eventos, que en la duración de cada actividad individual que configura el proyecto.

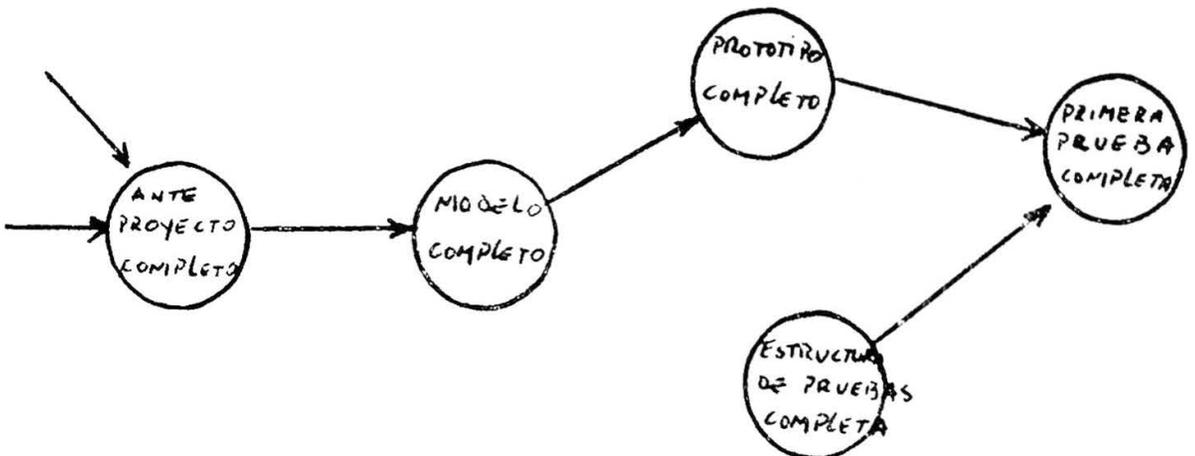
Una malla PERT de un proyecto espacial, debe ser similar al siguiente diagrama:

dad, para lo cual debemos considerar 3 tiempos diferentes:

TIEMPO NORMAL; la duración de una actividad con una mayor frecuencia.

TIEMPO OPTIMISTA; tiempo mínimo posible en el cual la tarea puede ser terminada.

TIEMPO PESIMISTA; la mayor duración que ha tenido una actividad. Es



un tiempo que no puede ser excedido aún lleno de dificultades.

Una vez obtenidos estos tiempos, se puede calcular el tiempo estimado (te) de la actividad.

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

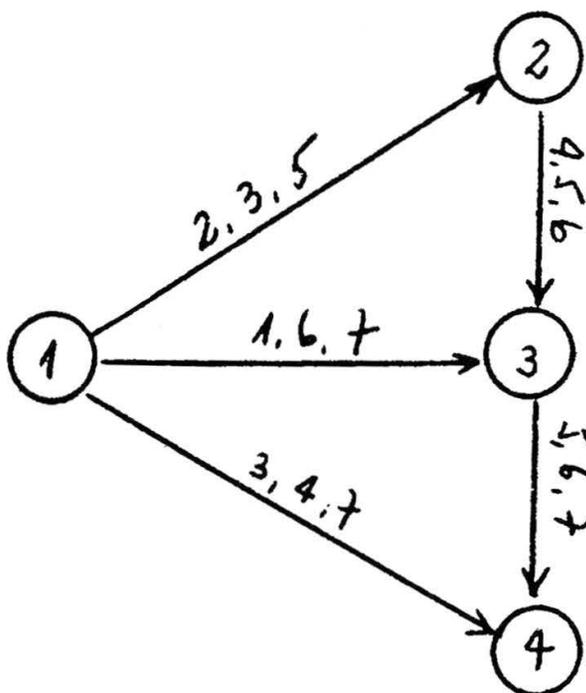
2, 4, 7
—————>
(a) (m) (b)

a = Tiempo Optimista
b = Tiempo Pesimista
m = Tiempo Normal

te 1,2 = 3,2
te 1,3 = 5,3
te 2,3 = 5
te 3,4 = 6

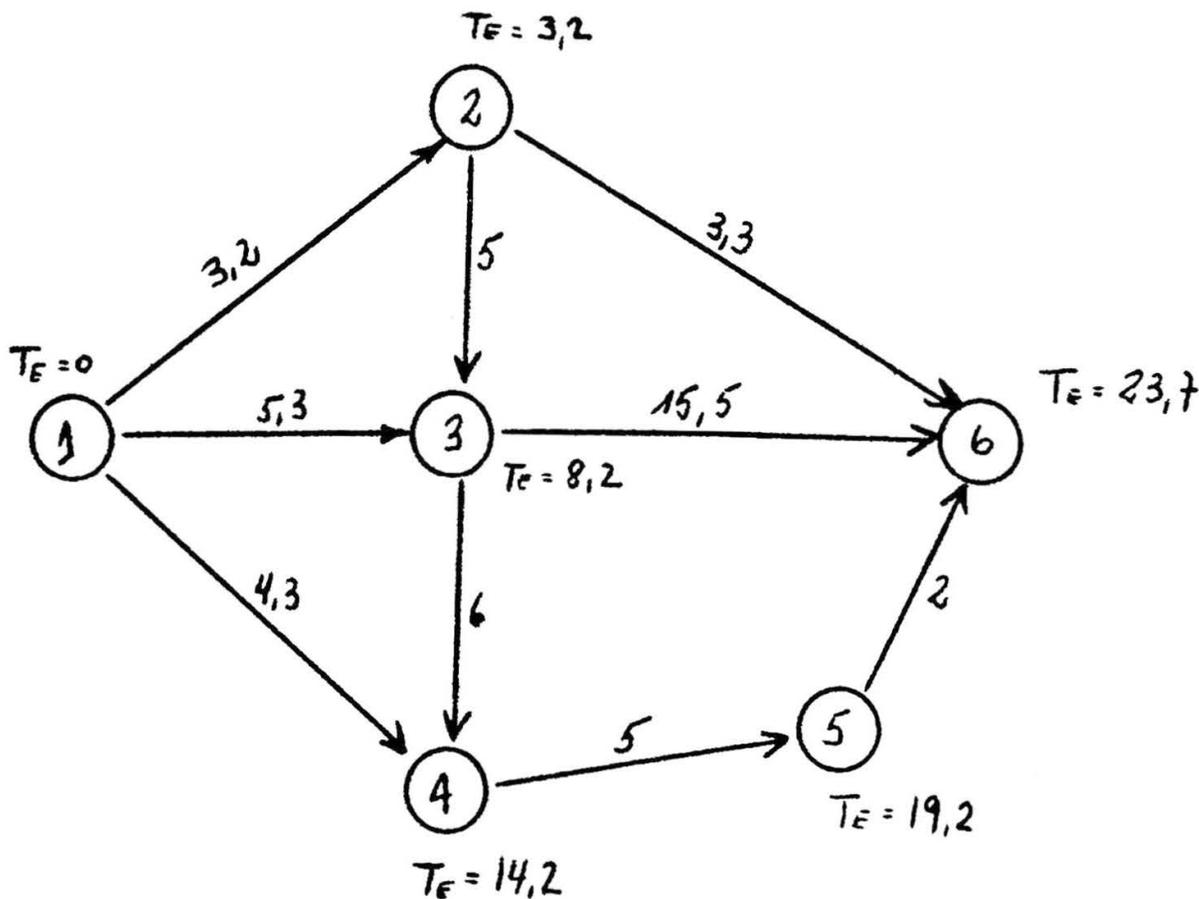
Normalmente el tiempo estimado de una actividad, se coloca sobre la flecha que representa la actividad.

2,3 (días, meses, años, etc.)



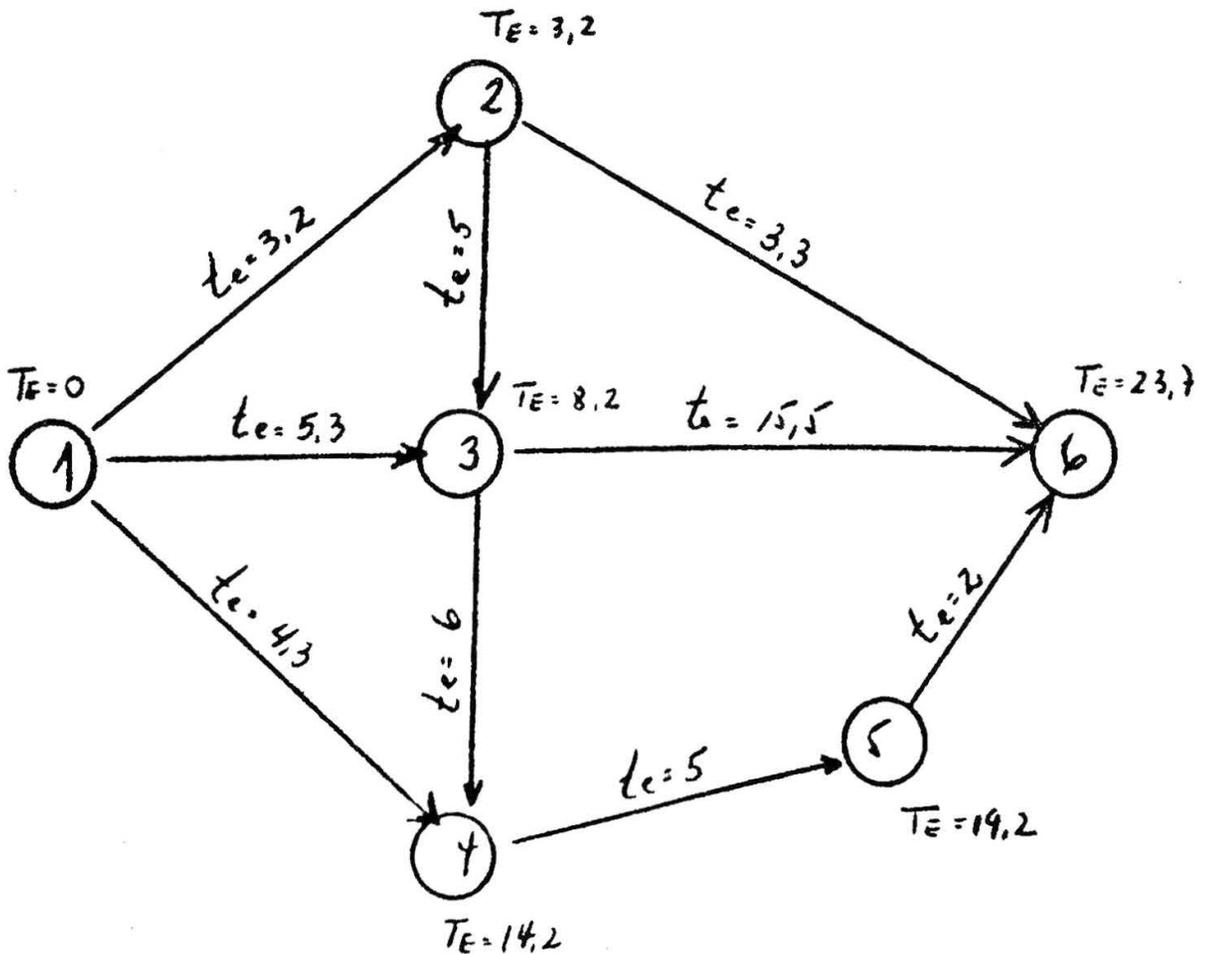
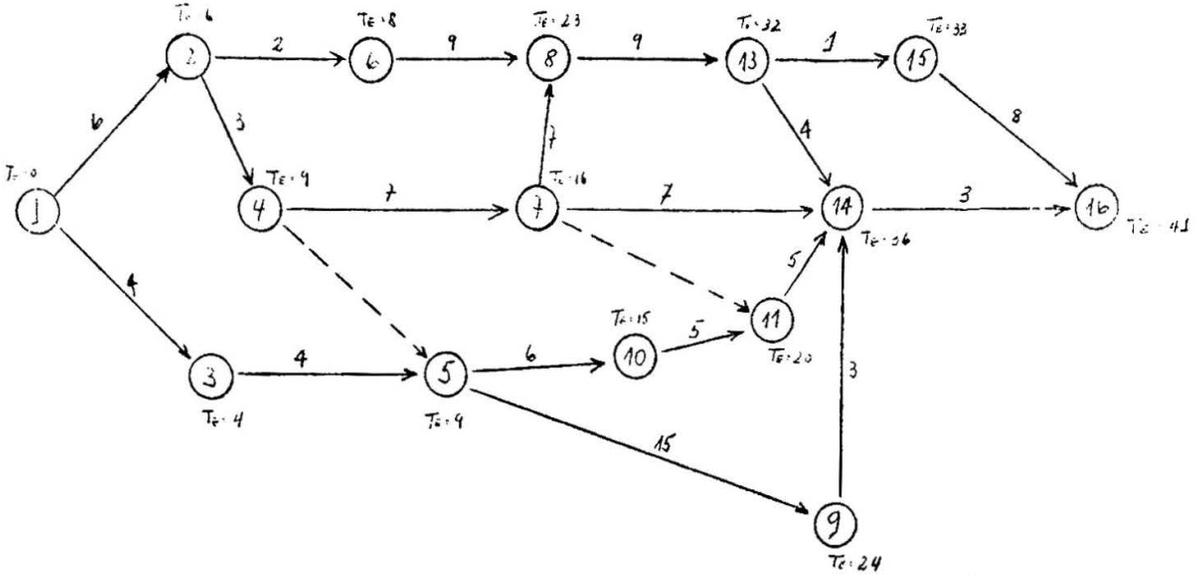
TIEMPO MAS TEMPRANO (TE.)

Es el menor tiempo posible en el cual puede terminarse una actividad, y finalmente el proyecto completo.



Cuando hay más de una forma para llegar a través de actividades, hacia un evento determinado, el tiempo más temprano de un evento está determinado por el tiempo más largo en que se desarrollan las actividades.

Las flechas de segmento no significan tiempo, sino que solamente muestran que los eventos de la punta de esta flecha no pueden ocurrir hasta que no hayan ocurrido previamente los eventos de la cola de la flecha.



TIEMPO MAS TARDE (TL).

El tiempo más tarde de un evento es el opuesto del tiempo más temprano del mismo. Es el tiempo más tarde en que el evento debe ser completado para que el proyecto total se realice dentro del plazo estimado.

De acuerdo con esto, el tiempo más tarde de un proyecto se supone que es el mismo que el tiempo más temprano del proyecto. De esta manera, el evento final tendrá iguales tiempos más temprano y más tarde.

Un conocido corolario de la Ley de Parkinson establece que, "el trabajo se alarga con el propósito de cubrir o completar el tiempo disponible". Debido a esto nos interesa calcular el Tiempo más Tarde en que pueden producirse los diferentes eventos sin atrasar el término del proyecto total.

No se necesita que la actividad 5-6 se alargue hasta completar 4,5 días. Luego no es necesario que el evento 5 que marca el comienzo de la actividad 5-6, ocurra antes que la fecha probable.

Si la actividad 5-6 demora 2 días y se necesita que el proyecto termine en 23,7 días, el día más tarde en el cual el evento 5 puede ocurrir sin desplazar el evento 6 es de 21,7 días.

De este modo, se calculan los tiempos más temprano por medio de la suma de los tiempos estimados de las actividades, más los tiempos de los eventos previos, comenzando con el primer evento y siguiendo a través del diagrama hasta el evento final.

Se encuentran los tiempos más tarde de un evento, por la resta del tiempo estimado de una actividad del tiempo más tarde correspondiente al evento siguiente. Si hay más de un camino (varias actividades), debe usarse el resultado más pequeño.

TIEMPO DE HOLGURA DE UNA ACTIVIDAD (TH).

Es el tiempo extra relacionado con una actividad, es decir, el tiempo extra disponible que se obtiene cuando el intervalo entre dos eventos es mayor que la duración de la actividad que debe ser conectada entre ellos.

$$T_H = (T_L - T_E) - t_e$$

Utilizando parte del tiempo de holgura, una actividad puede ser alargada o demorada sin afectar el tiempo total del proyecto. El tiempo de holgura permite flexibilidad a la duración del proyecto.

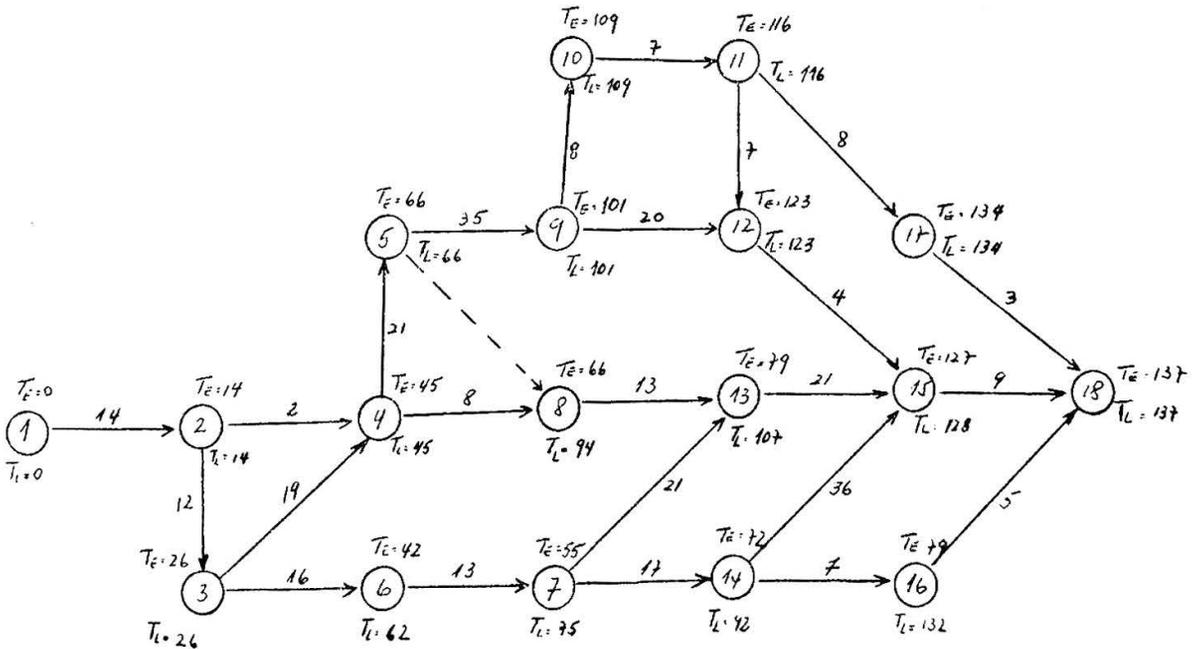
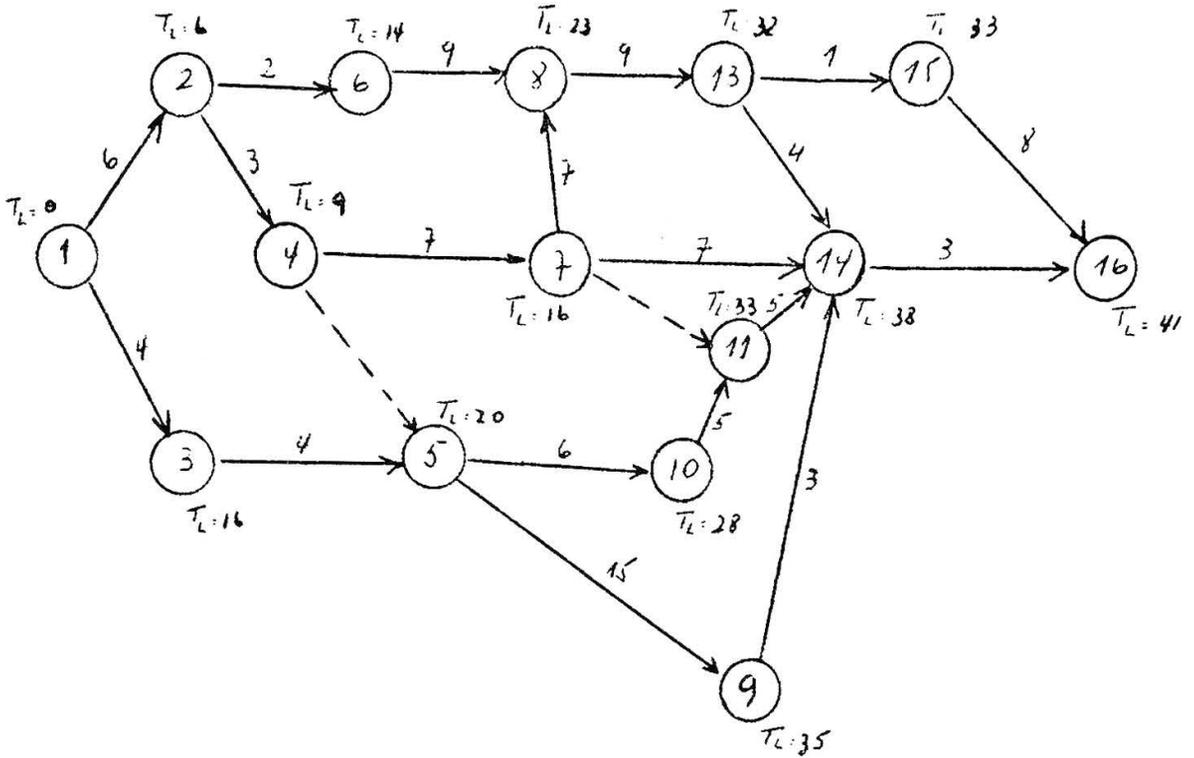
Actividad	TL	TE	te	Holgura
1,2	6	0	2	4
1,4	6	0	3	3
1,8	4	0	4	0
2,3	9	2	3	4
3,9	12	5	3	4
4,5	10	3	3	4
4,6	10	3	4	3
4,7	11	3	4	4
5,7	11	6	1	4
6,7	11	7	1	3
7,9	12	8	1	3
8,9	12	4	8	0

TIEMPO DE HOLGURA DE UN EVENTO (THE).

Es la diferencia entre los tiempos más temprano y más tarde de un evento.

$$T_{HE} = T_L - T_E$$

Evento	TL	TE	Holgura
1	0	0	0
2	6	2	4
3	9	5	4
4	6	3	3
5	10	6	4
6	10	7	3
7	11	8	3
8	4	4	0
	12	12	0



Un evento puede ocurrir en cualquier tiempo dentro de sus respectivos tiempos, más temprano y más tarde, sin afectar al tiempo final del proyecto.

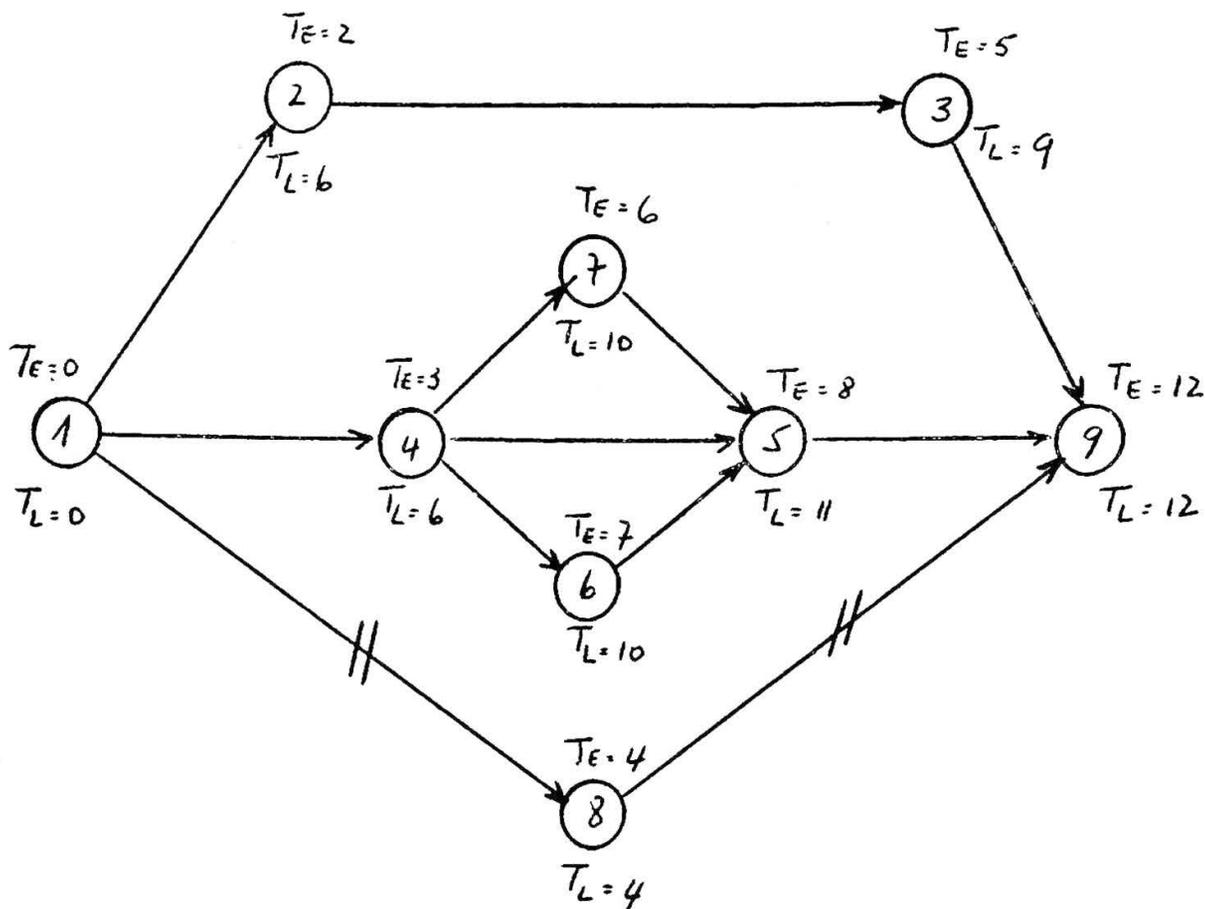
PASO CRITICO

Cuando la duración de una actividad no puede ser aumentada sin cambiar el tiempo total del proyecto, la actividad es llamada ACTIVIDAD CRITICA.

Cuando se tienen actividades críticas, los eventos críticos entre ellas no tienen tiempo de holgura.

$$H_A = (T_L - T_E) - t_e$$

H_A = Holgura Actividad.



Actividad	TL	TE	te	HA
1,2	3,2	0	3,2	0//
1,3	8,2	0	5,3	2,9
1,4	16,7	0	4,3	12,4
2,6	23,7	3,2	3,3	17,2
3,6	23,7	8,2	15,5	0//
3,4	16,7	8,2	6	2,5
4,5	21,7	14,2	5	2,5
5,6	23,7	19,2	2	2,5
2,3	8,2	3,2	5	0//

Las actividades críticas tienen una trayectoria continua desde el comienzo hasta el término del proyecto, y combinados con los eventos críticos forman un paso a través de la malía.

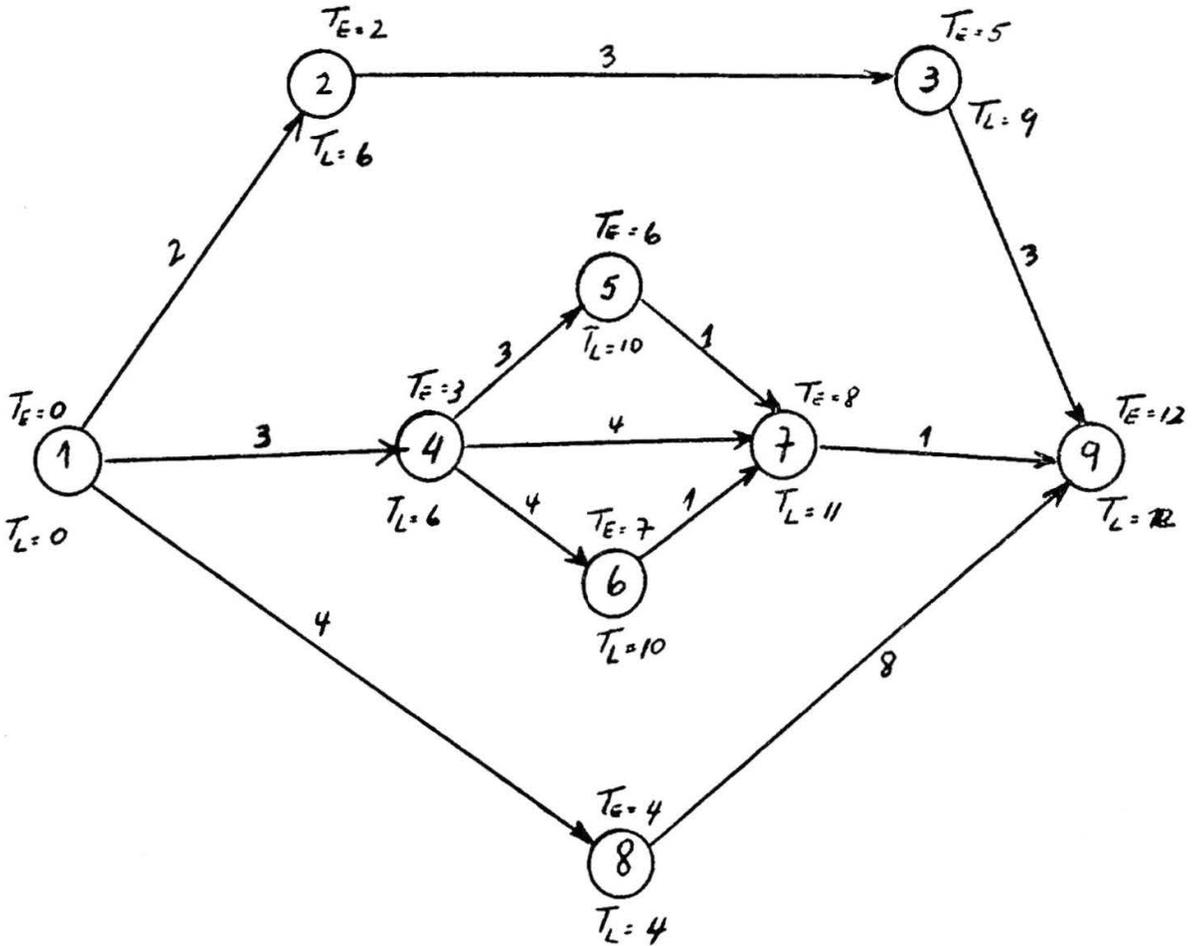
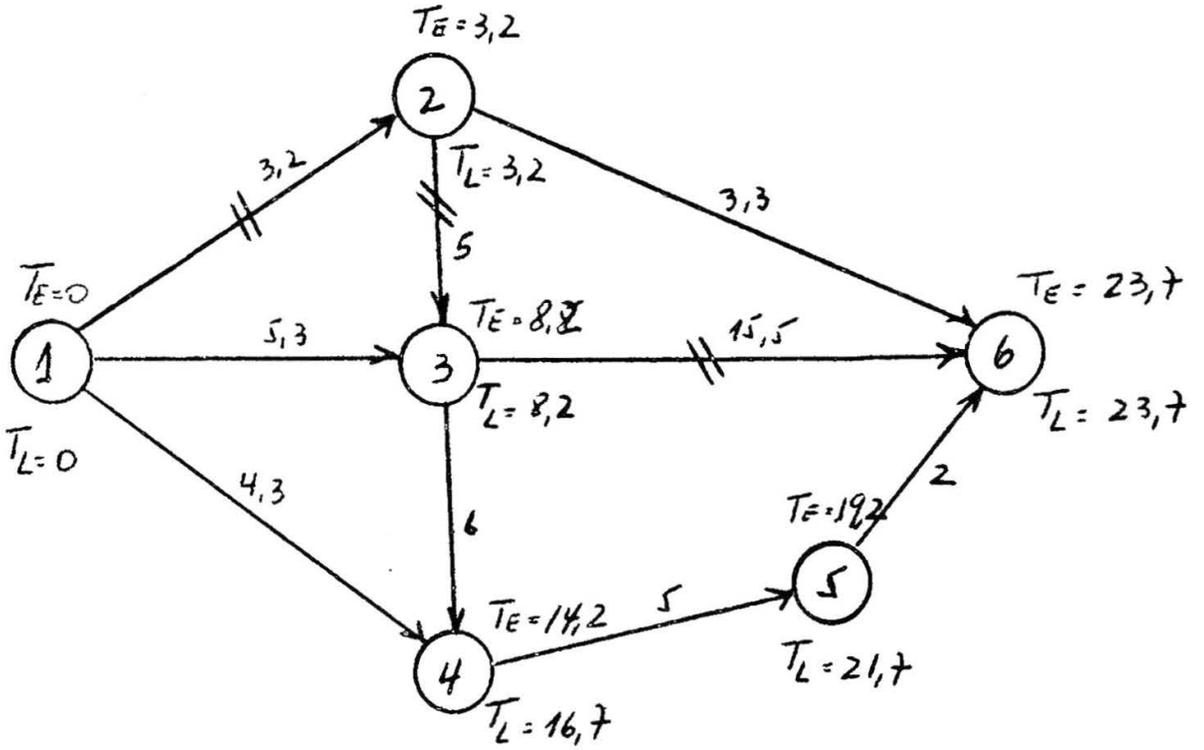


La función y preocupación principal de los ejecutivos del proyecto, es preocuparse de los "eventos críticos", así como la de los sub-jefes son las "actividades críticas".

APLICACIONES DEL METODO PERT EN LAS REPARACIONES ANUALES DE BUQUES

Para muchos lobos de mar, el llevar un buque a reparaciones es más doloroso que terminar un asunto amoroso. La eficiente máquina guerrera y el limpio y orgulloso hogar de los marinos se disuelve, convirtiéndose en un navío sucio, lleno de mangueras de ventilación, cables de poder y cañerías. Siempre hay demasiado que hacer y aparentemente muy poco tiempo para hacerlo.

El funcionamiento operativo deja de predominar y el problema que prevalece es el efecto de transición, del estado operativo al de recorrida, lo que afectará a la eficiencia y efectividad del buque y de su tripulación.



La efectividad de un buque en servicio activo puede ser atribuida a que sus zafarranchos de combate y por guardias han sido probados contra el tiempo, en donde cada hombre sabe exactamente qué se espera de él.

En cada momento la frustración va cayendo sobre la dotación a medida que se va pasando del estado operativo al de recorrida anual, y el buque completo pasa de "tener empuje", a un ambiente donde la confusión es la orden del día.

Las tareas asignadas a la dotación durante la recorrida anual no son mayormente distintas de las tareas de mantención de rutina; sin embargo, la cantidad de trabajo y el orden en que deben realizarse, son de magnitud y requieren un grado de planeamiento que es nuevo y extraño a la gran mayoría de los oficiales y tripulación.

Se comienza el planeamiento del trabajo con una sensación de que todo es difícil, y que no se está muy seguro de cómo comenzar a darle solución a este extraño y nuevo problema. Si todos fueran interrogados, la gran mayoría estaría de acuerdo en que:

- La recorrida anual y los trabajos de mantención deberían ser programados para ser llevados a cabo con el mayor orden y eficiencia posibles.
- Cada persona debiera saber qué se espera de él, qué haga cada día, es decir, que debiera serle asignado un trabajo específico diariamente.
- Cada persona debe tener una meta cercana que pueda entender y visualizar.
- Los Oficiales de División, Suboficiales y Personal, debieran participar en el planeamiento de la recorrida.
- Los materiales difíciles de obtener deben ser identificados y solicitados lo antes posible.
- Los gastos de fondos deben ser dirigidos y los problemas individualizados oportunamente, para tomar la acción apropiada.
- Una representación gráfica del trabajo realizado y de los trabajos pendientes debe ser mantenida al día.
- Se debiera hacer uso al máximo de las máquinas de contabilidad, para reducir el número de personas destinadas

a llevar los registros de la administración.

Algunos desearían agregar sistemas para medir el progreso en términos de "potencial humano planeados" versus "potencial humano usado", para tener una visión "al ojo" del progreso logrado. Otros desearían establecer prioridades para el cumplimiento de diversos trabajos. Pero la forma de cómo realizar estos objetivos está a menudo más allá de la experiencia de los Comandantes y Jefes de Departamento.

La forma usual de afrontar el problema, es hacer una lista con todos los trabajos que el Comandante y los Jefes de Departamentos desean cumplir, y hacer gráficos en los cuales se pueda indicar el porcentaje de avance de cada uno de los trabajos.

Esto raras veces es un intento de coordinar la programación de todos los trabajos, con objeto de asegurarse que exista un mínimo de interferencia entre ellos, impidiendo de tal modo que un compartimiento recientemente acondicionado tenga que sufrir el corte de alguno de sus mamparos a la semana siguiente, para efectuar alguna reparación en los compartimientos o equipos adyacentes, sino una simple lista de trabajos para los efectos de saber "qué hay que hacer".

Las técnicas modernas de administración, requieren el planeamiento completo del trabajo total, para asegurarse que éste sea finalizado a tiempo, con el mínimo de costo, personal y materiales.

El planeamiento completo no es nuevo para los oficiales y tripulantes de los buques que ingresan a su recorrida y reparación anual. Es el tipo de planificación que están acostumbrados a seguir en cada ejercicio de combate y eventos de entrenamiento. Sin embargo, cuando se tiene que planificar la recorrida normalmente, lo único que se ha hecho es una aceptación mínima de las instrucciones existentes y la consabida Lista de Trabajos.

Siempre se le da muy poca importancia al efectivo y eficiente empleo del personal de la dotación, y al orden eficiente y planificado para desarrollar la totalidad del trabajo. Tampoco se le da importancia al desarrollo de incentivos.

El resultado de la mala planificación conduce a la no terminación o no ejecución de todos los trabajos requeridos en el tiempo considerado. Esto obliga a un mayor período de reparaciones o a la eliminación de trabajos.

RECORRIDA DEL USS. "RIGEL" (AF-58)

El USS. "Rigel" (AF-58) completó recientemente su recorrida anual, en la cual los oficiales y tripulación realizaron un esfuerzo mancomunado para emplear una planificación completa y el uso de modernas técnicas para la administración de su propia recorrida.

El primer objetivo del plan fue establecer una atmósfera en la cual la totalidad de la tripulación viera en el período de reparación anual, la oportunidad de mejorar su buque y sus condiciones de operación. Cuatro meses antes del comienzo de las reparaciones, los Oficiales de División efectuaron reuniones con el personal, dirigidas con el objeto de identificar los proyectos que a su personal le gustaría ver realizados.

Inicialmente, esas discusiones fueron de carácter general y permitieron muchos "sueños con los ojos abiertos". El personal fue instado a que revisara las fallas que hubieran comentado en el pasado y que sugirieran los métodos para solucionarlas.

De acuerdo con esta idea, se repartió un formulario a todo el personal para que en él vaciaran sus inquietudes y sugerencias personales. El objetivo era solamente lograr que el personal comenzara a pensar qué es lo que ellos querían llevar a cabo y las reparaciones que les agradaían ver efectuadas en su buque. Los formularios pasaron a los sargentos y suboficiales, quienes los revisaron y discutieron eliminando las duplicidades. Después los Oficiales de División conversaron con su gente y suboficiales, determinando y recomendando el trabajo divisional a efectuar durante este período. El volumen de trabajos divisionales pasó entonces a los Jefes de Departamentos para coordinar las reparaciones e inspecciones necesarias, incorporándolas al programa departamental. Finalmente se desarrollaron una serie de reuniones con el Comandante,

con el objeto de revisar y aprobar cada proyecto principal. En estas conferencias se determinó qué trabajos serían desarrollados por el personal del buque y en cuáles se necesitaba girar una orden de trabajo para el astillero.

Los proyectos aprobados para que fueran realizados por la dotación fueron enviados de vuelta a los Oficiales de División, en donde cada trabajo fue dividido en tareas específicas y se determinó el número de hombres que se necesitarían efectivamente para desarrollarlos. Se recopilaron la totalidad de las informaciones y datos de la reparación anual propuesta, y se prepararon los Pedimentos de Material necesarios.

El Comandante había planeado usar el método de programación PERT como base del sistema administrativo, el cual daría suficiente visión a la programación de los trabajos, como para asegurar un mínimo de interferencias entre el personal del buque y los trabajos del astillero.

Se requirió al Centro de Orientación y Entrenamiento PERT del Departamento de Defensa en Washington, D.C., que enviara copias de su "Curso Programado de fundamentos del Sistema PERT". Se escogió de entre los oficiales un ayudante administrativo y se obtuvo una vacante para él, en un curso de una semana en el Centro de Orientación y Entrenamiento PERT.

Los Jefes de Departamentos y Oficiales de División, recibieron ejemplares del Curso Programado de Fundamentos del Sistema PERT para estudio independiente, y en unas pocas semanas todos estaban "Perteados".

El método PERT proporcionó la visión necesaria para programar los trabajos en el orden adecuado asegurando interferencias mínimas, y permitió identificar las áreas de interferencia entre el astillero y el buque. Más aún, permitió desglosar cada trabajo en tareas menores, las que proporcionaron metas tangibles y cercanas para los equipos de trabajo e individuos.

Colocando las Cartas PERT a disposición en el entrepuente, cada hombre pudo ver cuál era el trabajo que le había sido asignado en la reparación total.

Después de muchos esquemas en la pizarra y conversaciones con los suboficiales, se identificaron los trabajos que podrían ser ejecutados en serie y los que podrían ser ejecutados en paralelo. Se determinó entonces el número de hombres que podían realizarlos efectivamente.

Después de muchos esquemas y conversaciones se generó una simple Carta de Programación. El Comandante y su Ayudante Administrativo trabajaron en varias de tales cartas con los Jefes de Departamento y sus Oficiales de División, quienes entonces estaban en condiciones de desarrollar diagramas PERT para sus Cargos.

Mientras tanto los suboficiales fueron dedicados a la determinación de los hombres necesarios y a determinar el orden en que se debían desarrollar las tareas. Los marineros de cubierta y máquina, "miraban por sobre el hombro de los planificadores", ofreciendo sugerencias e indicando dónde podrían cooperar al trabajo total.

Todos los trabajos principales del astillero fueron incorporados en los diagramas PERT, de modo de asegurar un mínimo de interferencias y hacer coincidir los programas del buque y del astillero, eliminando así las interferencias o acomodándolas en la planificación.

El paso siguiente fue determinar la fecha de término que podría tener cada trabajo. Esto pareció ser un trabajo lleno de dificultades, ya que sólo se conocía la fecha de comienzo y la de término del período de recorrida total. A pesar de todo, el equipo de planificación comenzó a trabajar en sentido inverso, partiendo desde la fecha de término final de todas las reparaciones y rápidamente se determinaron las fechas críticas sobre las cuales se estructuró el plan general. Ninguna de estas fechas elegidas resultó totalmente correcta, pero todas quedaron dentro de la tolerancia de los sistemas de planificación.

Habiéndose establecido las fechas críticas de la planificación, los métodos PERT hicieron posible determinar la última fecha permitida para comenzar cada trabajo.

Cuando se completaron todas las cartas PERT, pareció que el Comandante había aprobado muchos más trabajos que

los que podría cumplir la dotación del buque con el tiempo disponible.

Para poder determinar la capacidad total de la dotación y como una ayuda a un planeamiento eficiente, fue necesario desarrollar un esquema de necesidad de personal para cada trabajo y colocar este esquema en una "carta de utilización del personal", que representaba la totalidad del potencial humano disponible.

Uno de los problemas principales en la estructuración de esta carta fue que debido a la política de transbordos no había forma de determinar cuánto personal se tendría disponible en todo momento. Demasiadas veces los "Buques en Reparaciones" han sido usados por los planificadores de personal como un "pool" o depósito de personal, de donde pueden obtener gente para suplir cualquier necesidad. Esto aparecía como un bloque totalmente inestable que amenazaba con impedir cualquier planeamiento.

Se consideró que el personal no sería cambiado; pero por otra parte, el buque debía aceptar la responsabilidad del entrenamiento de los reemplazantes y de las inevitables pérdidas de gente y especialmente de suboficiales que eran los que más se necesitaban. Ahora era posible mirar hacia el futuro término de las reparaciones y computar las posibles pérdidas, y establecer un programa de cursos y entrenamientos que permitiera una operación eficiente del buque al término de la recorrida anual.

Se creó una carta que ayudó a estructurar el programa de entrenamiento.

Habiéndose tomado el cuidado de cumplir con estos requisitos, el paso siguiente fue identificar el potencial humano de que podría disponer cada división para los trabajos considerados en la recorrida anual.

Cada Oficial de División volvió a sus cartas PERT y comenzó a construir una carta de necesidades de personal para cada trabajo. Tomando cada tarea de la carta PERT y ploteando el número de hombres necesarios en un gráfico, en que su eje vertical representaba "hombres" y el eje horizontal indicaba días hábiles en el astillero, se pudo desarrollar un perfil de las necesidades de personal.

Cada perfil de potencial humano tenía una fecha de término que estaba de acuerdo con la fecha que se había acordado como la última fecha permitida para el término del trabajo. Cuando se completaron todos los perfiles de las necesidades de personal, las cartas PERT tuvieron la apariencia de un gran rompecabezas. Los Oficiales de División pudieron entonces colocarlos en un gráfico que representaba la totalidad de su potencial humano. El único obstáculo en la colocación de los bloques de los perfiles en las cartas de utilización del potencial humano, era que el último bloque del perfil de potencial humano tenía que estar completado antes de la última fecha de término del trabajo.

Con la carta de utilización del potencial humano, el Oficial de División y sus suboficiales y sargentos tuvieron un arma de planeamiento que les permitió asignar las tareas específicas, que debían ser cumplidas durante cada semana, con la seguridad de que si ellas continuaban con el programa, la recorrida quedaría terminada a tiempo.

En el desarrollo de cartas PERT más complejas, que involucraban personal tanto del buque como del astillero, se evitaron al máximo los cambios de responsabilidad. Se asumió que si las solicitudes de trabajo eran escritas cuidadosamente, el astillero sabría exactamente lo que se solicitaba.

Para prevenir errores y asegurarse que las instrucciones estaban claras, la persona que originó la orden de trabajo fue la responsable y encargada de llevar la orden a los talleres respectivos. Se esperaba entonces, que los "compañeritos" realizarían su trabajo y el personal del buque quedaría libre para cumplir con los trabajos de a bordo.

El personal del buque fue requerido solamente para la inspección final de los trabajos del astillero y cuando su ayuda fuera específicamente requerida. Este enfoque pareció ser de mucho valor para la gente del astillero y sirvió para eliminar fricciones e interferencias.

Por varias semanas las herramientas de más valor para los planificadores fueron la goma de borrar y el líquido corrector para stencil. Aun en las fases finales, los cambios y ajustes al PLAN fue-

ron numerosos. Una vez terminado éste, fue repartido a los Oficiales de División y suboficiales. Cuando posteriormente hubo que realizar algún cambio, éste también tenía un plan.

El oportuno reconocimiento de la necesidad de flexibilidad en el planeamiento, redujo la frustración cuando hubo que efectuar correcciones.

Al disponerse de un plan detallado, donde el trabajo total fue reducido a muchas tareas pequeñas, con especificación de las necesidades de personal y duración, permitió que se pudiera premiar a aquellos que rindieron más de lo esperado. Comenzó a ser rutina el premiar a los equipos que terminaban antes sus tareas, con permisos especiales o saliendo franco antes de la hora normal (por lo menos la mitad del tiempo economizado por ellos).

Esto sirvió como un inmenso incentivo y hubo muchos voluntarios trabajando sobretiempo durante los días de semana, logrando que distintos equipos de trabajo adelantaran lo suficiente como para quedar francos el viernes temprano. Por el contrario, cuando un equipo iba atrasado, o una persona de ese equipo lo estaba, el sábado en la mañana era día de trabajo normal para ellos. Los premios y castigos por tiempo ahorrado o perdido, eran controlados por los Jefes de Departamentos.

Tan pronto el buque comenzó sus reparaciones, la tripulación fue organizada a seis guardias. La principal necesidad de mantener personal a bordo era tener una guardia adecuada para detectar inundaciones o incendios y proporcionar una Guardia de Seguridad mínima. La guardia de la partida de incendio fue formada cada mañana y diariamente se desarrolló un zafarrancho de incendio. Los suboficiales más antiguos estaban incluidos en la partida de incendio. El día de trabajo comenzaba a las 07.30 y terminaba a las 16.30 hrs., lo que permitió tener tiempo para instrucción divisional y además tener al personal de la dotación del buque trabajando a la llegada del personal del astillero. Cuando el personal del Astillero trabajaba sobretiempo, permanecía a bordo personal para supervisar los trabajos y asegurar que el astillero no tendría pérdidas de tiempo a

causa de que el buque los hiciera esperar por alguna razón.

El programa de planeamiento total desarrollado por el buque fue presentado al comandante del astillero y sus oficiales más antiguos tan pronto el buque llegó. Después de incorporar sus ideas, los asesores civiles de mayor rango fueron invitados a bordo y se les mostró la totalidad del trabajo propuesto. El personal del astillero demostró un gran entusiasmo e interés, e invitó a los planificadores del buque a que escribieran su programa PERT en un lenguaje adecuado para el computador UNIVAC U3 y combinarlo con un programa similar ya desarrollado por el astillero. El objetivo era tener en el computador el trabajo total a desarrollar en todo el período de reparaciones. Se encontraron muchas dificultades para mantener la totalidad de los trabajos al día. A pesar de eso, proporcionó una guía, y en muchos casos, la primera indicación de fallas vino de la salida del computador.

Una vez que se estableció el programa, se afrontó el problema de dirigir los progresos de los trabajos encomendados al personal del buque, ocupando el mínimo de tiempo y personal. El "Rigel" tenía una máquina de contabilidad IBM-401 a bordo para llevar el control de las cuentas de consumos.

Esta quedó de "para" durante el período de dique y los operadores de las máquinas fueron empleados para trabajos generales en el Departamento de Abastecimientos.

El trabajo dado por PERT les pareció natural, tanto a los operadores como a la IBM-401 y se pudo desarrollar un diccionario de tareas para la máquina. Esta fue ajustada para que imprimiera los datos administrativos que se necesitaban. Debido a las limitaciones de la máquina fue necesario codificar las tareas de manera que hubiera espacio para imprimir la información de administración necesaria.

Al comienzo del período de reparaciones, se requirió a los Jefes de Departamentos que confeccionaran un formulario que les permitiera dar un Informe Semanal y Programa de Trabajo y todos los viernes ellos colocaban al día el de la semana anterior, enviándose luego a

los operadores de la máquina. Las tarjetas eran perforadas durante el fin de semana y los datos para la semana siguiente estaban a disposición del comandante el lunes por la mañana. Los trabajos "con problemas" eran identificados con una letra "A".

Este sistema permitió que el comandante se centrara en aquellos problemas en que su atención fuera más necesaria y eliminó la necesidad de muchas conferencias consumidoras de tiempo.

También permitió que el comandante fuera alertado cuando un trabajo se aproximaba o excedía el costo planeado. Esto se cumplía simplemente comparando el costo planeado con el dinero gastado a la fecha y porcentaje de avance del trabajo. Si las partes o repuestos no estaban disponibles o había algún atraso en su recepción, se colocaba una "A" en la columna apropiada y se iniciaba una acción para apurar los repuestos, reprogramar el trabajo o fabricarlos localmente.

Los problemas de repuestos probaron ser los más difíciles y no fueron obtenidos en su totalidad durante el período de reparaciones del "Rigel". El ordenar y recibir los repuestos se consideraron eventos específicos en cada diagrama PERT y en muchos casos esa malla fue el "Trayecto Crítico" de toda la carta PERT.

Finalmente el "Rigel" completó su recorrida como fue programada. La moral fue excelente durante la totalidad del período y se completaron todos los trabajos programados. El problema más serio radicó en la necesidad de que las solicitudes de repuestos fueran hechas con suficiente anterioridad, o a las fallas del fabricante al no poder producirlos oportunamente.

El principal efecto del programa de planeamiento fue aumentar el interés de toda la tripulación en el progreso de las reparaciones. Esto, por supuesto, redundó en un trabajo más eficiente. Las metas a corto plazo establecidas para cada marinero y los premios, hicieron posible un rendimiento superior con excelente espíritu y moral.

El sistema de realimentación de datos e informes, permitió tomar las medidas ejecutivas en algunas áreas aporreadas y permitió al comandante la prác-

tica del principio de "Administrar por Excepción".

El sistema de planeamiento demostró ser realmente útil y adaptable para ser usado en cualquiera de los programas PERT normales para computadores.

REPARACIONES DEL USS. "WASP" (CVS-18)

El Capitán de Navío H.G. Bradshaw, U.S. Navy, se hizo cargo del mando del USS. "Wasp" (CVS-18) a mediados de su período de reparaciones. Después de una evaluación de la dotación del buque y del astillero en su avance de trabajo, pareció ser apropiado aplicar el sistema de administración PERT para los trabajos de la dotación. Por ser un buque mayor fue necesario formar un Comité PERT. Este fue formado por el Oficial Navegante, como Ayudante Administrativo, con un representante por cada Departamento. A bordo del "Wasp" se usaron métodos de entrenamiento similares a los usados en el "Rigel". Se escribió un programa para el computador YUK-5 montado a bordo del buque. Tomó más o menos dos meses y medio obtener que la dotación trabajara "PERTeada" y obtener un programa para el computador que permitiera administrar efectivamente. Fue entonces posible mantener al personal trabajando de acuerdo a un programa, e identificar las áreas con problemas, a tiempo para tomar una acción positiva. El sistema trabajó tan bien en el buque grande como en el pequeño. Aun cuando se comenzó a aplicar en la mitad de una reparación anual se obtuvieron progresos significativos que fueron visibles no sólo en términos de un programa mejor administrado, sino en la declinación de los problemas disciplinarios.

Una ventaja de tener la totalidad de la dotación del buque trabajando en planes detallados, viene a ser la atenuación del efecto de choque producido sobre hombres a todos los niveles, al hacerlos pensar seria y cuidadosamente acerca del programa de reparaciones. La participa-

ción del personal proviene del cuidadoso planeamiento y la posibilidad de ver que el plan llevado a cabo es en realidad la verdadera razón del éxito de este programa en las reparaciones.

Hay muchas controversias acerca de las razones de porqué las recorridas y reparaciones de los buques, continuamente toman más tiempo que lo planeado. La culpa ha sido atribuida al astillero, a los transbordos de personal y a la falta de fondos.

Probablemente existen fallas en cada una de estas áreas, pero es una verdad innegable que la única ayuda real tiene que venir de un planeamiento más cuidadoso hecho por los oficiales y tripulación del buque en reparaciones y de que la mayoría de los trabajos deben estar programados antes del comienzo del período de reparaciones.

Debe considerarse también que las mismas dotaciones deben permanecer a bordo y mantenerlas, si se espera que éstas cumplan una gran parte de la recorrida o reparación del buque.

La alternativa es obtener mayores fondos para pagar a los caros hombres-hora de los astilleros y además encontrar un sistema de administración que proporcione un incentivo a estos trabajadores, comparable con el que en este momento está disponible para las tripulaciones.

Bibliografía:

- 1.—Determinación de la Ruta Crítica. R.L. Martino.
- 2.—IBM General Information; PERT A Dynamic Project Planning and Control Method.
- 3.—Seminario PERT Universidad de Chile. Ingenieros Fernando García y Luis Sutter.
- 4.—Curso de Programación PERT de C.A.P. (Huachipato).
- 5.—Efectuando la recorrida anual. Capitán de Navío H.G. Brashaw. U.S. Navy ("Proceedings").