Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ZARAGOZA"

"PLANEACION Y PROGRAMACION EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

RICARDO BECERRIL PEREZ

MEXICO, D. F. 1984

INDICE PAG.

I.- PLANEACION Y PROGRAMACION

EN EL DESARROLLO

DE PROYECTOS

DE PLANTAS INDUSTRIALES.

II.- AREA ESPECIFICA:

ADMINISTRACION Y CONTROL

DE PROYECTOS.

III.- INTRODUCCION

Actualmente en cualquier actividad a desarrollar, el ser humano realiza previamente un análisis de qué es lo que se va a hacer, con qué medios cuenta para ello y cómo y cuando hay que ejecutar su realización. Se habla entonces de ejercer una 'Administración' en todas y cada una de las tareas encomendadas.

Básicamente, la Administración es la culminación de una serie de actos que demandan cierto tipo de recursos y que en conjunto propiciarán la obtención de algún fin u objetivo.

El presente trabajo pretende obtener un texto que dé una idea clara de la importancia que tiene dentro de la Administración y Control de Proyectos; la Planeación y Programación en la realización del diseño de la Ingeniería de proyectos de Plantas Industriales, reflejando de esta manera el trabajo real que se desempeña en una firma de Ingeniería, como es el caso de la Sub-Dirección de Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales perteneciente al Instituto Mexicano del Petróleo (lugar donde fué realizado este proyecto de tesis).

Por lo anteriormente mencionado, se propone una metodología general, la cual se detalla para llevar a cabo la Planeación y Programación de un proyecto, desglosándose por capítulos, los temas siguientes:

- La Administración de Proyectos, que es el marco de referencia de nuestro trabajo, donde se estudia lo que es un proyecto, una Planta Industrial, los elementos y el proceso administrativo, la organización existente en una firma de Ingeniería, así como las distintas fases de un proyecto.

- La Planeación de Proyectos en donde se determinan --

(a) VER REF. BIBLIOGRAFICAS : [illegible], ([illegible]), ([illegible]), ([illegible]) Y ([illegible]).

los objetivos fundamentales del proyecto, las actividades necesarias para su realización y la secuencia que deben tener para conseguir el propósito establecido.

- Las Estimaciónes en Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales en donde se hace incepié en la importancia de realizar un buen pronóstico de la duración, los recursos a consumir y los costos a erogar para realizar un determinado trabajo, siendo el antecedente principal para hacer viable o factible un proyecto (ésto es en propuestas, estudios, cotizaciones), o bien para tener un buen desarrollo y control posteriormente.

- La Programación de Proyectos, donde a partir de un plan adecuado y una buena estimación podemos obtener un PROGRAMA DE PROYECTO que es el objetivo fundamental de este trabajo; claro, siempre introduciendo el concepto de la Asignación de recursos de acuerdo a un límite real de disponibilidad. Todo ésto se logra a través del empleo de una Técnica de Planeación, Programación y Control de Proyectos tal como el método de la Ruta Crítica y cuya versatilidad se ajusta a las necesidades requeridas por nuestra propuesta.

- Integración de la Planeación y Programación de proyectos, por medio del uso de un paquete de computadora; que es necesario dada la cantidad de proyectos, así como la complejidad que reviste cada uno de ellos, que se tienen que realizar en la Subdirección de Proyectos y cuya meta principal es obtenerlos en un tiempo óptimo, con un costo mínimo y con una alta calidad, lo cual hace indispensable contar con el sistema mecanizado descrito.

- La evaluación y control de los proyectos es el elemento que nos sirve como retroalimentación de nuestros planes, estimaciones y programas, de acuerdo al avance real de los -- proyectos, modificando de esta forma las desviaciones que haya con respecto a una planeación, presupuesto o programas originales.

- Finalmente en las conclusiones otorgamos la importancia que se le debe dar a la Planeación y Programación de Proyectos como parte indispensable para la adecuada canalización de un proyecto determinado, ya que la excelencia de las obras de Ingeniería se estima no sólo por la eficiencia técnica con que fueron realizadas sino también por su eficiencia económica planeada y dado que la Ingeniería Química como profesión - tiene como objetivo fundamental la satisfacción de necesidades humanas, al planear, diseñar, construir y arrancar las plantas industriales cuyos productos corresponden a las necesidades - del sector social que los demande; el aspecto administrativo- tiene especial relevancia en el éxito de cumplir con dichos - requerimientos.

IV.- FUNDAMENTACION DEL TEMA

Por lo general se tiene la impresión de que todos los temas estén agotados, de que nada queda por decir acerca de ellos, a tal extremo que no se atina a descubrir las posibilidades de un nuevo estudio.

De hecho, el estudio y la lectura, y en muchos casos, el trabajo de laboratorio constituyen, a la vez, el horizonte donde aparece el tema. Es decir, el tema más apto a desarrollar es aquél que descubre el propio sustentante; gracias a su personal quehacer intelectual, va centrando paulatinamente alrededor de una área específica del conocimiento, un tema o algún fenómeno de la realidad.

El haber realizado el servicio social en el Instituto Mexicano del Petróleo en la última fase de la carrera, dió oportunidad de seguir trabajando en el área de Diseño de Ingeniería de Proyectos, haciéndose patente la necesidad de hacer una propuesta (proyecto de tesis), eligiendo un tema relacionado con el área de trabajo (Planeación y Programación de Proyectos). En realidad hay pocos trabajos de este tipo desarrollados, cuyo enfoque está orientado más hacia la parte teórica, dejando un tanto aislada la parte de aplicación (lo que a menudo llamamos "práctica"). En la propuesta se hace notable, la importancia de aplicar los conceptos teóricos a problemas reales como lo es la Planeación y Programación de la Ingeniería de Proyecto para una Planta Industrial Petroquímica. Se profundiza en lo referente a la esencia de la Programación: La asignación de recursos, empleando métodos que son totalmente prácticos y apegados a las reales necesidades de una firma de Ingeniería.

---

(6): VER REF. BIBLIOGRAFICA (8).

En la actualidad, en cualquier aspecto de la vida, y en especial el campo de la Industria de Transformación, el ser humano ha establecido una constante lucha de superación, implantando de esta forma un alto nivel de competencia: en el desarrollo de nuevas tecnologías para la generación de nuevos procesos de transformación de la materia prima, colocación en el mercado de nuevos productos, aplicación de sistemas operativos y de producción, etc.; ésto conduce al razonamiento de que para la concepción, aprobación, desarrollo y control de un fin, existe un mecanismo de planeación, coordinación y control, sin el cual dicho fin sería prácticamente imposible de cumplirse o siquiera plantearse, o aún más, proponerse.

Este mecanismo de organización en una compañía de ingeniería de diseño de proyectos comúnmente es denominado como: Administración y Control de Proyectos.

En un proyecto existen dos aspectos fundamentales, cuyas características están perfectamente definidas:

a).- Aspecto Administrativo.

b).- Aspecto Científico y/o Tecnológico (Técnico)

Estando íntimamente ligados, de la forma siguiente: - En el desarrollo de un proyecto, ya sea de investigación experimental, producción o teórico; conforme se va realizando, va atravesando por varias etapas que requieren de una planeación adecuada, de la toma de decisiones por parte del Administrador cuando así se requiera, del análisis exahustivo para consumar la parte técnica que ha sido realizada, como-

(a).- SE TRATA DE ESTABLECER, QUE REALMENTE NO IMPORTANDO LA NATURALEZA DEL PROYECTO, EXISTEN: a) Y b), SIEMPRE.

por ejemplo, el decidir quien se encargará de la fabricación de un reactor diseñado en nuestra compañía; además de una serie de actividades que los vinculan en todo momento.

Si se ejerce una buena Administración a los proyectos entonces éstos se desarrollan en forma correcta desde el -- punto de vista calendario y también económico, es decir se- cumplen los objetivos trazados originalmente, bajo los cuales fue instituído dicho trabajo.

¿Cuáles elementos son los que propician una buena administración? Indudablemente son muchos factores los que intervienen para determinarlo, por ejemplo; influye mucho la- experiencia del Gerente del Proyecto (Administrador), las - relaciones humanas, comunicación amplia con la gente que desarrolle la Ingeniería (los especialistas), etc. Pero existe un elemento fundamental para el logro de la Administración que es la Planeación y Programación de Proyectos, cuya actividad primordial es la elaboración de un plan de trabajo, es decir, un calendario del proyecto, que es el documento principal por medio del cual se va a ejercer el control (*) del proyecto, tratando de que se cumplan las fechas de inicio y terminación de las actividades a realizar para el proyecto en cuestión, generándose a partir de este programa de proyecto, una serie de documentos complementarios tales como: curvas de avance de ingeniería del proyecto, redes condensadas del proyecto, programas condensados y de avance - del proyecto, fechas clave, histograma de recursos, listado de actividades a realizar, actividades críticas, que tienen la finalidad de llevar un adecuado control del proyecto y - consecuentemente obtener tiempos y costo mínimos, suficientes para la consecución de tal fin.

(*) : EL CONTROL ES LA PREVENCION Y/O CORRECCION , QUE SE APLICA AL PROYECTO ; DE ACUERDO A UN PLAN ORIGINAL , APLICANDOSE CONSTANTEMENTE DURANTE SU DESARROLLO.

La situación actual del país, en lo referente a la riqueza de hidrocarburos, especialmente las grandes reservas-probadas, ha dado lugar a iniciativas puestas en marcha como lo es el Plan Nacional de Desarrollo que ha originado un avance notable en el aspecto científico y tecnológico. Un-Hecho es la construcción de Complejos Petroquímicos de trascendencia a nivel mundial como lo es el de la Cangrejera, - Ver., considerado como uno de los mayores del mundo (como - proyecto unitario). La iniciación de las operaciones en la Cangrejera, hasta el funcionamiento pleno de todas las plantas que integran el complejo, implican la incorporación adicional de tres y medio millones de toneladas anuales, de - muchos productos que van desde óxido de etileno y acetaldehído, hasta butano y aromáticos pesados, materias primas para la elaboración de centenares de productos útiles en nuestra sociedad. Pero todo ésto no es obra de la casualidad, hubo esfuerzos enormes que significaron muchos millones de pesos en la consecución de esta obra, y dentro de éstos está la - parte Administrativa, donde la planeación y programación tuvo una vital participación en la realización de un sin número de actividades componentes de los diversos proyectos, respondiendo a cada una de estas actividades:

El cómo, el con qué, el cuándo y el porqué.

Por lo tanto, es importante destacar la participación de la planeación y programación de los proyectos, reafirmando la importancia que tiene para una buena coordinación y - control de las funciones administrativas durante el desarrollo de un proyecto.

Estas han sido las consideraciones principales, efectuadas para fundamentar la elección del tema como proyecto de tesis.

V.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado las condiciones actuales imperantes en el Instituto Mexicano del Petróleo de tener que efectuar la Ingeniería Básica y/o Detalle para los diversos proyectos a su cargo,- se ha tenido que buscar la forma de que los proyectos se -- cumplan en las fechas y con los estimados de Horas-Hombre - planteados originalmente, es decir, que con la disponibilidad con que se cuenta y la prioridad fijada por el cliente- sea posible la realización de los proyectos en una forma - adecuada. Esto es imposible de lograrse si no se plantea - una muy adecuada asignación de los recursos con que se cuenta y además de contar con un sistema dinámico de programación de los proyectos, para poder cumplir con los compromisos contraídos en el tiempo fijado.

Los proyectos sufren considerables atrasos principalmente por una mala Administración ejercida, es decir, existe un deficiente control sobre ellos. La planeación y programación ha sido por lo tanto, deficiente, encontrando poca utilidad los programas de trabajo elaborados. Los factores principales que causan es[illegible] poca funcionalidad son los- siguientes:

a).- La forma en que han sido elaborados,es tal que - es prácticamente imposible cumplir con las fe -- chas programadas, ya que han sido determinadas - con suposiciones tales como un ilimitado número- de recursos, y sin hacer una interrelación con - los diferentes proyectos a realizar.

b).- Los programas realizados son estáticos y por lo- tanto inoperantes. Cuando existe un determinado avance, no se registra éste con la programación-

del proyecto; es decir, puede haber adelanto o - retraso para actividades secuenciadas. Al estar fijos en el tiempo no se toma en cuenta ésto y - la lógica de realización de las actividades se - pierde. Se considera a la Planeación original como programa único, sin posibilidad de revisión - conforme se actualiza periódicamente.

c).- La objetividad del programa se pierde, ya que - las actividades están señaladas en el tiempo como barras independiente, por lo que no existe una interrelación de las actividades como una red -- del proyecto que nos indica la secuencia de las- actividades. Esto origina confusión en el ingeniero especialista, que es quien realiza el trabajo, creando desinterés en las actividades que- le han sido encomendadas, causando ésto retrasos que a su vez perjudican a otras especialidades - que dependen de su información.

Debido a lo anterior, los proyectos tienen un número- excesivo de reprogramaciones tanto en tiempo calendario como en horas hombre, lo cual nos revela ineficiencia en el - control del proyecto y también trabajo deficiente del ingeniero programador.

El éxito de la Administración de Proyectos, depende - de muchos factores inherentes al desarrollo del proyecto, - por lo cual posee diversas herramientas o elementos que contribuyen individual e integralmente a la consecución de los objetivos propuestos.

Por tal motivo, y en especial para proyectos de Plantas Industriales, se ha reformado la política en cuanto al-

tipo de coordinación y control a ejercer para estos proyectos. Para tal efecto, en lo referente a Programación, se propone un nuevo procedimiento de trabajo, es decir, elaboración de programas generales del proyecto, creados por medio de un sistema mecanizado, que consiste en un paquete de Administración y Control de proyectos, cuyos elementos constituyentes son módulos que procesan la información suministrada, controlando los tres parámetros fundamentales de un proyecto: tiempo, recursos y costos. El módulo más importante es el procesador de análisis de tiempo que aplica las técnicas METRA (Métodos de evaluación de trayectorias de redes de actividades: Método de la Ruta Crítica, Técnica de Evaluación y Revisión de Programas y; Método del Diagrama de Precedencias), por medio de las cuales hace la determinación de fechas de inicio y terminación, tempranas y tardías, para cada una de las actividades que constituyen el proyecto, estableciendo de esta forma una holgura, que será el tiempo de tiempo con que contará la actividad para retrasarse sin repercutir en el inicio de actividades subsecuentes, y aún más, en la fecha de terminación del proyecto global. En función de este análisis de tiempo, existe un módulo para la asignación de recursos, con lo cual de acuerdo a la disponibilidad y a los criterios de asignación impuestos, se obtendrá un tiempo óptimo de realización del proyecto, evitando ésto una mala distribución de recursos, teniendo ahora sí, una limitante de asignación que hace que las actividades se vayan realizando en el tiempo adecuado programado. Una tercera parte fundamental de este sistema es el módulo encargado del control de costos, que lo hace de la manera siguiente: de acuerdo al avance del proyecto, registrando el total del costo del proyecto con una planeación original,

y cómo se va modificando con el desarrollo del proyecto. - Esto lo ejecuta realizando una contabilización de la cantidad de recursos consumidos a la fecha de corte y de esta manera evalúa el costo de las actividades que han sido realizadas, obteniendo el costo de la Ingeniería del Proyecto, - total y por especialidad.

De tal manera que con este Paquete de Administración- y Control de Proyectos, se proporciona un elemento valioso- de alta eficacia para las necesidades de los proyectos, como una parte de la solución del problema, que es llevar a - cabo una mejor y más eficiente planificación del proyecto en función de las necesidades y recursos que el mismo requiera. Debemos aclarar después de todo, que aunque en su origen, - el análisis de redes fue desarrollado como una técnica orientada a computadoras para la planeación, programación y control de proyectos; el término "computadora" no restringe el uso del CPM, PERT, PDM, etc., ya que sólo deben de utilizarse cuando realmente lo justifique el proyecto a realizar, - es decir que debe usarse una máquina computadora cuando se- tenga que realizar una gran cantidad de cálculos (se hable- de proyectos con cientos de actividades a realizar) o cuando resulte más barato que el emplear el recurso humano di - recto (actividad manual). De tal forma que la máquina es - tan sólo una herramienta que puede acelerar el resultado,-- sin embargo la finalidad de aplicar las técnicas de planeación y programación para alcanzar los objetivos establecidos, son siempre plantear alternativas de lo que se "debe hacer" para la realización óptima de un proyecto.

VI OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo terminal de este trabajo es la aplicación de la Planeación y Programación en el desarrollo de Proyectos de Plantas Industriales; enfocándolo hacia la obtención de:

a).- Analizar la Metodología (s) que se aplica en una firma de Ingeniería, en lo referente a la Programación de Proyectos y serle útil de alguna forma al estudiante de Ingeniería Química para complemento de su desarrollo académico.

b).- Obtener las etapas principales del proyecto (terminación de Ingeniería Básica, información para inicio de construcción, cierre de Ingeniería de Proyecto, etc.), la presentación de las actividades en una secuencia lógica en forma de red, estimando la terminación de cada una de éstas, estableciendo de esta forma la duración total del proyecto.

c).- Indicar los procedimientos para el control de un proyecto. La resolución adecuada de los problemas conforme van surgiendo, vigilar el cumplimiento de las fechas de terminación programadas, asignar los recursos necesarios y/o disponibles adecuadamente, cumplir los costos estimados del proyecto.

d).- Comparación por medio de diagramas, gráficas e histogramas de la trayectoria ideal del proyecto, con el desarrollo real del mismo, estableciendo mediante el análisis detallado, las conclusiones correspondientes.

Dada la naturaleza del proyecto elegido como tesis*, - debemos aclarar que el término "hipótesis" no es el más adecuado, ya que el objetivo es realizar un trabajo de aplicación, basado en experiencias reales y llevando a cabo la metodología que aplica en las firmas de ingeniería; y no un - proyecto de investigación experimental, por lo que este punto se omite, efectuando las actividades siguientes, en la - parte correspondiente a Desarrollo del trabajo.

Para cada capítulo:

a).- Objetivos particulares del mismo.

b).- Enfoque, procedimiento o técnica a seguir.

c).- Resúmen breve del desarrollo del mismo.

Con lo que se realacionará al final cada una de ellas, para integrar en conjunto las conclusiones generales. Portanto, consideramos conveniente no hacer un planteamiento - de lo que se va a realizar para resolver el problema, como- lo plantearía cualquier hipótesis propuesta.

(*).- TESIS SE DEFINE COMO: UNA PROPOSICION QUE SE SUSTENTA CON RAZONAMIENTOS.

VII MATERIAL Y METODO

El material existente para la realización de este trabajo es el paquete denominado: Administración y Control de Proyectos cuyos elementos constituyentes fueron descritos anteriormente, y es operado en una computadora UNIVAC 1100. Se cuenta además con la bibliografía correspondiente a la Ingeniería de Programación de Proyectos, así como material de gran importancia para desarrollo del Trabajo, que consiste en una diversidad de documentos generados por la División de Ingeniería Económica a la que pertenece el Departamento de Programación, tales como: Estimados de Horas-Hombre de Ingeniería, consumo de horas-hombre por poryecto (especialidad y global), disponibilidad de todas las especialidades involucradas en los proyectos de Plantas Industriales a diseñar, Estimado de Costos de Ingeniería, Estimados del Costo de adquisiciones de equipo y material, Programa computarizado para el cálculo de avance del proyecto, reportes de avance generados por la Gerencia de Proyecto, documentos de diferentes actividades realizadas por los especialistas, controles de equipo y materiales, registro de dibujos, etc.; que indudablemente enriquecen el trabajo a realizar por el ingeniero de programación.

El método de trabajo a seguir es el siguiente:

Planeación y Programación de un proyecto:

A) <u>Planeación del Proyecto.</u>

A1) Análisis y determinación del objetivo administrativo, técnico, científico o conceptual.

A2) Análisis de las alternativas y definición del alcance del proyecto.

a3) Estudio detallado de las actividades requeridas, sus relaciones lógicas y duración, de los

recursos humanos y financieros, técnicas de suministro, de la fecha de iniciación y terminación del proyecto.

A4) Representación manual del plan mediante un diagrama de flechas (red).

A5) Generación de la estructura de la red (Interrelación de actividades).

A6) Determinación de las fechas tempranas y tardías de las actividades (obtención del Programa del proyecto).

A7) Análisis de tiempo: listado de tiempo, de estructura, Diagrama de Gantt, etc.

A8) Aplicación de la técnica adecuada para obtención de los estimados de Horas-hombre y Costos de Ingeniería respectivamente.

A9) Análisis de Recursos: Listado de tiempos, tablas e histogramas de recursos.

A10) Análisis de Costos: tablas de Control de Costos, Especialidad y Global.

B) <u>Programación y Control de Proyecto</u>:

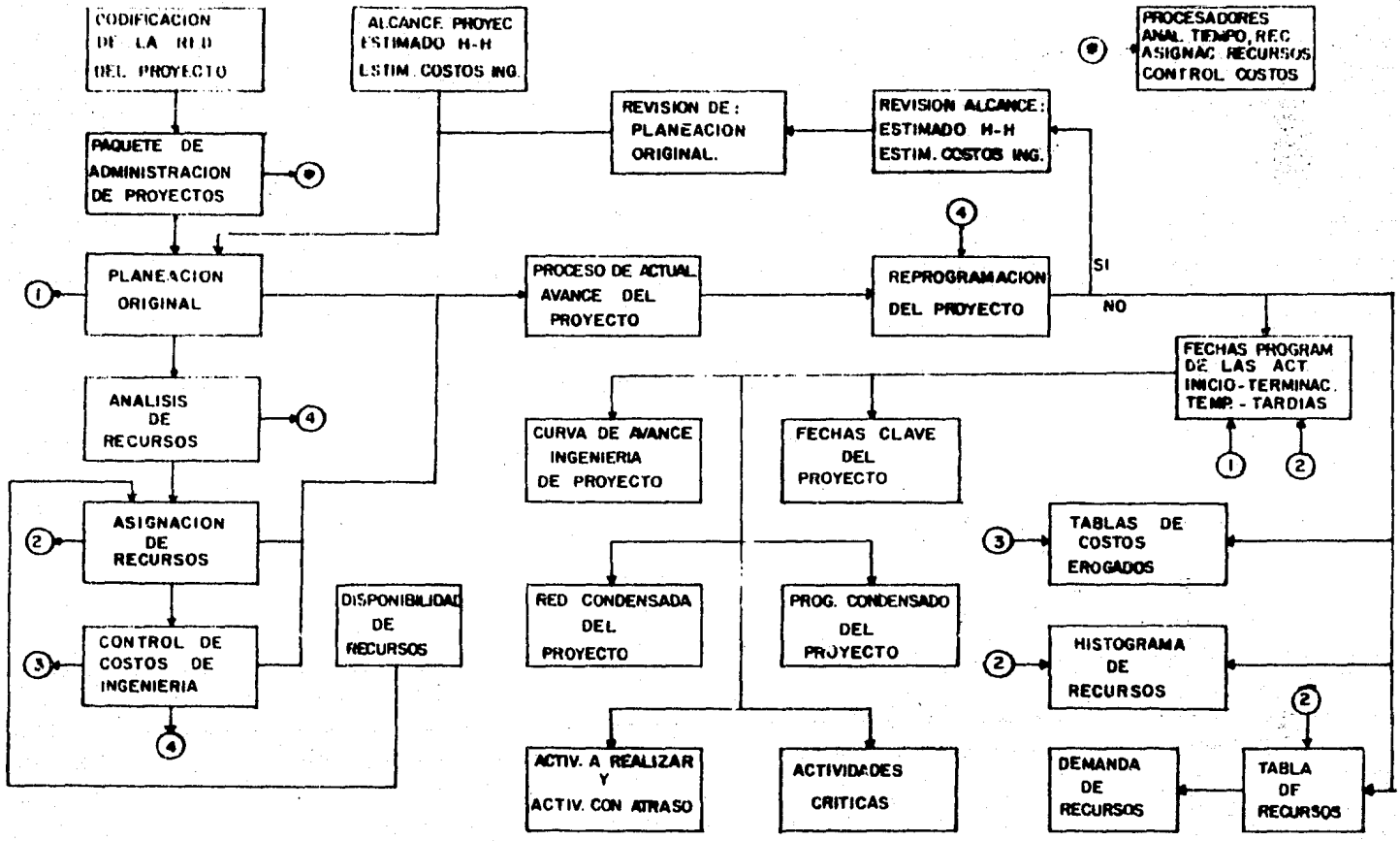
B1) Asignación de Recursos. (Disponibilidad, demanda y criterios de asignación).

B2) Control de Costos (Costos unitarios de recursos, actualización de recursos consumidos).

B3) Control de Avance del proyecto: Análisis de:
tiempo
recursos
costos

A continuación se anexa la fig. 1 que ilustra el método de trabajo propuesto.

FIG 1- DIAGRAMA DE SECUENCIAS PARA LA PROGRAMACION DE UN PROYECTO INDUSTRIAL



VIII DESARROLLO

VIII A CONSIDERACION PREVIA

VIII A CONSIDERACION PREVIA

Confirmando lo señalado en la fundamentacion del tema, lo que se pretende es realizar en este trabajo, la aplicación de técnicas y procedimientos de planeación, programación y control de proyectos, cuyas bases están plenamente establecidas; por lo tanto su enfoque es totalmente práctico, aclarando entonces que no se llevan a cabo deducciones ni demostraciones de modelos matemáticos, que hayan sido implantados al dar origen a dichas técnicas. Es precisamente, uno de los objetivos de este tesis, el de servir como propuesta para dar alternativas de solución a problemas reales en la Industria de transformación del petróleo y que demandan prioritariamente su pronta solvencia; como lo son en gran parte los programas del proyecto.

Asimismo el uso de un sistema mecanizado es con el fin de poseer una herramienta que agilice la obtención de resultados, ya que los principios en que están basadas estas técnicas de planeación, son totalmente independientes del uso de una máquina computadora. El éxito de ejercer una buena Administración en los Proyectos encomendados, es un problema substancialmente humano; las matemáticas ofrecen resultados que sirven para la toma de decisiones, pudiendo inclusive influir en el criterio del Administrador, Coordinador o Programador de algún proyecto a efectuar.

VIII B DESARROLLO DEL PROYECTO

CAPITULO 1.- La Administración de Proyectos

SUMARIO

Introducción. Descripción de un proyecto. La Administración de Proyectos. Organización. Fa - ses de un Proyecto.

INTRODUCCION.-

La Ingeniería Química como profesión, tiene como finalidad fundamental la satisfacción de necesidades humanas, por lo tanto, en las decisiones que día a día se deben tomar, influyen factores de carácter técnico, a la vez que factores económicos y humanos.

Un proyecto es una concepción de planeación que se establece para llevar a cabo una serie de actividades que permitan alcanzar un objeto previamente fijado a través del surgimiento de una necesidad.

La ingeniería de proyecto es una actividad de tipo interdisciplinario que tiene como principal objetivo optimizar la realización de proyectos industriales, en los cuales la ingeniería se debe desarrollar en el menor tiempo, al menor costo, con una alta calidad y el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales asignados para ello. Todo ésto es posible teniendo una adecuada Planeación y Programación del Proyecto. Es por ello que para lograr estos objetivos, debe existir una entidad (grupo o persona), que se avoque a la tarea de coordinar todos los esfuerzos hacia un fin común: la realización óptima del proyecto. Esta entidad es la encargada de vigilar que los recursos tanto humanos como materiales se asignen de la mejor manera posible, de tal suerte que se cumpla con la obtención de tener resultados previstos, en el menor tiempo, al menor costo y la calidad deseada. Esta entidad cuyas funciones principales son: "Planear y programar" los recursos y "coordinar" la realización de todas las actividades, constituye lo que conocemos comúnmente como: Grupo de Administración del Proyec

te, que es representado por lo que denominamos: "Jefe, Gerente, o Administrador de Proyecto".

En este capítulo se trata de dar una visión general de lo que es la Administración en una firma de Ingeniería de Proyectos. Definiendo primeramente lo que es un proyecto y su clasificación. Asimismo se describe el significado de una planta industrial, así como el objetivo de la Ingeniería de Proyecto. A continuación se señala la importancia que tiene en el desarrollo adecuado de un proyecto Industrial, la Administración de proyectos; haciendo un breve resúmen de los elementos que la constituyen así como del proceso cíclico administrativo que involucra la ejecución de un proyecto.

Es necesario resaltar la importancia de la organización como función administrativa al estructurar los diferentes tipos organizacionales que se adoptan principalmente en una empresa de Ingeniería para el buen desarrollo de los proyectos, reuniendo para ésto los recursos disponibles en forma ordenada y definiendo un arreglo para las personas en un modelo funcional aceptable de tal manera que se interrelacionen para que puedan realizar las actividades requeridas.

Finalmente se mencionan las diferentes fases que componen un Proyecto Industrial:

- Los estudios de factibilidad.
- La Ingeniería de Proyecto.
- La Instalación y montaje.
- Puesta en marcha y operación.

Y es precisamente la etapa de Ingeniería la que reclama mayor interés desde el punto de vista PLANEACION Y PROGRAMACION de proyectos, que como elementos de la Administración de Proyectos, Constituyen el fundamento principal del desarrollo de este trabajo de tesis y cuyos principios y técnicas de aplicación se desglosan detalladamente en los capítulos posteriores.

DESCRIPCION DE UN PROYECTO

DEFINICION DE PROYECTO

Es realmente complejo hacer una definición exacta de lo que es un proyecto.; sin embargo, existen deversas opiniones que tratan de describirlo. Un proyecto es:

1).- Un conjunto de actividades.

11).- La expresión de un deseo, requerimiento o necesidad (personal o de conjunto), en un tiempo dado.

111).- El logro de objetivos definidos y cuya realización es finita, única y no repetible.

1V).- Un grupo de funciones realizadas por organizaciones o individúos para el logro de un producto,u-objetivo.

Lo anterior permite señalar que en un proyecto, existe una necesidad por parte de un organismo; que se compone de actividades para lograr una meta o fin establecidos en un tiempo definido. Por lo tanto nuestra definición de proyecto es la siguiente:

Un proyecto es una serie de actividades interdiciplinarias realizadas por una organización, las cuales consumen diversos recursos (humanos y materiales) y que tienen como finalidad cumplir con los objetivos definidos, programados y presupuestados, bajo los cuales fue instituído dicho trabajo.

ELEMENTOS DE UN PROYECTO

De las definiciones citadas anteriromente, se puede -

concretizar un aspecto básico, el cual consiste en reducir el concepto de proyecto a una unidad dirigida a orientar la realización del objetivo fijado, a la producción generalmente de bienes o servicios determinados.

Estas unidades pueden estudiarse aisladamente, siendo sus elementos fundamentales:

- El producto que se espera indentificado en cantidad y calidad.
- El proceso de transformación elegido.
- La organización de la empresa responsable del proyecto.
- La ubicación física y funcional.
- La inversión que se ha de realizar y su financiamiento.

CARACTERISTICA DE UN PROYECTO

Para poder realizar una clasificación de los proyectos, es necesario determinar algunas características de los mismos, que nos proporcionen elementos de juicio adecuados, a saber:

1.- Carácter del proyecto. Se considera un proyecto de carácter económico cuando la decisión final de realizarlo se hace en base a una demanda real, capaz de pagar el precio del buen producto. Si por el contrario, el precio o parte de él será pagado por la sociedad, el carácter del proyecto será social.

2.- Naturaleza del proyecto. Depende básicamente del carácter del proyecto, pudiendo ser de implantación, de ope

ración o de una combinación de ambos.

3.- Categoría del proyecto. Depende esencialmente del sector de la economía al que pertenezcan:

a).- Producción de bienes: industriales, agrícolas, - mineros, pecuarios.
b).- Infraestructura: Energía, transportes, comunicaciones.
c).- Social: Salud, vivienda, educación.
d).- Prestación de Servicios: Personal, técnico, material, institucional.

4.- Tipo de Proyecto. Es lo que define dentro de cada categoría, a cada proyecto específico. Por ejemplo, una planta de proceso podría inscribirse dentro de la categoría de Producción de bienes Industriales.

CLASIFICACION DE LOS PROYECTOS.

La clasificación que a continuación se presenta, co - rresponde a la división más generalizada de la economía en sectores de producción. Este enfoque permite clasificar a los proyectos en:

- Agropecuarios. Abarcan todo el campo de la producción vegetal y animal.

- Industriales. Comprenden toda la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos extractivos de la pesca, agricultura y actividad pecuaria.

- De Infraestructura Social. Atienden necesidades básicas de la población, como la salud, la educación, el abastecimiento de agua potable.

- De Infraestructura Económica. Incluye los proyectos de unidades directa o indirectamente productivas que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios de utilidad general: energía eléctrica, transporte y comunicaciones.
- De servicios. Tienen el propósito de prestar servicios de carácter personal, material o técnico, ya sea mediante el ejercicio personal o a través de instituciones. Comprenden trabajos de investigación tecnológica o científica, los servicios sociales,etc.

PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES.-

Una Planta Industrial en términos generales es la instalación física requerida,donde se lleva a cabo la transformación de materias primas, obteniéndose un producto determinado con las especificaciones y control requeridos para satisfacer las necesidades del sector social que lo requiera. Por lo tanto un proyecto de una planta industrial es el conjunto de actividades de diversa naturaleza que se llevan acabo con el objetivo de efectuar el diseño, desarrollo y erección de una planta nueva; el diseño,o erección de una adición a una planta ya instalada;o el arreglo y modernización o rehabilitación de una planta que ya operaba. Para el caso específico de nuestro trabajo, los proyectos de plantas industriales se efectúan para obtener una diversidad de productos que se derivan de la transformación que se hace a los hidrocarburos que componen el petróleo, a través de las instalaciones industriales ya descritas anteriormente.

INGENIERIA DE PROYECTO

La Ingeniería de Proyecto en el desarrollo de instalaciones industriales, se considera en un proyecto como el eslabón que permite el paso de la concepción técnica inicial a una realidad física Industrial. Es decir, es una actividad de tipo interdisciplinario, que tiene como objetivo optimizar la realización de proyectos industriales, en los que la Ingeniería se debe desarrollar en el menor tiempo, al menor costo, alta calidad y el mejor aprovechamiento de los recursos y materiales asignados para ello. Fundamentalmente centraliza sus actividades para el mejor desarrollo del proyecto en las etapas de diseño, instalación, puesta en marcha y funcionamiento.

Siendo la Ingeniería de proyecto como ya se mencionó, una actividad interdisciplinaria, en la cual se canaliza una serie de esfuerzos de un grupo de trabajo con diferentes actividades de ingeniería hacia el logro de un fin común. Es por ello que para alcanzar las metas establecidas, dentro de las limitaciones de recursos humanos y materiales debe existir una entidad (ya sea grupo o persona) que se avoque a coordinar todos los esfuerzos hacia el logro de los objetivos. Esa entidad cuya función dentro del proyecto es "Planear y Programar" los recursos y "coordinar" todas las actividades, constituye el grupo de administración del proyecto.

El grupo administración del proyecto independiente como se integra, siempre tendrá como responsable a un jefe, al que se le denomina "Jefe de Proyecto", "Gerente de Proyecto" o "Administrador de Proyecto".

LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS

CONCEPTO DE ADMINISTRACION

La Administración es un proceso encadenado de accio - nes personales, con una dirección o un fin específico.

La Administración aparte de contener elementos de conocimiento y por ende, dominio de campos específicos, tam - bién posee elementos de atributos individuales de las personas como lo es la habilidad, la personalidad, etc. Se ha - bla entonces de que la Administración puede inclusive ser - un arte, ya que arte es todo aquél procedimiento usado para obtener un fin, sea éste técnico, moral, económico, etc.

La Administración sirve para lograr resultados y objetivos a través de las personas. Es decir: Hacer algo,a través de alguien.

Es indiscutible que quien realiza por sí mismo una - función no merece ser llamado 'Administrador', pero desde - el momento en que delega en otros, determinadas funciones,- siempre que éstas se desarrollen en un organismo social, dirigiendo y coordinando la que los demás realizan, comienza- entonces a recibir el nombre de Administrador.

La sociedad es por lo tanto el objeto sobre el cual - recae la Administración. Lo cual no sólo suma, sino que - multiplica a veces de manera notable, la eficiencia de la - energía individual. Por ejemplo podemos mencionar la capacidad de una industria moderna, sobre todo en el trabajo de serie, que tiene para conseguir con la unión de varios mi - les de hombres debidamente organizados y dirigidos, no el nú

mero de unidades que cada uno de ellos podría producir en un tiempo determinado, sino un número infinitamente mayor.

La Administración busca en forma directa, la obtención de resultados de máxima eficiencia en la coordinación y sólo a través de ella. Esto se refiere a la máxima eficiencia o aprovechamiento de los recursos existentes.

El buen Administrador no lo es precisamente por ser un buen Contador, buen Ingeniero , buen Econimista, etc., sino por cualidades y técnicas que posee específicamente para -- coordinar a todos esos elementos en la forma más eficiente. La coordinación es considerada por ello, como la esencia -- misma de la Administración, por la mayor parte de las autoridades de importancia afin.

En resumen, de acuerdo a los elementos descritos anteriormente, se puede definir a la Administración como: 'El - conjunto sistemático de reglas para lograr la máxima efi- - ciencia en las formas de estructurar y manejar un organismo social'[8] es decir, la Técnica que busca lograr resultados - de máxima eficiencia en la coordinación de las cosas y personas que integran una empresa.

ADMINISTRACION DE PROYECTOS.

Partiendo de la definición general de Administración,- en el caso específico de la Administración de Proyectos, -- ese eficiencia a través de la coordinación, tiene como objetivo fundamental el desarrollo óptimo de un proyecto tipo - industrial, en los que la ingeniería se debe desarrollar en el menor tiempo y costo, y con una alta calidad. Para lo - grar ésto, necesita llevar a cabo las siguientes activida -

(8) VER REF. BIBLIOGRAFICA (10) CAPIT. 1.

des: *

- Selección de los objetivos del proyecto.
- Determinación de lo que se requiere para alcanzar - esos objetivos.
- Asignación juiciosa de los recursos necesarios para realizar los objetivos.
- Ejercer un control adecuado desde el inicio del proyecto y a través de su desarrollo.

ELEMENTOS DE LA ADMINISTRACION

La Administración comprende el uso de una serie de políticas y estrategias con la finalidad de alcanzar un objetivo específico, aprovechando al máximo los recursos materiales, financieros y humanos. Para conseguir lo anterior la administración se ha seccionado por sus funciones principales en:

- PLANEACION.
- ORGANIZACION.
- DIRECCION.
- CONTROL.

El análisis de cada uno de estos elementos merece un - estudio detallado en especial, máxime para empresas en las que el volúmen de recursos que se tienen que coordinar para la realización de las actividades es muy grande, tal como - sucede en una firma de Ingeniería.

El alcance de este proyecto de tesis es precisamente un estudio detallado de la PLANEACION en el desarrollo de -

(6) - VE . REF. BIBLIOGRAFICA (6) CARREA .

Proyectos de Plantas Industriales. Por lo tanto daremos una breve descripción de lo que involucra cada uno de estos elementos descritos.

La Planeación ayuda a definir exactamente los resultados que se pretenden alcanzar. A través de la planeación se determinan los recursos que se van a emplear, el tiempo estimado para alcanzar los objetivos y el costo que implican las actividades a realizar. Por lo tanto, desde el punto de vista tangible, la planeación es la base de la Administración en lo que corresponde a su estructura y junto con el control, constituyen el punto que cierra y retroalimenta el ciclo administrativo.

Comprende por lo mismo de tres etapas:

- Políticas: principios para orientar la acción.
- Procedimientos: secuencia de operaciones o métodos.
- Programas: fijación de tiempos requeridos con recursos y costos.

La Organización se encarga de analizar todas las actividades que son necesarias para conseguir los objetivos, las clasifica y ordena de acuerdo a su naturaleza y a las relaciones que guardan entre sí. A la organización le corresponde la asignación de los recursos humanos para las actividades formando unidades trabajo-persona; así como la formación de una estructura que define líneas de autoridad-responsabilidad que regirán las relaciones formales de la empresa.

Se advierten claramente tres etapas:

- Jerarquías: fijar la autoridad y responsabilidad co

rrespondiente a cada nivel.

- Funciones: Cómo deben dividirse las grandes actividades especializadas para lograr el fin general.
- Obligaciones: las que tienen en concreto cada unidad de trabajo suceptible de ser desempeñada por una persona.

La dirección tiene la función de guiar al elemento humano para que desempeñe su trabajo de acuerdo a los objetivos previstos. La dirección incluye la difícil tarea del manejo del elemento humano, quien es el que proporciona el dinamismo a toda organización.

Por lo tanto, comprende las siguientes etapas:

- Mando o autoridad: cómo delegarla y ejercerla.
- Comunicación: las órdenes de acción necesarias, debidamente coordinadas a todos los elementos que deben conocerse en un organismo social.
- Supervisión: Ver si las cosas se hacen tal como se habían planeado y solicitado.

El control es la función administrativa que nos ayuda a comparar los resultados obtenidos con los que se establecieron en la planeación. Las técnicas de control tienen como finalidad detectar las posibles desviaciones que nos alejen de las metas previstas para hacer el pronóstico de las causas y tomar las medidas correctivas adecuadas. De esta forma se retroalimenta el proceso de la administración.

Lo constituyen por lo mismo tres etapas:

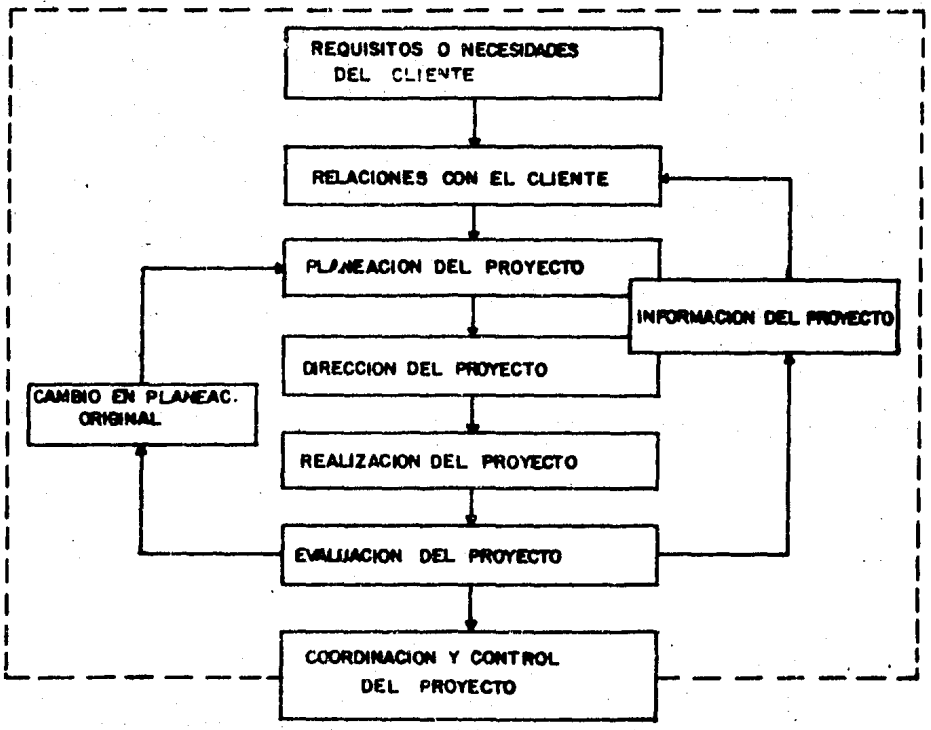
- Establecimiento de normas: Para poder hacer la comparación que es la base de todo control.

- Operación de los controles: es una función propia de los especialistas en cada uno de ellos.

- Interpretación de resultados: es una función administrativa, que vuelve a constituir un medio de planeación.

PROCESO EN LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS.

(Fig. 1.1)



- Requisitos del cliente: Todo proyecto tiene un 'cliente'. El proyecto se genera y se realiza de acuerdo a las necesidades del cliente, por medio del establecimiento de un contrato en el que se establecerá primordialmente cuales son sus requerimientos y especificaciones, debiendo quedar claro cual es el 'alcance del proyecto', con los parámetros de tiempo, costo, formas de pago, así como las características del producto deseado.

- Relaciones con el cliente: se establecen a través de un representante del mismo, el cual se localizará durante el desarrollo del proyecto en la sede de la firma de ingeniería. El jefe de proyecto es el nexo con el residente del cliente, coordinando de esta forma las actividades del cliente y las personas involucradas en el desarrollo del mismo.

- Planeación del proyecto: Es la función administrativa que define cuales son los objetivos del proyecto el qué hacer y cómo hacerlo. Determina que actividades se van a realizar, en cuanto tiempo y cuando y su costo respectivo.

- Dirección del proyecto. Es realizada por el Administrador sobre los miembros y organización que forman parte del equipo asignado, vigilando el buen desarrollo del proyecto, así como las fechas límite dentro de los presupuestos correspondientes.

- Realización del Proyecto: Es la asignación de los cometidos o tareas a cada uno de los departamentos involucrados, en donde se supervisarán estas tareas específicas del proyecto para que se relacionen y dentro de los plazos adecuados de acuerdo con el

presupuesto y en concordancia con las definiciones y especificaciones preestablecidas.

- Evaluación del proyecto: Es la comparación por medio de las Técnicas adecuadas del progreso o avance del proyecto con el correspondiente plan trazado originalmente del mismo.

- Cambios en Planeación original: Cuando el resultado de la evaluación no es todo lo bueno que se esperaba, existe la alternativa de hacer lo que se llama 'actualizar' o reprogramar el proyecto o también puede surgir la necesidad del cliente de cambiar el alcance del proyecto.

- Información del proyecto: El jefe de proyecto es responsable de informar al cliente y a otras personas interesadas sobre los adelantos realizados así como las causas de retrasos existentes, promoviendo de esta manera un mejor entendimiento del mismo, ayudando a resolver los problemas que surjan durante la realización.

- Coordinación y Control del Proyecto: Como se observa en la Fig. 1.1 todas las actividades descritas quedan englobadas en este punto y como hemos señalado es responsabilidad que recae en el grupo de Administración del proyecto. La coordinación y control del proyecto permitirá vigilar que se cumpla con los objetivos de acuerdo a lo programado, optimizando los recursos existentes.

ORGANIZACION

DEFINICION DE ORGANIZACION

"Organización es la estructura técnica de las relaciones que deben existir entre las funciones, niveles y actividades de los elementos humanos y materiales de un organismo social, con el fin de lograr su máxima eficiencia dentro de los objetivos y planes señalados".*

La organización se basa en los objetivos establecios- por la planeación y se justifica en la existencia de un trabajo a desarrollar. Consecuentemente en la organización se diseña una estructura que define la división del trabajo, la asignación de las funciones, la creación de unidades con actividades similares, la delegación de autoridad con la correspondiente aceptación de responsabilidad, el medio físico -- donde se desarrollará el trabajo y hasta las relaciones tanto formales como informales que se propiciarán en torno a la estructura.

PRINCIPIOS DE LA ORGANIZACION

Para tener una organización adecuada es necesario vigilar que se cumplan los principios básicos, en los cuales- está fundamentada:

- La especialización. Con ésta se obtiene una mayor- eficiencia en la actividad a realizar.
- La unidad de mando. Para cada función debe existir un solo jefe.
- El equilibrio entre la autoridad-responsabilidad -- contraídas.

(5) VER REF. BIBLIOGRAFICA (n) CAPITULO 7.

- El equilibrio de dirección. Para cada grado de delegación, existe una correspondencia en el establecimiento de los controles adecuados para asegurar la unidad de mando.

SISTEMAS DE ORGANIZACION

Los modelos existentes en materia de organización responden a las necesidades de cada empresa en cuanto a su actividad principal, tamaño, tipo de productos o regiones en las que opera. En nuestro caso, el enfoque dado a este trabajo, nos lleva a la consideración de que la Empresa está orientada al desarrollo de Ingeniería de Proyectos Industriales, por lo que debido a la diversidad de funciones que realiza y la cantidad de recursos disponible, requiere de un tipo de organización tal que se adapte a las necesidades de los proyectos que lleva a cabo.

Los tipos de Organización que más frecuentemente se encuentran en las compañías de Ingeniería son: Organización funcional, Organización por grupo especial y la Organización Matricial.

ORGANIZACION FUNCIONAL

Su principio radica en la división del trabajo de acuerdo a las funciones y actividades que se realizan en la Empresa. Es decir que en esta estructura la organización se divide en grupos, que son responsables de todos los proyectos que desarrolla la firma de ingeniería en su especialidad correspondiente. A estos grupos se les denomina unidades funcionales y su jerarquización debe hacerse según el grado de autoridad que posee y su denominación debe repre -

sentar el trabajo que en ella se realiza. Por ejemplo podemos mencionar las siguientes unidades funcionales:

- Subdirección de Ingeniería de Proyectos Industriales.
- Gerencia de Servicios Técnico-Económicos.
- División de Ingeniería Económica.
- Departamento de Estimaciones y Control de Costos.
- Oficina de Estimación de horas-hombre y Costos de Ingeniería.

Esta denominación es la que rige las líneas de autoridad y comunicación formal. En general, las unidades funcionales están a cargo de profesionales especializados que orientan y dirigen a sus subordinados, resolviendo en conjunto los problemas técnicos que pudieran presentarse.

El adoptar una organización funcional presenta las siguientes ventajas:

- Alto nivel de especialización del personal.
- Mejora de la cantidad de trabajo aprovechando la experiencia de los especialistas.
- Existe un control más estricto de las unidades funcionales (grupos o departamentos).

Las desventajas de este tipo de organización son las siguientes:

- La especialización no permite al personal tener una visión general del trabajo en conjunto.
- No existe comunicación fluída entre las diversas unidades funcionales.
- Se dificulta la coordinación de las actividades.
- Los jefes de menor jerarquía se dedican más al desempeño de sus funciones que por el logro de los objetivos generales de la empresa.

A continuación en la figura 1.2 se ejemplifica una organización tipo funcional.

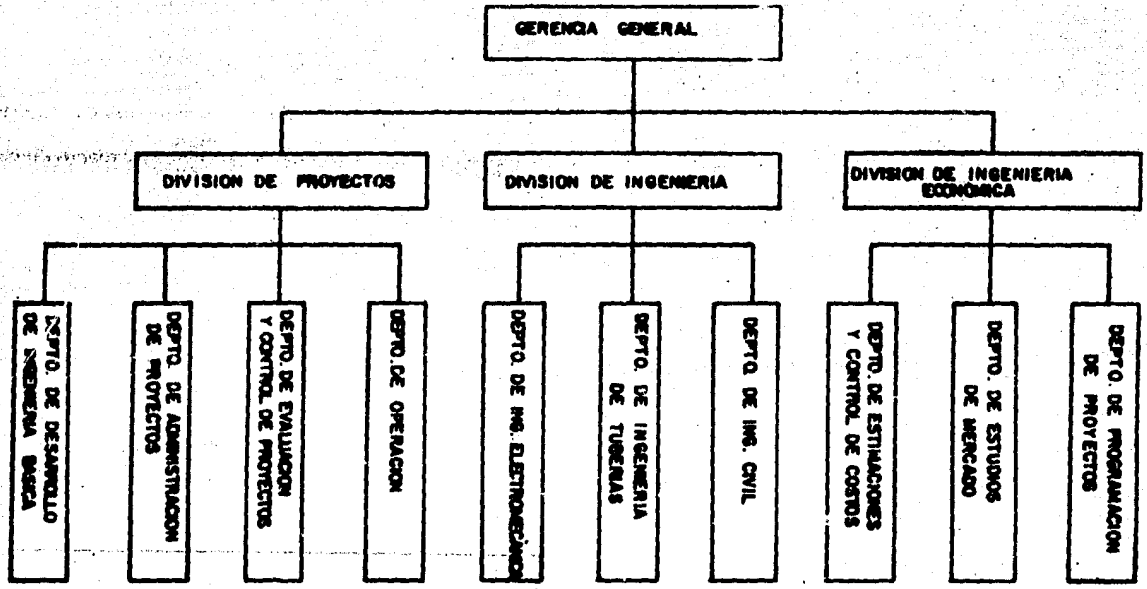


FIG. I.2 - ESQUEMA DE UNA ORGANIZACION FUNCIONAL

ORGANIZACION POR GRUPO ESPECIAL

En general, una empresa decide utilizar este tipo de organización por grupo especial o 'proyectizada', cuando se ha establecido un contrato a precio fijo con el cliente; en el cual el tiempo de entrega es inaplazable, hay grandes -- riesgos financieros, obtención de resultados confidenciales, etc.

En este tipo de organización el Jefe de Proyecto se - le Faculta de considerable autoridad, pudiendo adquirir recursos dentro y fuera de la organización.

Todo el personal asignado al desarrollo del proyecto está bajo la autoridad directa del jefe de proyecto, formando una sola unidad multidisciplinaria. Las ventajas de los grupos de proyecto son:

- La singularidad del objetivo y la unidad de mando.- Creando de esta forma un espíritu de grupo que beneficia el desarrollo del proyecto.
- El jefe de proyecto tiene todos los recursos necesarios bajo su control directo para la consecución de los objetivos fijados.
- Se facilita la comunicación y coordinación. Conduciendo ésto a un mejor control del proyecto.
- No hay fugas de responsabilidad.
- El tiempo de entrega se minimiza al contar con un - grupo de trabajo dedicado exclúsivamente al proyecto, lo cual produce una mayor eficiencia en la consecución del mismo.

El grupo especial no es sin embargo una solución perfecta a todos los problemas administrativos del proyecto, -

ya que como desventajas del mismo se puede mencionar las siguientes:

- Menor especialización del personal.
- El grupo de trabajo requiere de elementos con una gran experiencia.
- La formación de varios grupos especiales simultáneamente puede perjudicar la estructura funcional con que regularmente operan las compañías de Ingeniería.

A continuación se ilustra un esquema con este tipo de organización (Fig. 1.3).

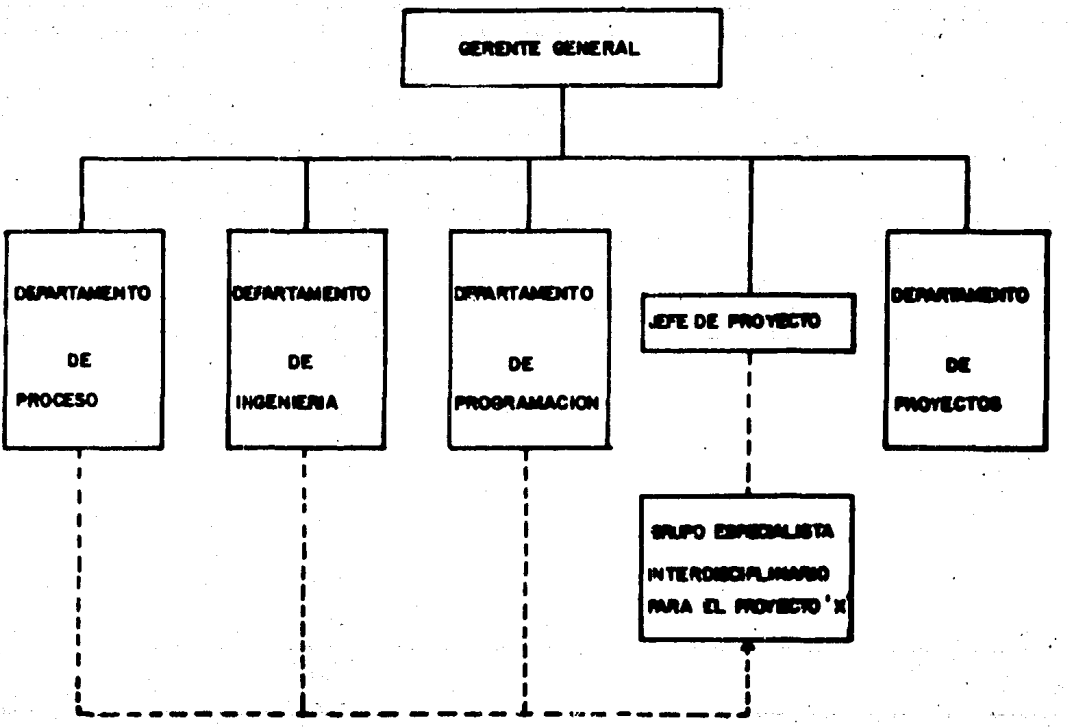


FIG. 1.3. ORGANIZACION POR GRUPO ESPECIAL

ORGANIZACION MATRICIAL

Este tipo de organización es una estructura multidimensional que trata de conjuntar las ventajas que presentan -- tanto la Organización funcional como la Organización por -- grupo especial. La organización matriz combina la estructura de jerarquía vertical 'estándar', establecida por los jefes de las unidades funcionales, con la estructura superpuesta horizontal o lateralmente con un coordinador o jefe de - proyecto.

Los principales beneficios de una organización de este tipo sobre todo en empresas cuyas organizaciones son - - grandes y complejas, son el balance de objetivos: los técnicos a través de líneas departamentales y los objetivos del- proyecto a través de la visión multidisciplinaria del coordinador o jefe del proyecto. En este tipo de organización- se deben definir claramente las funciones, autoridad y responsabilidad de cada uno de los integrantes del proyecto -- para evitar conflictos probables. El jefe de proyecto especifica qué se debe hacer, por lo tanto, es un elemento vi - tal dentro del modelo de organización matricial, ya que de- su habilidad para coordinar el trabajo de los especialistas, motivando a gente que no depende directamente de él, dependerá el éxito del proyecto y que éste termine dentro de los límites planeados de costo y tiempo. Asimismo el departa - mento funcional se responsable de cómo se hace el trabajo;- para ésto debe de contar con un programa de asignación de - recursos, para que pueda cumplir con los requerimientos de- varios proyectos simultáneamente, teniendo presente la prioridad que la empresa designe a los proyectos.

Resumiendo podemos ver las ventajas que se obtienen - con la organización matricial:

- Responsabilidad directa tanto de las actividades de cada especialidad como por el avance general del -- proyecto.
- Se conserva el alto grado de especialización y la - experiencia es aprovechada al máximo en proyectos - subsecuentes.
- Control especial por proyecto debido a la existen - cia de un jefe de proyecto.
- Posibilidad de manejar varios proyectos simultánea- mente.

Desventajas que se encuentran en la organización ma - tricial:

- La comunicación entre unidades funcionales no es óp timo.
- El éxito del proyecto depende en gran parte de la - habilidad y capacidad del Administrador.
- Excesiva carga de trabajo en alguna unidad funcio - nal, desencadena atraso en alguno o varios proyec - tos dependiendo de la etapa en que se encuentren.
- Frecuentes conflictos entre jefes de proyecto-jefes de unidades funcionales (Departamentos).

A continuación en la figura 1.4 se ilustra una organi zación tipo matricial.

ALTERNATIVAS DE SELECCION

En realidad no existe estructura organizacional que se considere la más adecuada para administrar proyectos. Por- ejemplo, todos los servicios de apoyo tales como unidades - de información, servicios de mantenimiento, administrativo, etc., son manejados funcionalmente. Los grupos especiales- o por proyecto se pueden utilizar para proyectos urgentes -

y/o pequeños pero importantes. Finalmente la organización-funcional se recomienda para multiproyectos de gran tamaño-y con un tiempo de realización no muy bien definido.

La conveniencia de utilizar uno u otros tipos de organización está dada en función del tipo de proyecto, características de las actividades, prioridad y recursos asignados, así como la fecha de terminación.

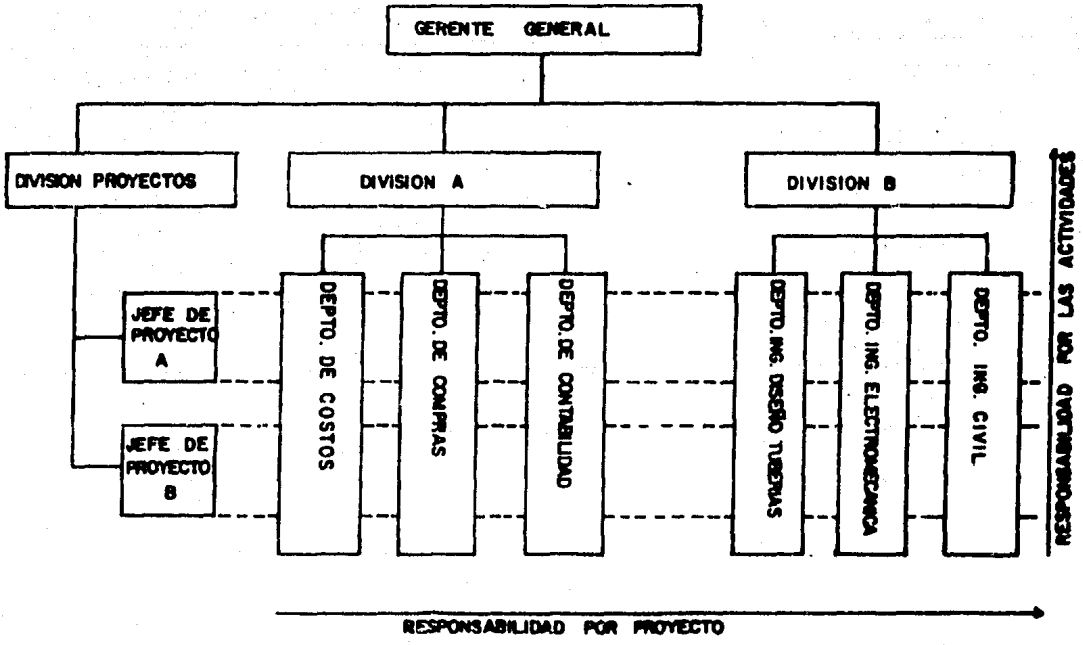


FIG. 1.4. ORGANIZACION MATRICIAL

FASES DE UN PROYECTO

FASES DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

Un proyecto tiene un período de vida finito y bien definido, que incluye en términos generales en forma secuenciada las siguientes fases:

- Conceptos: necesidad por parte del cliente. Inicio del proyecto.
- Definición: Determinación de los objetivos (planeación del proyecto).
- Desarrollo: (Diseño detallado de la Ingeniería del proyecto).
- Construcción: (Colocación, montaje, interconexión y arranque del proyecto).
- Operación: (uso y mantenimiento). Terminación del proyecto.

Dentro de esta secuencia se puedan hacer múltiples divisiones de las diferentes etapas que se han de realizar para elaborar un proyecto y puede decirse que existen tantas variantes en la secuela de un proyecto, como el número de ellos que pueden existir. En términos generales es posible establecer la siguiente sucesión de etapas necesarias para el desarrollo de un proyecto industrial:

CONCEPCION DE UN PROYECTO

En esta etapa se hace la identificación de la idea y se formula una concepción general de lo que se pretende alcanzar.

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

La factibilidad del proyecto lo constituyen los estu-

dios que permiten hacer un análisis técnico-económico del - proyecto, para lo cual hay que tomar en cuenta fundamentalmente: Los costos de producción constituídos por todos los- gastos, tanto por los fijos como los variables desde la inversión inicial hasta los gastos de operación directos e indirectos, tomando en cuenta la utilidad esperada.

Los estudios de factibilidad en forma general, constan de las siguientes etapas:

- INVESTIGACION PRELIMINAR: Consiste en un primer -- análisis de manera muy general. En esta etapa se - realiza un estudio breve con la información existente y disponible que permite plantear alternativas de solución y encontrar que por lo menos una de ellas- es tecnica y económicamente viable. Comprende:

- Estudio de Mercado: Estima la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a diferentes precios. Abarca calidades y tipos del producto, oferta y demanda, consumo, mercado interno y externo, materiales, tendencias, capacidad- de producción para satisfacer la necesidad.

- Investigación Tecnológica: Realiza un estudio de la Tecnología disponible, haciendo la investigación - del proceso más viable valiéndose para ello de la - investigación bibliográfica y trabajo de laboratorio y teniendo como fin el determinar si se puede - fabricar el producto y cuales son sus rendimientos. En base a lo anterior se elabora una relación de -- los recursos materiales, humanos, además del equipo que se ha de utilizar.

- Localización Tentativa: Analiza las variables que determinan el lugar donde el proyecto puede lograrla máxima tasa de utilidad, el costo unitario mínimo y mayores beneficios sociales. Este punto es muy importante ya que las conclusiones del estudio de factibilidad son muy sensibles a variaciones de ubicación, de planta.

- Evaluación Económica Preliminar: Se basa en el estudio de mercado, ve los factores de producción que se usarán. El punto de vista utilizado en el análisis para determinar el precio del producto puede ser empresarial o social, estimando beneficios que lo hacen rentable, y los incentivos fiscales o de otro tipo, necesarios.

- Posibilidades de Financiamiento: Determina los recursos necesarios en las etapas de implantación y operación, basándose en el monto de la inversión; investiga las fuentes de financiamiento y sus políticas de préstamo; calcula la rentabilidad del proyecto considerando los ingresos para preveer necesidades y poder obtener los recursos financieros necesarios.

- Evaluación Técnico-Económico Final: Desarrolla los estudios elaborados en la investigación preliminar con la información última existente, en forma más detallada y con la inclusión de un programa de financiamiento e inversiones, presentando conclusiones que evalúan diferentes alternativas de tal manera que permitan tomar una decisión final. De aquí el cliente toma los datos necesarios y expresa su deseo sobre la conveniencia de autorizar tiempo, hombres y dinero para la ejecución del proyecto.

DEFINICION DEL PROYECTO

Es en esta etapa de definición del proyecto donde el jefe del proyecto establece de una manera formal toda la información necesaria que servirá retroalimentación para el desarrollo del proyecto. Se establecen en forma clara y precisa los requisitos del cliente que dieron lugar a los estudios de factibilidad anteriormente descritos. En esta etapa se lleva a cabo la planeación de actividades a desarrollar. El jefe de proyecto emite las bases técnicas que permiten cumplir con los requisitos del proyecto:

- Bases de diseño: Es el documento en el que se establecen todas las características técnicas que definen los objetivos del proyecto. En ellas se establecen las bases para cada uno de los departamentos funcionales, empezando por la parte correspondiente al proceso, especificaciones y condiciones de las alimentaciones y productos que darán los lineamientos técnicos durante el desarrollo del proyecto y posteriormente en su etapa constructiva.
- Requisitos del Proyecto: Los constituyen los requerimientos Técnicos y de recursos para la elaboración de las actividades del proyecto y se establecen a partir de las bases de diseño.
- Planeación del proyecto: Inicia cuando están establecidas las necesidades por el cliente y los objetivos por el jefe del proyecto. Se efectúa la junta de arranque y se establece el alcance del proyecto y el cliente ha aceptado el contrato para llevarse a cabo dicho proyecto. Se convoca posteriormente a una junta con las especialidades involucradas don

de se definen las actividades a realizar por c/u de ellas, estableciendo un programa preliminar y su correspondiente estimado de horas-hombre.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Tal y como su nombre lo establece, implica llevar a cabo todas las actividades técnicas del proyecto, es decir, se efectúa el diseño de la Ingeniería del proyecto. Se divide en diferentes etapas:

- Ingeniería Básica: Consiste en el desarrollo técnico del proceso, donde se asegura un arreglo del flujo del mismo, económico y balanceado, que cumple con las condiciones de operación de la planta.

En esta etapa se efectúa el diseño del proceso que involucra la realización de las actividades siguientes:

Bases de Diseño.

Balance de Materia y Energía y Diagramas de Proceso.

Diagramas de Tuberías e Instrumentación.

Diagrama de Balance de servicios auxiliares.

Plano de Localización General.

Hojas de Datos de Equipo.

- Ingeniería de Detalle: El desarrollo de esta etapa es lo que va a permitir elaborar el diseño de la construcción de la Instalación Industrial y sus servicios auxiliares, siendo esta etapa la de mayor interdisciplinariedad en cuanto al Desarrollo del Proyecto.

Esta etapa comprende las siguientes actividades:

Especificaciones generales.
Especificaciones de Materiales y equipo.
Diseño Mecánico de equipos de proceso.
Diseño Civil: cimentaciones de equipo, estructuras, - edificios, soportería de tubería, pilotes, drenajes y pavimentos, plataformas y escaleras.
Diseño Eléctrico: Diagramas Unifilares, Distribución- de fuerza, arreglo de equipo eléctrico. Especifica-- ción de subestaciones. Alumbrado General, de equipos, Edificios, Tierras y apartarrayos. Teléfonos y sonido.

Diseño de Tuberías: Arreglos generales. Planos de -- Plantas y Elevaciones. Maqueta Constructiva. Orienta- ción y localización de boquillas de equipo e instru - mentos. Dibujos Isométricos de Tubería y Análisis de esfuerzos en ellas.

Diseño Mecánico: Arreglo de equipo mecánico en casa - de compresores. Especificación de equipo (bombas, com presores, tuberías, expansores, grúas, etc.).

Diseño de Instrumentos: Diseño de tableros de control. Indice y diagramas de Instrumentos. Diagramas Típicos de Instalación, Localización de Instrumentos en campo, etc.

Para el desarrollo continuo de estas actividades, es necesario tomar en cuenta la necesidad de información exter na, como planos de localización, planos topográficos, estudios de mecánica de suelos, así como dibujos certificados - de los equipos.

- Ingeniería de Procura: Comprende la especificación- del equipo y materiales a adquirir, así como los trá

mites correspondientes para su adquisición. La actividad de procura tiene la siguiente secuencia de actividades:

Preparación de la requisición y solicitud de cotización.

Trámites de envío a proveedores.

Elaboración de Tabulaciones.

Preparación de órdenes de compra.

Expeditación.

Revisión de información del fabricante.

Inspección.

Tráfico.

- Coordinación, evaluación y control del proyecto:

  Es la actividad administrativa, llevada a cabo por el grupo de Administración del proyecto que permite el buen desarrollo del mismo y vigila mediante el avance del proyecto y su correspondiente evaluación, el cumplimiento de las actividades con respecto al programa del proyecto, labor que le permite tomar las medidas correctivas para evitar el máximo las desviaciones y así poder cumplir con los compromisos contraídos con el cliente.

CONSTRUCCION

Esta etapa del proyecto constituye la realización física del mismo, lo cual será posible a partir de la información generada en las etapas precedentes. La información concreta de que hacemos mención es proporcionada por actividades de ingeniería de detalle y es:

Plano de Localización general.
Planos de Tubería Subterránea.
Planos de Distribución de Fuerza.
Plano clave de cimentaciones.
Plano de piloteado.

Por lo anterior, podemos decir que esta etapa de construcción es una fase de translape con la de desarrollo del proyecto.

La parte constructiva puede tener muchas variantes, pero en la mayoría de los casos se establece por contrato la supervisión y asistencia por parte de la firma de Ingeniería durante la construcción, mediante un residente de campo, que es el enlace entre el jefe de proyecto y la entidad que realiza la construcción. Sus funciones (del residente), son básicamente dar servicio de asesoría en campo para la resolución de problemas técnicos que surjan durante el desarrollo de la construcción y que son debidos a la mala interpretación en los objetivos establecidos o por falta de información del cliente en la etapa de diseño de la Ingeniería.

Las actividades involucradas durante la construcción en forma general (que se pueden realizar secuencial o paralelamente), son las siguientes:

Preparación del terreno.
Instalación de oficinas, almacenes de equipo y materiales; urbanización.
Instalaciones subterráneas: Tuberías, ductos eléctricos, piloteado de equipo mayor y edificios.
Armado y colado de cimentaciones de equipo, edificios, estructuras, soportería de tubería, etc.
Colocación y montaje de equipo, marcos de soportería;-

estructuras, plataformas y escaleras metálicas.

Instalación de alumbrado en soportería de Tubería, equipo, edificios y calles.

Tendido de tubería áereo e interconexión de equipos.

Colocación de Tierras y apartarrayos en equipo y edificios.

Colocación de aislamientos en Equipo y Tuberías.

Pintura de Equipo.

Instalación e interconexión de instrumentos y equipo eléctrico.

PRUEBAS Y ARRANQUE

Una vez colocado e interconectados los equipos y que se les ha efectuado la mecánica de piso, se someten a pruebas (ésto es por secciones o circuitos), procediéndose a reparar las fallas en los equipos que así lo requieran.

Tan pronto como se haya probado el equipo y las Tuberías se tiene lista la planta para el arranque. Es en este momento en que la instalación se entrega al grupo de arranque, que está constituído por la gente que va a operar la planta. En esta etapa es necesario el Manual de Operación de la planta y que es suministrado por la firma de Ingeniería para dar los lineamientos generales en cuanto al arranque, paro y condiciones especiales de operación que deben de seguirse para que la planta opere de acuerdo a las condiciones bajo las cuales fué diseñada.

Por parte, de la firma de Ingeniería existe un grupo especializado en operación que junto con el grupo de arranque del cliente, toman parte en la puesta en marcha de la

planta. Este grupo de cooperación, elabora un reporte al jefe de proyecto asentando en el mismo los resultados obtenidos de la puesta en operación de la planta industrial; así como los últimos ajustes o modificaciones realizadas en esta etapa (de arranque) a manera de dejar operando la instalación dentro de las condiciones de diseño.

Existe una prueba de garantía que constituye el período mínimo (que se estableció por contrato), después del arranque, de que la planta va a estar operando dentro de las condiciones fijadas en el Diseño.

ENTREGA

Finalmente cuando la etapa de desarrollo ha concluído, el jefe de proyecto convoca a junta a todos los departamentos funcionales involucrados en el mismo para ratificar si no existen actividades pendientes. Comunica formalmente (por escrito) a sus superiores inclusive, indicando que a partir de esa fecha no se aceptan cargos de H-H al proyecto.

Tan pronto como la planta ha arrancado, el Jefe de Proyecto emite un expediente que se conserva en un archivo maestro y donde se ha hecho una recopilación de toda la información generada desde el inicio del proyecto hasta su terminación. Entregando la información original al cliente, así como extendiéndole una carta de aceptación finalizando de esta forma las fases que integran vida del proyecto, quedando concluídas las relaciones contraídas por la firma de Ingeniería y el cliente.

CAPITULO 2.- PLANEACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES

SUMARIO

Introducción. Condiciones para realizar la planeación y programación de proyectos industriales. Fases de la Planeación. Representación gráfica del plan. Construcción de la Red del proyecto. Ventajas de la red del proyecto. Ejemplos de aplicación en Ingeniería de proyectos.

INTRODUCCION

Dentro de la organización básica de un proyecto deben-existir tres grupos principales: Un grupo que desarrolle el-trabajo, otro que haga la planeación y el que coordine el - proyecto. Cada uno de ellos juega un papel muy importante en el proyecto.

Es entonces el grupo de planeación, el personal espe - cializado que realiza específicamente la planeación y progra mación de todos los proyectos que son encomendados a la compañía u organismo a la cual pertenece.

Con lo establecido anteriormente, se considera que la-planeación es imprecindible para la ejecución de un proyecto.

El primer paso para la planeación de un proyecto, es - básicamente de definición, pues es necesario establecer los-objetivos fundamentales y pormenorizados del proyecto, con - todo lo que involucre este concepto como sería: Bases de diseño, alcance del proyecto, tipo de contrato establecido entre el cliente y contratista, tipos de servicios que ofrece-la firma de Ingeniería, etc.

La siguiente etapa es la determinación de todas las actividades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto.

Finalmente se deberán hacer planes funcionales para la ejecución del proyecto en forma detallada, que dén la seguridad de que el proyecto se puede llevar a cabo en el tiempo - determinado y con el presupuesto establecido.

En este capítulo se estudian detalladamente las dife - rentes fases de la planeación de un proyecto industrial, con

objeto de establecer las bases para aplicar los diferentes métodos de programación (PERT, CPM, PDM).

Se presentan algunos conceptos básicos que se utilizan para la representación gráfica del plan del proyecto, que posteriormente se traducirá en la Red del proyecto. Se realizan ejemplos ilustrativos para mostrar la forma como se aplican los métodos establecidos y que frecuentemente se presentan en el desarrollo de proyectos de plantas industriales.

Asimismo se destacan las ventajas de utilizar una red del proyecto en comparación con los planes tradicionales.

CONDICIONES PARA REALIZAR LA PLANEACION Y PROGRAMACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES.

CONDICIONES FUNDAMENTALES

Para poder hacer una planeación y programación eficientes, deben cumplirse las siguientes condiciones principales:

- Tener personal con experiencia en la ejecución de proyectos similares o con conocimientos amplios en cada una de las fases del proyecto en cuestión.
- Conocer los métodos posibles de realización del proyecto de acuerdo con los recursos disponibles para el proyecto (pueden ser humanos, económicos, maquinaria y materiales, de espacio, etc.).
- Tener en cuenta los tiempos límite para la realización de cada una de las fases que integran el proyecto, si es que existe como limitante principal el tiempo.

Mientras más cuidadosa sea la planeación y programación del proyecto, mejor será el aprovechamiento de los recursos disponibles y por lo tanto mayor será la eficiencia de ejecución del proyecto.

Generalmente no es posible elaborar el plan y el programa definitivos de un proyecto en un primer intento, sino que hecho éste, se necesita revisarlo por los diferentes departamentos involucrados en su formación y modificarlo, si el caso lo amerita, con el objeto de satisfacer mejor las condiciones de la empresa encargada de realizar el proyecto.

En este capítulo se estudia únicamente la planeación de un proyecto industrial.

FASES DE LA PLANEACION

1a. FASE: DETERMINACION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

Con objeto de facilitar el enunciado de las actividades de un proyecto industrial y de evitar posibles errores y omisiones, se recomienda proceder en la siguiente forma: Dividir el proyecto en un conjunto de actividades principales o de primer orden. Subdividir en seguida a éstas, en actividades de segundo orden y continuar así sucesivamente. Procediendo de esta manera, es evidente que la planeación y programación de cada una de las actividades de primer orden, deberá hacerse considerando a esa actividad como un proyecto compuesto de las actividades de segundo orden que la conforman; según se indica en la tabla siguiente:

NUMERO DE ORDEN DE LAS ACTIVIDADES	1o.	2o.	3o.	....
PROYECTO INDUSTRIAL	A1	A1.1	A1.1.1 A1.1.2 ..... A1.1.r	
		..... A1.K	A1.K.1 ..... A1.K.S	
	A2	A2.1	A2.1.1 ..... A2.1.m	
		..... A2.i	A2.i.1 ..... A2.i.n	
	.....			
	An	An.1	An.1.1 ..... An.1.P	
		..... An.r	An.r.1 ..... An.r.q.	

Las actividades de orden mayor son las componentes básicas o elementales del proyecto. Asimismo, a medida que el orden de la actividad decrece, la complejidad de su ejecución aumenta, por consiguiente es mayor la responsabilidad de la entidad encargada de su realización.

2a. FASE: ORDEN O SECUENCIA DE EJECUCION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Una vez determinadas las actividades que habrán de realizarse en el proyecto (1a. Fase), es necesario analizar el orden en que deben ejecutarse las actividades que lo constituyen, teniendo en cuenta los requisitos del proyecto mismo, y las condiciones particulares de la empresa o personal que va a realizar el proyecto. Para llevar a cabo adecuadamente esta fase de planeación, se recomienda preparar una tabla denominada: 'tabla de secuencias' o 'matriz de secuencias'.

En la tabla de secuencias se enlistan las descripciones de todas las actividades que constituyen el proyecto como títulos de los renglones y de las columnas, de manera que a cada actividad, corresponde un sólo renglón y una sola columna. Es decir, si el número de actividades es n, la tabla tiene n renglones y n columnas, y por lo tanto tendrá n por n casilleros.

Para construir la tabla de secuencias se siguen dos reglas:

a).- Se analiza la actividad en cada uno de los renglones y se determina qué actividades pueden realizarse inmediatamente después de terminada la actividad en cuestión. Esto se realiza recorriendo cada una de las columnas sobre ese mismo renglón, poniendo una X en el casillero de las actividades que puedan realizarse inmediatamente después.

b).- Se analiza la actividad correspondiente a cada una de las columnas, determinándose qué actividaces le preceden-inmediatamente antes de su ejecución. Esto se realiza recorriendo cada uno de los renglones sobre esa misma columna, - poniendo una X en el casillero de las actividades que preceden inmediatamente antes a la actividad en cuestión.

Aplicando las reglas a) y b) podemos saber si hubo alguna omisión en la dependencia de las actividades o bien, si existe una restricción en el orden de ejecución de las actividaces que sea innecesaria y que entorpezca el desarrollo del proyecto en su fase planeación.

REPRESENTACION GRAFICA DEL PLAN

TEORIA DE REDES EN PLANEACION DE PROYECTOS

La teoría de redes es un estudio formal sistematizado de una red, entendiéndose como red, a la representación gráfica de actividades que muestran sus inicios, terminaciones, secuencias o interrelaciones y el camino que presenta a seguir.

Esta teoría es, posiblemente la que más se ha aprovechado en la resolución de problemas combinatorios que se presentan en la Ingeniería, Economía, Sociología, Biología, y otras ramas de la ciencia pura o aplicada, pues permite presentar aquellas situaciones en que existen sucesiones temporales o combinación de acontecimientos dentro de lo que es la Investigación de operaciones.

Entre las aplicaciones que ha tenido la Teoría de Redes están:

- Redes de Distribución.
- Redes de Transporte.
- Redes de Tráfico urbano.
- Redes de planeación de actividades de un proyecto.
- Organigramas, diagramas de montaje, ciclos biológicos, etc.

Las Técnicas METRA (métodos de evaluación de trayectorias en redes de actividades) como: PERT, CPM, PDM, utilizan la Teoría de redes en la planeación de actividades de un proyecto, obteniéndose una representación visual de las operaciones de un proyecto y su interrelación.

REGLAS PARA LA FORMACION DE DIAGRAMAS DE FLECHAS

En la parte anterior se trataron las fases de la planeación de un proyecto industrial. La tabla de secuencias muestra éstas dos fases (enunciado de las actividades y orden de ejecución). Sin embargo, para tener un concepto más objetivo de nuestro plan del proyecto, es necesario disponer de una gráfica suficientemente clara y precisa para observar el desarrollo secuencial de las actividades que componen el proyecto. Esta razón, aunada a la utilización de Teoría de Redes por las Técnicas METRA, hace que presentemos en esta sección, algunos conceptos básicos preliminares para posteriormente poder construir nuestro modelo o plan de trabajo (Red del proyecto).

Red es un conjunto de dos o más puntos unidos por líneas, arcos o flechas. A los puntos del conjunto se les llama nodos o eventos, y la flecha que une a dos nodos representa una actividad, Fig. 2.1.

Regla 1.- Cada actividad se representa con una flecha:

Fig. 2.1

Puede usarse una flecha y sólo una para representar un trabajo. Sin embargo, un trabajo puede dividirse y representarse con varias flechas. De donde:

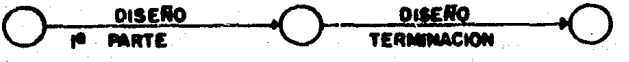


Fig. 2.2

La longitud de la flecha y la dirección en que señala no tiene importancia. Cada flecha indica la existencia de alguna operación o segmento específico de una operación, y el tiempo transcurre de la cola hacia la punta de la flecha, representando el tiempo transcurrido y el trabajo de su principio a final (cola a punta).

REGLA 2.- Un diagrama de flechas (o red del proyecto) se forma conectando flechas (actividades). Esto se hace considerando para cada flecha, tres preguntas:

- ¿Qué antecede?
- ¿Qué sucede?
- ¿Qué puede ser coexistente?

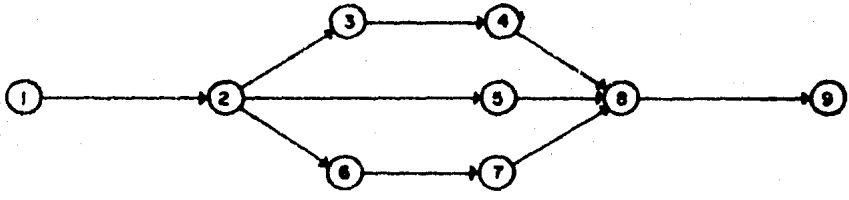


Fig. 2.3

REGLA 3.- Normalmente se comienza el diagrama con una actividad que indique el 'inicio del proyecto'. A este inicio puede o no asignársele duración (generalmente no se le adjudica).

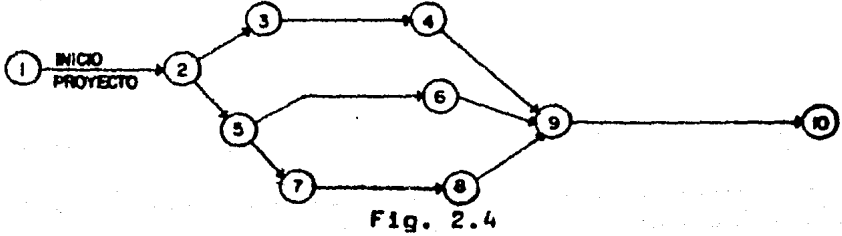


Fig. 2.4

REGLA 4.- Ya que las flechas representan actividades - que consumen tiempo, las uniones de las flechas representan- posiciones en el tiempo cuando todos los trabajos precedentes han terminado y los siguientes pueden empezar. Estos -- puntos en el tiempo son llamados 'eventos'. Cuando el diagrama de flechas se ha terminado, todos los eventos se han - numerado. Así, en lugar de referirse a la actividad por su- descripción, puede identificarse por su 'par de eventos'. - Por ejemplo en la Fig. 2.5, la actividad C puede representarse por (3,5), la D por (2,4) y asiguecesivamente. Como resultado, cada flecha tiene un par de 'números' único que la representa.

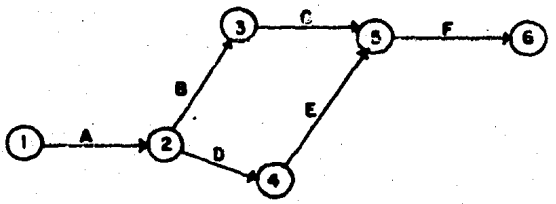


Fig. 2.5

Se recomienda que la numeración de los eventos debe -- ser tal que el número de la punta de la flecha sea mayor que el número de su parte inicial.

REGLA 5.- Las actividades 'ficticias' se introducen -- cuando es necesario mantener la lógica o el sistema de numeración.

a).- Lógica:

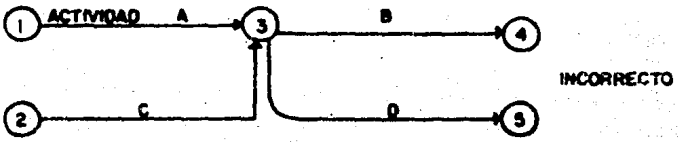


Fig. 2.6

Está incorrecta la lógica de la red, ya que B sólo depende de la terminación de A y no de C, aunque D si dependa de A y C. Por lo tanto, la lógica de la red se corrige, si se introduce una actividad ficticia 'E' como puede verse en la fig. 2.7:

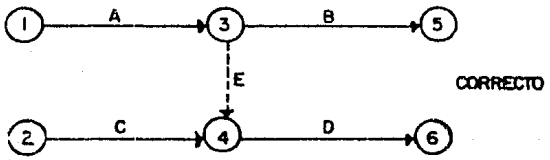


Fig. 2.7

La actividad 'E' realmente no existe ya que no consume tiempo ni dinero, solamente actúa como 'liga' entre A y D, corrigiendo la lógica de la red.

b).- Numeración:

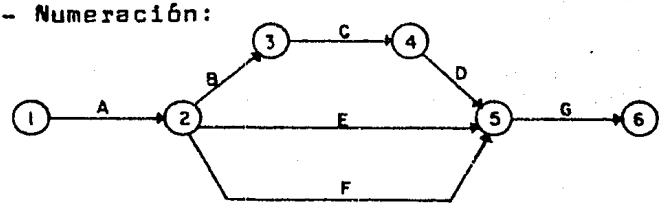


Fig. 2.8

En la Fig. 2.8 las actividades E y F están representadas por el mismo par de eventos (2,5), por lo que se viola la regla 4 de numeración de eventos (debe ser única para cada actividad). Para corregir esta falla se introduce una actividad ficticia (5,6), para proporcionar una designación única a las actividades E (2,6) y F (2,5). Fig. 2.9.

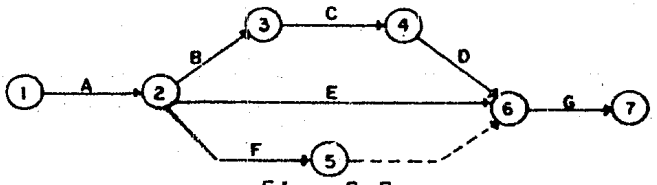


Fig. 2.9

CONSTRUCCION DE LA RED DEL PROYECTO

Para la construcción de la red que representa a un plan para un proyecto industrial, es conveniente (sobre todo para gente con poca experiencia) aunque no indispensable, disponer de las tablas de secuencias. Si se cuenta con éstas, la red del proyecto se realiza de la siguiente manera:

a).- Se trazará para cada actividad una flecha con su descripción correspondiente. Cuando se tiene trazada una flecha:

b).- Se lee el renglón correspondiente a la actividad cuya flecha se ha trazado. Los encabezados de las columnas a que pertenecen los casilleros que contienen X, son las actividades que pueden seguir inmediatamente a la actividad en cuestión.

c).- Se lee la columna correspondiente a la actividad cuya flecha se ha trazado. Los títulos de los renglones a que pertenecen los casilleros que contienen X, son las actividades que deben preceder inmediatamente a la actividad en cuestión.

d).- Se aplican las reglas descritas anteriormente para la formación de los diagramas de flechas. Esto es para trazar las flechas que representan a las actividades precedentes o siguientes a la actividad cuya flecha se ha trazado.

e).- Se comprueban las secuencias volviendo a aplicar los incisos b) y c) para la actividad que se analiza. Si las secuencias están correctamente representadas, se conti -

nua la construcción de la red o 'plan maestro' del proyecto.

f).- Se enumeran los eventos de acuerdo a la regla establecida anteriormente.

Si se carece de la tabla de Secuencias (ésto es, porque el proyecto es relativamente sencillo en cuanto a la definición y secuencia de actividades; o bien, porque el planeador posee mucha experiencia en el tipo de proyecto a realizar), el procedimiento anterior se aplica, sustituyendo los incisos b) y c) por una revisión detallada de la lista de actividades que constituyen el proyecto, respondiendo para cada actividad a las dos preguntas siguientes:

b).- ¿Qué actividades pueden iniciarse inmediatamente después de la actividad en análisis?

c).- ¿Qué actividades deben preceder inmediatamente a la actividad en análisis?

VENTAJAS DE LA RED DEL PROYECTO

Los diagramas de flechas empleados para representar un plan para un proyecto industrial, tienen ventajas muy claras ya que suministran:

a).- Una base disciplinada para la planeación del proyecto.

b).- Una forma clara de mostrar el modelo de trabajo o plan para el proyecto y que puede interpretarse con facilidad por cualquier persona conectada con el proyecto en cuestión. La creación de una red del proyecto es una operación mucho más compleja que leerla u observarla.

c).- Por medio de la red puede asimilarse inmediatamente el alcance del proyecto, en su totalidad, Esto representa la posible evaluación de estrategias o planes alternativos.

d).- Un medio de evitar las posibles omisiones de actividades que pertenecen al proyecto.

e).- Delegación de responsabilidades de los diferentes departamentos o unidades funcionales que intervienen en la realización del proyecto.

f).- Un medio excelente para el entrenamiento de personal de planeación de proyectos.

EJEMPLOS DE APLICACION EN IGENIERIA DE PROYECTOS

Las aplicaciones de los métodos de planeación descritos en la Ingeniería de Proyectos Industriales, en sus diversas ramas (Ing. Química, Mecánica, Eléctrica, Civil, etc.) son muy numerosas; dado que en un proyecto industrial intervienen todas estas especialidades, es casi imposible describir un ejemplo que contenga todas las actividades posibles a realizar por cada una de ellas. Por lo tanto, se presentan a continuación dos ejemplos que ilustran la aplicación de los métodos de planeación tratados en este capítulo y que corresponden a la realización de: a).- Anteproyecto de un edificio y b).- Red condensada del proyecto, correspondientes a Ing.- Civil y Admón. de Proyectos, respectivamente; y que forman parte de todo el complejo que forma la realización de un Proyecto Industrial.

EJEMPLO 1: PLAN PARA UN ANTEPROYECTO DE UN EDIFICIO DE VARIOS NIVELES.

ACTIVIDADES PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN:

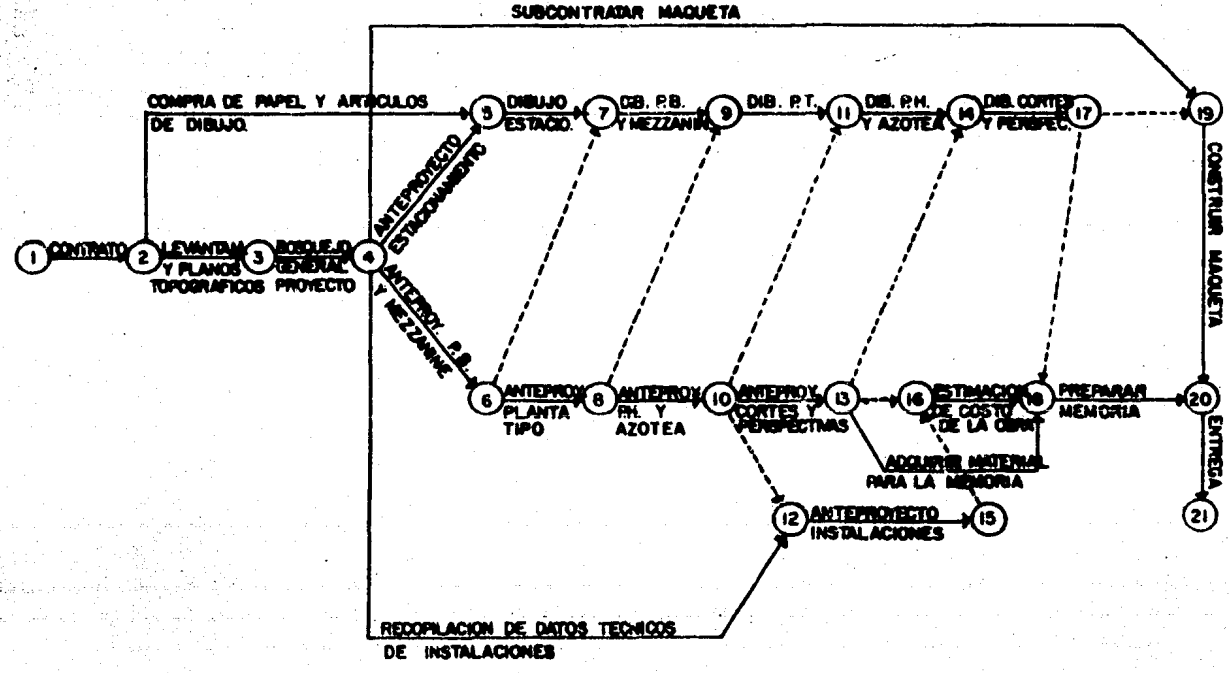
A. Contrato.
B. Levantamiento topográfico y planos topográficos.
C. Estudio y bosquejo general del proyecto.
D. Compra de papel y artículos para dibujo.
E. Anteproyecto del estacionamiento.
F. Anteproyecto de planta baja y 'mezzanine'.
G. Anteproyecto de planta tipo.
H. Anteproyecto del 'Pent-House' y de la azotea.
J. Anteproyecto de cortes y perspectivas.
K. Recopilación de datos técnicos de instalaciones.
L. Anteproyecto de instalaciones.

M. Dibujo de estacionamiento.
N. Dibujo de planta baja y 'mezzanine'.
O. Dibujo de planta tipo.
P. Dibujo del Pent-house y de la azotea.
Q. Dibujo de cortes y perspectiva.
R. Subcontratar maqueta.
S. Elaborar maqueta.
T. Estimación del costo del Edificio.
U. Adquisición del material para la memoria.
V. Preparar la memoria.
W. Entrega.

ACTIVIDADES INMEDIATAS SIGUIENTES / ACTIV. INMEDIATAS PRECEDENTES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A		X		X																			
B			X																				
C					X	X					X							X					
D												X											
E												X											
F							X						X										
G								X						X									
H											X		X			X							
I																							
J																	X			X	X		
K												X											
L																				X			
M														X									
N															X								
O																X							
P																	X						
Q																			X		X		
R																			X				
S																							X
T																					X		
U																					X		
V																							X
W																							

FIG. 2.10.- TABLA DE SECUENCIAS PARA UN ANTEPROYECTO DE UN EDIFICIO.

FIG. 2.11.- PLAN PARA UN ANTEPROYECTO DE UN EDIFICIO



EJEMPLO 2: RED CONDENSADA DE UN PROYECTO PARA UNA PLANTA PETROQUIMICA.

ACTIVIDADES PRINCIPALES O DE PRIMER ORDEN:

A. Junta de arranque del proyecto.
B. Diagrama de Flujo de Proceso.
C. Hojas de Datos de Equipo.
D. Plano de Localización general.
E. Diagramas de Tubería e Instrumentación.
F. Estudios de Tubería Aerea.
G. Planos de Tuberías.
H. Isométricos de Tuberías.
I. Lista de Materiales preliminar.
J. Lista de Materiales definitiva.
K. Diseño de Recipientes
L. Adquisición de Recipientes.
M. Fabricación de Recipientes.
N. Selección y especificación de equipo mecánico.

O. Adquisición de Equipo mecánico
P. Recepción de información del fabricante de equipo mecánico.
Q. Fabricación de equipo mecánico.
R. Estudio de Mecánica de suelos.
S. Diseño de las. cimentaciones.
T. Diseño de últimas cimentaciones.
U. Diseño de Edificios
V. Diagrama Unifilar
W. Distribución de Fuerza
X. Planos eléctricos.
Y. Adquisición y Fabricación de la Subestación Eléctrica.

Z. Hojas de Datos, Diagramas e Indice de Instrumentos.

I. Adquisición de la Instrumentación de la Planta.
II. Diseño de la Ing. de Instrumentos.
III. Integración de la Información generada (libro del - proyecto).
IV. Terminación del proyecto.

ACTIVIDADES SIGUIENTES / ACTIV. PREDECENTES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	I	II	III	IV
A		X															X												
B			X	X	X	X				X																			
C						X				X			X								X								
D						X		X									X				X				X				
E						X																			X				
F							X	X	X									X					X						
G									X																			X	
H									X																	X			
I									X																				
J																												X	
K						X					X							X					X						
L												X																	
M																												X	
N														X															
O															X														
P						X										X			X	X			X						
Q																												X	
R																		X		X									
S																			X										
T							X															X							
U																			X										
V																						X		X					
W																												X	
X																												X	
Y																				X			X						
Z																									X				
I																										X			
II																												X	
III																													X
IV																													

FIG. 2.12.- TABLA DE SECUENCIAS DE LA RED PROY. PARA UNA PLANTA PETROQUIMICA.

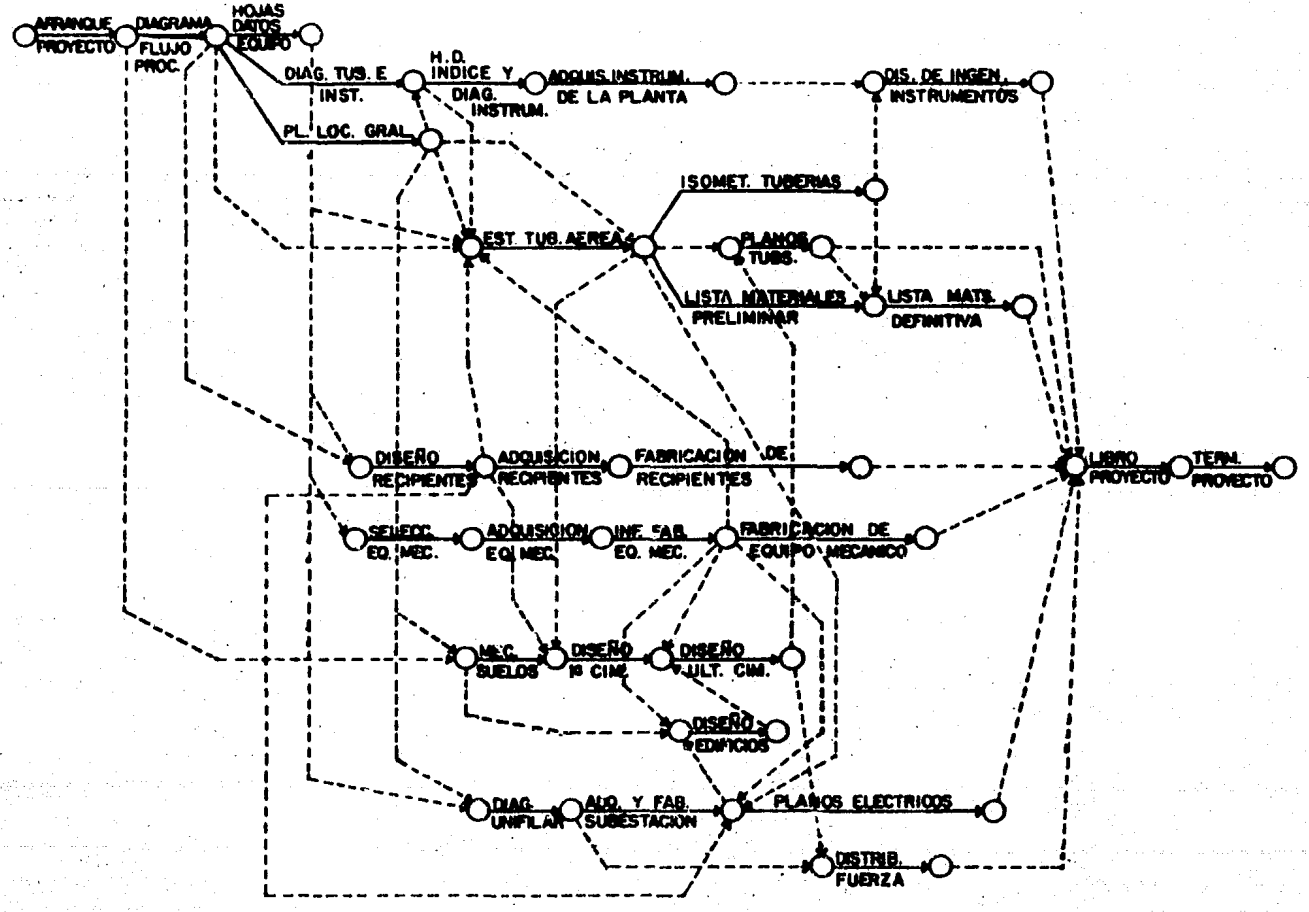


FIG. 2.13r PLAN PARA REALIZAR UN PROYECTO DE UNA PLANTA PETROQUIMICA

CAPITULO 3.- ESTIMACIONES EN INGENIERIA DE PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES.

SUMARIO:

Introducción. Antecedentes para realizar una estimación. Duración de las actividades y de la Ing. de un Proyecto. Demanda de recursos en la Ing. de Proy. Costos de Ingeniería de un Proyecto Industrial.

INTRODUCCION

No existe discusión a cerca de la importancia que tiene la estimación del tiempo, recursos y costos necesarios para realizar las múltiples actividades que constituyen a un proyecto. En la mayoría de los casos son el punto de partida para decidir la realización o continuación de un proyecto.

Las estimaciones son necesarias ya que no hay manera de saber exactamente la cuantificación de estos parámetros, sino hasta después de que una actividad ha sido terminada.

En la actualidad casi toda la Bibliografía referente a técnicas de Planeación, Programación y Control de Proyectos, describe sus métodos o procedimientos con el 'supuesto' de que la estimación para realizar una actividad está 'dada' intrínseca e implícitamente, o bien, que es materia aparte en el alcance de dichas técnicas. Es decir, no se detalla y menos se explica el origen de la determinación numérica para una actividad que para ser ejecutada, necesitará de cierto tiempo, cierta cantidad de recursos que causarán un cierto costo. Por lo tanto no se sabe de la confiabilidad de los datos que se manejan para llevar a cabo la Planeación y Programación del proyecto. Esto es un grave error, ya que el éxito de estas técnicas, aparte de ser función en forma básica de la experiencia y habilidad de quien las aplica, depende en gran parte específicamente de la estimación organizada y detallada de los parámetros enunciados (tiempo, recursos y costos).

Los métodos de estimación son por consiguiente parte integral de las actividades que realiza el Ingeniero encargado de planear y programar el proyecto.

Esto no se contrapone al hecho de que por medio de la asignación de los recursos disponibles además de la retroalimentación del control al programa establecido, se logre un 'plan y un programa óptimos'. Si desde el principio se trabaja con estimaciones 'vagas' o mal fundamentadas, el proyecto entre muchos otros factores, no podrá controlarse hasta llegar a la etapa en que se remedien situaciones totalmente anómalas y entonces cambia el concepto de 'controlar el proyecto' a un término que a simple vista parece inadecuado pero que a menudo sucede en cualquier tipo de proyecto (sea corto, complejo, costoso, de investigación etc.) y que es 'salvar o sobrellevar el resto del proyecto'.

Este comentario se visualizará mejor cuando en el capítulo siguiente (Programación de Proyectos Industriales) se estudie a detalle el tema de la Asignación de Recursos, cuya finalidad esencial es la obtención de un programa de proyecto que aunque no es el óptimo (ésto en la práctica es realmente imposible, por la cantidad de factores que hay que conjuntar para realizar el proyecto, sumando a ésto los imprevistos adversos de capital, recursos humanos y materiales, políticos, etc.), si sea satisfactorio tanto para el cliente como para el contratista o firma de Ingeniería y que estará de acuerdo al tipo de contrato y organización establecidos para desarrollar el proyecto entre ambas partes, mediante el convenio correspondiente.

Por otro lado, es sumamente complejo tratar de establecer una metodología determinada para la estimación adecuada de la duración, recursos y costos de la Ingeniería de Proyectos Industriales, ya que ésto depende de cada empresa en particular, quien tiene sus propios procedimientos internos de trabajo que involucran un sin número de elementos y factores,

lo cual haría necesario realizar un estudio completo y detallado, suficiente para tratarlo como tema específico en forma totalmente independiente. Sin embargo, y de acuerdo al alcance de este trabajo (la planeación y programación en el desarrollo de Proyectos de Plantas Industriales), se describirán los procedimientos de estimación que se utilizan generalmente en las diversas compañías dedicadas al diseño de la Ingeniería de Proyectos Industriales.

No obstante lo anterior, podemos resumir que la estimación de la duración, recursos y costos de las actividades de un proyecto, así como la cuantificación global del mismo, está basada en un conocimiento obtenido en experiencias previas. Este conocimiento es lo que comúnmente llamamos: 'Estadística' de los proyectos.

Por lo tanto, concluímos que siempre conviene hacer las cosas lo mejor posible desde el inicio en cualquier actividad encomendada, a tener que hacer modificaciones o revisiones numerosas, por no haber 'previsto' o 'planeado' adecuadamente. Esto aplica en el mismo sentido a la realización de un proyecto en la forma en que una buena estimación del mismo, servirá para tener un mejor plan-programa y ejercer un control adecuado para satisfacer las necesidades que requiera durante su desarrollo y finalmente terminarlo en el tiempo y costo previamente fijado.

ANTECEDENTES PARA REALIZAR UNA ESTIMACION

TIPOS DE CONTRATOS PARA PROYECTOS INDUSTRIALES

Introducción.-

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto dentro de una empresa desde el punto de vista dirección, supervisión y ejecución a lo largo de sus diferentes fases: Investigación-y desarrollo, diseño de la Ingeniería, procura, construcción y arranque, existen dos formas para obtener los elementos humanos con capacidad y experiencia organizada:

1.- Mediante personal propio de la empresa (cliente)

2.- Mediante personal contratado de organización especializada.

Ventajas de 1.-:

a).- Acumulación en la compañía propietaria de la la.-técnica, conocimiento y experiencia, relacionados con el negocio propio.

b).- Conservar la confidencialidad del proyecto contra posible filtración de información a competidores.

c).- Utilización del personal que posteriormente tomará parte activa en la dirección del negocio.

Desventajas:

a).- La principal desventaja es que para la realización del proyecto, se requerirá de un gran número de técnicos especializados y que al utilizar personal propio, una vez terminado el proyecto, no se tendrá probablemente utilización - dentro de la empresa para cubrir su potencial técnico.

Ventajas de 2.- :

a).- Es una forma sencilla de conseguir el suficiente-personal preparado y que será contratado para realizar el -- proyecto en el tiempo necesario, sin necesidad de entrenamiento y costo de separación.

b).- Facilidad de tener grupos de individúos con una - organización propia, acostumbrados a trabajar juntos como -- unidad.

c).- Disponibilidad de especialistas que no se podrían tener en nómina de la compañía.

d).- Disponibilidad de facilidades tales como equipos-por períodos cortos de tiempo, sin tener necesidad de hacer-erogaciones fuertes para su adquisición.

Desventajas:

a).- La principal desventaja de usar contratista es la divergencia de objetivos entre el dueño del negocio, el cual trata de conseguir el proyecto más rentable para su inversión y el contratista que trata de lograr el máximo de beneficio-de su contrato.

Si es seleccionada la segunda forma (firma especializada), es necesario entonces concertar un convenio mediante el cual se asegura la participación de ambas partes (cliente y-contratista), de aquí que surja un contrato tal que se adapte a las necesidades correspondientes.

En términos generales puede decirse que un contrato es un documento entre dos o más partes, por medio del cual se -

establecen los acuerdos legales para el desarrollo de un - - cierto objetivo.

Tipos de Contrato.-

Podría establecerse que la flexibilidad de un contrato recomendado para un proyecto dado, varía inversamente con el grado de definición existente en el momento de su firma. - - Otros aspectos que afectan la selección de un contrato, in - cluyen la localización geográfica de la planta (p. ejem.: -- proyectos nacionales o internacionales), grado de participa- ción de la compañía en la ejecución del proyecto, condicio-- nes económicas, tipo de servicios proporcionados por el con- tratista, financiamiento del proyecto y tiempo programado del mismo.

Los tipos de contrato son generalmente clasificados en función de la forma de reembolso. Varios son los tipos de - contrato y varias las formas y tipos que pueden tener depen- diendo de las partes que los concerten, tipo o alcance de - servicio requerido.

A continuación aparecen los tipos de contratos más - - usuales:

1.- Contratos por Administración:

Regalías por porcentaje.
Regalías por tiempo y material.
Regalías fijas.
Regalías por porcentaje con un límite máximo.

2.- Contratos por Administración con máximos garantiza- dos:

Incondicional
Con previsión para incrementos.

3.- Contratos por Incentivos:

Regalías con escalas proporcionales.
Participación por ahorro en gastos.
Premio o penalización por eficiencia en función -- tiempo.
Premio o penalización por eficiencia en operación.

4.- Contratos por precio alzado o total:

Basado en especificaciones completas.
Basado en especificaciones preliminares , ajustes- en el desarrollo.

5.- Contratos por precio unitario:

Precio fijo.
Precio escalado.

6.- Contratos convertibles.

1.- CONTRATO POR ADMINISTRACION.

Bajo un contrato de este tipo el propietario o cliente paga todos los gastos que surgieran en el proyecto, más un - porcentaje de aquellos gastos por servicios para el contra - tista. El pago de porcentaje por servicios cubre todos los- gastos de oficinas, administrativos y financieros del contra tista. El contrato por Administración es el más flexible de todos los tipos de contrato: El cliente puede tomar la decisión de intervenir en el control de todos los aspectos de desarrollo del proyecto. El cliente también se reserva el derecho para aprobar todos los diseños y tener una supervisión estrecha en la ingeniería desarrollada, o bien puede dejar a juicio del contratista el desarrollo del trabajo. Para ésto, la mayoría de los contratos contendrán una cláusula protegien

do al contratista para ser forzado a cumplir con la requisición del cliente, si en opinión del contratista, la requisición podrá resultar en un diseño inseguro o prevenir el cumplimiento de garantías del proceso.

Los contratos por Administración, tienen desventajas,- siendo una de las principales la que respecta a que el contratista tiene poco incentivo para controlar los costos y en un momento dado hacer que bajen, ya que sus gastos están directamente relacionados con los costos totales del proyecto. Esto es un tanto erróneo ya que un buen contratista y una -- fluida comunicación con el cliente por parte de sus representantes o residentes, eliminan este factor.

Los contratos por Administración son recomendados cuando las bases para diseño son incompletas o donde hay contemplados muchos cambios. Típicos ejemplos de éstos incluyen - el desarrollo de proyectos o ampliaciones de unidades existentes, involucrando trabajos de construcción considerables.

La regalía puede ser fijada en varias formas:

a).- Las regalías por porcentaje es la que se otorga-- al contratista en base a un por ciento del total de los gastos efectuados en el desarrollo de la obra.

b).- Las regalías por tiempo y material son similares- a la anterior. Los gastos de material y mano de obra son - cargados al propietario a costo actual así como el tiempo empleado por el personal administrativo de la compañía cons -- tructora de acuerdo a tarifas previamente concertadas.

c).- La regalía fija es más deseable que la regalía sobre gastos para aquellos casos en los cuales es posible sepa

cificar con mayor exactitud el alcance del trabajo a desarrollar; en base a ésto, el contratista estima una regalía fija de acuerdo a sus necesidades. Esto se establece al inicio del trabajo. Se tiene la ventaja por lo tanto, de que el contratista no se interesa en prolongar en exceso el trabajo y se vé obligado a terminarlo en el tiempo estipulado para liberarse del compromiso y cubrir otros proyectos.

d).- Regalías por porcentaje con un límite máximo. Es una variación de los tipos anteriores: Cuando hay una continuación del pago de regalías de cualquier caso anterior mencionado hasta alcanzar un máximo fijado. Esto asegura al cliente de no pagar un exceso en regalías por falta de eficiencia en el contratista. Por otra parte, reduce las alternativas que pudiera tener el contratista para incrementar el costo del trabajo anormalmente.

2.- CONTRATOS POR ADMINISTRACION CON MAXIMOS GARANTIZADOS.-

a).- Este contrato comprende aspectos de los contratos por Administración y por precio alzado o total. En este contrato el propietario paga todos los costos más un porcentaje en regalías o regalía fija hasta un valor total que no exceda un máximo precio garantizado. Erogaciones en exceso de este límite son pagadas por el contratista. Este tipo de contrato es ventajoso al cliente porque fija un costo máximo de proyecto y cualquier cifra abajo de la estipulada es un ahorro en la inversión. Por otro lado el contratista acepta un riesgo, el cual debe preveer en la fijación de ese máximo garantizado

La definición del alcance del trabajo, especificaciones y localización deben ser perfectamente definidos, antes de que

el precio máximo garantizado se establezca. Sin embargo, la definición del proyecto no necesita ser tan definida como en el caso de un contrato a precio alzado.

b).- Una variante es el contrato con garantía máxima y con previsión de escalación. Se aplican cuando el proyecto esté sujeto a modifcaciones o expansiones durante el desarrollo del mismo o cuando se preveen factores externos que pueden modificar el presupuesto original como son: aumento en el costo de materia prima o mano de obra, devaluaciones en la moneda, etc. Una típica fórmula de escalación para un contrato es ilustrada a continuación.

$$E = \frac{(IX - Ia)}{Ia} \quad (B)$$

En donde:

E = Cantidad de escalación calculada en un mes dado.

Ia = Valor del índice a la fecha de firma del contrato.

IX = Valor del índice a la fecha de facturación mensual.

B = Cantidad facturada mensualmente al cliente.

3.- CONTRATOS POR INCENTIVOS.-

Este tipo de contratos se celebran cuando por circunstancias del proyecto, no es posible una oferta global del costo por parte del contratista; pero sin embargo es conveniente establecer un incentivo encaminado a reducir los costos del proyecto.

Los contratos tipo incentivo pueden ser definidos, para recalcar énfasis sobre un aspecto particular del proyecto tal como el tiempo mínimo de construcción, costos de operación o cualquier otro aspecto de importancia especial para el cliente.

a).- El contrato puede ser hecho de tal manera que se le dé al contratista una regalía de acuerdo a una escala proporcional al ahorro que se pudiera alcanzar en el desarrollo del proyecto en tiempo o en costo sobre un costo base estimado.

b).- Una forma de plantear un contrato por incentivos es el fijar un mecanismo para proyectos de ahorros entre contratistas y clientes de acuerdo a bases que se fijen periódicamente.

c).- Los contratos por incentivos pueden ser planteados además del ahorro en costo, por ahorro en tiempo, proporcionando así otro tipo de incentivo tan atractivo para el contratista como el cliente. Normalmente estos acuerdos se fijan en función de un premio o penalización basados en tabuladores previamente concertados.

4.- CONTRATOS A PRECIO ALZADO.-

En este tipo de contrato el contratista efectúa el trabajo a cambio de una cierta cantidad de dinero. Este contrato es atractivo cuando se conoce en detalle el alcance del proyecto y ha sido sufcientemente bien definido por medio de dibujos y especificaciones; en esta forma puede ser el mejor tipo de contrato para ambas partes. El contratista en esta base presenta una cotización y tiene un completo control sobre las operaciones en el desarrollo del proyecto teniendo además la oportunidad de obtener utilidades extras cuando el trabajo se ha llevado en forma eficiente. El propietario tiene la garantía de un costo definido y del resultado de un concurso puede estar seguro de obtener la mejor oferta en su proyecto. Sin embargo, es conveniente que aporte una buena-

supervisión al proyecto para una mejor realización de éste. - En este tipo de contratos es premisa fundamental una base de confianza y mutua por las partes, ya que puede prestarse a - conflictos cuando no se cumplen estrictamente las especificaciones en calidad de materiales y mano de obra como resultado de los controles de costos del contratista.

El hacer una cotización a detalle significa para el contratista invertir tiempo y dinero, lo cual le representa un costo siendo éste un riesgo que debe considerar y que en el mejor de los casos podrá recuperar si su oferta es aceptada.

Para el propietario se hace una obligación el presentar a cotización la definición y componentes del proyecto - totalmente determinados, ya que una falla en este renglón -- trée como consecuencia problemas durante el desarrollo del-- proyecto creando un clima de desconfianza entre contratista - y propietario.

Para el cliente las ventajas de un contrato a precio - alzado son:

Posibilidad de selección del contratista en base objetivamente competitiva.

Un precio firme conocido desde un principio.

Diseño totalmente terminado antes de ser construído.

Concentración de responsabilidades.

Simplificación en la administración del proyecto.

Para el contratista:

Oportunidad de lograr el contrato por una buena estimación en la cotización.

Control de coordinación y optimización de costos.

Oportunidad de incrementar su utilidad por eficiencia en las operaciones realizadas.

5.- CONTRATOS POR PRECIO UNITARIO.-

Cuando la información de que se dispone no es lo suficientemente completa para lograr una cotización bien definida, o cuando las cantidades que se presentan estén sujetas a cambios, se utiliza el contrato por precio unitario.

En este caso el contratista deberá presentar tabuladores por unidad, los cuales pueden ser en base a precio fijo o variable con respecto a volúmen de obra, de esta manera el cliente tiene el control de las cantidades trabajadas por evaluar.

Tiene mucha importancia en este tipo de contratos la calidad del trabajo, ya que muchas veces se dá a los operadores trabajo a destajo que no cumplen las normas de calidad establecidas, así como también la supervisión algo más extensa del cliente.

6.- CONTRATOS CONVERTIBLES.-

Cuando hay una combinación en las formas de contrato antes descritas, resultan los contratos convertibles. Así puede surgir el caso de un proyecto que por premura en su tiempo, se inicia sin contar con la suficiente información, elaborándose un contrato por administración y al contar con la mayor información adecuada en el desarrollo del proyecto, tal que permita al contratista hacer la estimación de un costo total, se podrá cambiar el contrato a precio alzado.

Los contratos convertibles ofrecen dos ventajas, la de una fecha de terminación y la de un costo razonable. El - - cliente debe manejar este tipo de contratos sólo con contratistas perfectamente conocidos en cuanto a experiencias pasadas.

La selección del contrato más conveniente está en función de las características propias de las empresas contratantes (cliente y contratista), tipo y alcance del proyecto, así como de las condiciones específicas en que éste se realice.

Los factores que determinan el tipo de contrato a seleccionar son:

1.- Factores debidos al tipo de compañías contratantes:

Origen, tipo y organización de las compañías.
Experiencia y políticas de compañías (legal, personal, financiera, etc.).
Factores Económicos.
Consideraciones éticas.

2.- Factores debido al tipo y alcance del proyecto:

Estudio de mercados.
Evaluaciones Técnico-Económicas.
Tipo y características del proyecto a realizar.
Localización.
Información disponible.
Alcance económico.
Tiempo.

3.- Otros factores inherentes al proyecto:
Area geográfica de localización.
Potencial económico de la zona.
Comunicaciones.
Disponibilidad de personal y servicios para éstos.

Definitivamente el tipo de contrato a realizarse influye directamente en la estimación de la duración, recursos y costos que requieren las actividades que constituyen a un proyecto, ya que dependiendo de si se lleva a cabo por ejemplo: a precio alzado, la duración, los recursos que se necesitarán y el costo total de la Ingeniería del proyecto (que es el tema de interés de este trabajo), será muy diferente a que si se llevara por Administración.

TIPOS DE ORGANIZACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES

En el capítulo 1 se hizo un estudio detallado de los diferentes tipos organizacionales que puede adoptar una forma encargada de llevar a cabo el diseño de la Ingeniería de un proyecto determinado. Principalmente existen tres tipos de organización para realizar un proyecto:

a).- Organización por proyecto (TASK-FORCE)
b).- Organización Departamental (Funcional)
c).- Organización Matricial (combinada).

Describiremos brevemente cómo influye el tipo de contrato en la determinación del tipo de organización:

Es evidente que de acuerdo al tipo de contrato celebrado entre el cliente y el contratista (firma de Ing.), y de la planeación del proyecto derivada de éste, es como una empresa definirá el tipo de organización más conveniente para realizar el proyecto:

Para el tipo de contratos a precio alzado en el cual el alcance del proyecto está perfectamente definido, estableciendo entonces el contratista un control de coordinación y optimización de costos en el diseño de la Ingeniería y por lo tanto un tiempo específico para su realización, ha surgido -

la conveniencia de crear un grupo especial de trabajo (ORGANIZACION POR PROYECTO). Este grupo está formado por un número definido de personas que están bajo las órdenes del Administrador o jefe del proyecto. Las labores de coordinación y control las lleva a cabo éste en forma personal mediante la asignación a cada individúo del trabajo propio de su especialidad. Es decir, se le dá una total independencia a este grupo especial para el desempeño de sus actividades, con el objeto fundamental de satisfacer las condiciones establecidas en el contrato correspondiente.

Por otra lado, si se tiene concertado un contrato por Administración, entonces lo más indicado es adoptar una organización Departamental (por funciones), ya que no se tiene una definición precisa del trabajo requerido y por lo tanto no se tiene un límite definido del desarrollo del proyecto.- En nuestro país generalmente existe este tipo de organización en la mayoría de los proyectos a realizar.

En el caso de una organización matricial o 'combinada', es utilizada cuando se tiene un contrato convertible (combinación de Administración y alzado), es decir para el caso en el cual se tenga un proyecto 'nuevo' en el sentido de que el proceso no esté completamente definido, se podría adoptar un contrato por Administración y a medida que se contara con la información suficiente y adecuada, que permita al contratista estimar un costo total del proyecto se cambiaría el contrato a precio alzado. Por la Importancia y complejidad de este tipo de proyectos es otro factor de peso para elegir la organización matricial que trata de conjuntar las ventajas que independientemente se tienen con el grupo por proyecto y el Departamental.

Es importante reconocer entonces que los diferentes tipos de organización influyen de manera notable en las estimaciones que se tengan que hacer para realizar el proyecto.

EXPERIENCIA DE LA FIRMA DE INGENIERIA

Es un factor muy importante que afecta de manera considerable el éxito de una estimación determinada.

La experiencia de una firma de Ingeniería está en función del tipo de servicio que ofrece para la realización íntegra o parcial de un proyecto industrial. Los servicios comúnmente contratados por un cliente son los siguientes:

Servicios de llave en mano.-

En este caso el contratista suministra al cliente todos los servicios requeridos para el proyecto, por lo que se considera el paquete más completo que puede suministrar un contratista. Estos servicios normalmente incluyen: ingeniería básica, diseño detallado, procura de materiales, construcción y arranque de la planta.

Servicios de planta piloto.-

Para el caso de compañías en desarrollo o expansión constante, frecuentemente tienen que estudiar diseños nuevos y lanzar nuevos productos al mercado; muchas firmas de ingeniería y construcción han instalado extensos laboratorios y plantas piloto a fin de satisfacer y dar servicio al cliente que lo requiera, ya que éste antes de solicitar financiamientos para instalar nuevas plantas o modificar sus procesos requieren la contratación de plantas piloto en donde se llevan a cabo pruebas con los materiales, el contratista analiza los productos obtenidos estableciendo el balance de materiales para la planta. Finalmente el cliente obtiene la información necesaria para la evaluación de plantas productivas con un mínimo de costos y pérdida de tiempo. De esta forma este -

servicio se completa mediante la preparación de presupuestos estimados para la planta comercial.

Servicios de Diseño de Ingeniería.-

Hay muchas variaciones en el alcance del trabajo proporcionado bajo este tipo de arreglo. La forma más comúnmente utilizada suministra toda la Ingeniería, requisiciones, especificaciones, dibujos de arreglo de equipo de la planta y dibujos de diseño.

Servicios de Procura.-

La procura de equipo, materiales y otros servicios necesarios, es generalmente combinada con otros tipos de contratos de servicios. En ocasiones debido a circunstancias particulares, las compañías de operación requieren los servicios de contratista para la procuración de materiales y equipo para un proyecto que fué diseñado por otros. Esto puede ser por necesidad del cliente, política, desconocimiento del contratista de ingeniería en el área, o bien que el cliente debido a la localización geográfica de las plantas a construirse conozca un contratista que tenga oficinas locales o posee un gran conocimiento de la disponibilidad y calidad de los materiales localmente producidos.

Este tipo de servicios se inicia con la elaboración de listas de materiales. Luego se solicitan cotizaciones a diferentes proveedores calificados, se evalúan las mismas y se coloca la orden de compra. Lo anterior constituye actividad de compras; subsecuentemente empieza inspección, consistiendo primeramente en la aprobación de planos de taller, procedimientos de fabricación y en general todo el control de calidad necesario para asegurarse que el equipo y materia

les cumplan con las especificaciones solicitadas.

La expeditación sirve para garantizar que los materiales estarán en el momento adecuado en la obra. Los servicios de procura son cotizados por Administración en la forma regalías por tiempo y materiales.

Servicios de Construcción.-

Estos servicios engloban la construcción complete del proyecto. Frecuentemente la procura de materiales se incluye en este arreglo, sin embargo, el diseño es proporcionado por otros. Debido a que el alcance de trabajo ha sido bien definido en este estado del proyecto, las propuestas son solicitadas sobre precio alzado. La contratación para servicios de construcción es una de las formas de acuerdo más comúnmente usadas entre compañías de operación y contratista.

Servicios de supervisión de construcción.-

Todos los esfuerzos de Diseño y Procuración están encaminados hacia la construcción, en la que se materializa la actividad de un contratista de diseño.

Es recomendable que el contratista participe como supervisor de construcción para que exista la certeza de que la planta se erige conforme lo especificado y dibujado, de no ser así existirán problemas que pueden afectar la producción de la unidad o necesidad de reparaciones que suelen ser muy costosas.

El contratista de diseño de la Ingeniería, debe intervenir durante la construcción como un agente de enlace para coordinar los envíos de planos,materiales y equipo, siendo

esta actividad primordial,por los ahorros que puede significar para un cliente en tiempo y dinero.

Servicios de Dirección de Proyectos.-

La Administración de Proyecto está involucrada en muchas funciones generalmente proporcionadas bajo contratos de diseño y construcción. Un contrato típico de Administración de Proyecto incluye coordinación de la ingeniería, diseño, actividades de procura y supervisión de construcción.

La interrelación de los supervisores en campo del contratista y los subcontratistas, debe ser bien entendida. Este aspecto de los servicios de dirección de proyectos, es una fuente de confusión para muchas compañías en operación.- Se debe aclarar que los supervisores del contratista en el campo,funcionan como staff a los representantes del cliente y efectúan funciones tales como: preparación de programas de campo, elaboración de cotizaciones para subcontratistas, preparación de tabulaciones para el cliente, estudios especiales para la resolución de problemas surgidos, establecer los requerimientos de mano de obra, inspección sobre el trabajo de campo y otras funciones asociadas a supervisión en construcción. Cabe hacer mención que la responsabilidad final de todas las decisiones recaen en el cliente.

Servicios de Mateniminto.-

Este tipo de servicios es de reciente creación relativamente. Los contratos de mantenimiento liberan a la Compañía de Operación de realizar labores que complican la producción normal. Estos servicios pueden ser vendidos sobre precios globales anuales o por precios unitarios según se acuerde.

Servicios de Estimación, Programación y Costos.-

Hemos dejado intencionalmente este tipo de servicio -- prestado por una firma de Ingeniería, porque es precisamente nuestra área de trabajo o lo que normalmente llamamos: nuestra 'especialidad'. Es totalmente necesario hacer incapié en la importancia que radica el tener experiencia en este tipo de servicios ya que nuestra propuesta radica en que una misma persona debe estimar, debe programar y debe presupuestar un costo en la etapa o alcance del proyecto en cuestión. Si tal persona no tiene experiencia no podrá hacer una buena -- planeación afectando ésto directamente en las estimaciones - realizadas, ya que precisamente hay que entender que los estimados son PREDICCIONES o PRONOSTICOS, el no entender lo anterior ha sido ocasión de innumerables problemas y discusiones.

Un proyecto con toda su planeación, Ingeniería, Procuración y Construcción tiene su razón de ser, en un ciclo económico, si produce utilidades. Un concepto puede ser muy brillante; sin embargo, hasta que no es económicamente rentable, no pasa de ser eso: un simple concepto. Si la estimación de una inversión no es correcta, todo lo anterior puede resultar en un fracaso de graves consecuencias económicas.

Siendo los estimados y programas una forma de planeación se debe tener un control sobre los mismos, con objeto de asegurarse que no haya desviaciones, y si las hay, tomar la acción correctiva que sea necesaria. Es primordial un control de costos; en muchas ocasiones se han presentado problemas porque se estima algo al principio y años después se erige una obra totalmente diferente a la planeada. Para evitar ésto, es esencial tener o ejercer el control respectivo.

Hemos hablado este tipo de servicio como parte de la experiencia de una firma de Ingeniería y por lo tanto lo consideremos como un antecedente para la realización de cualquier tipo de estimado, dentro de nuestro marco de referencia ya establecido. En los siguientes subcapítulos se detallan en forma desglosada los procedimientos, métodos y tipos de estimados que se realizan en una empresa dedicada al diseño de la Ingeniería de Proyectos Industriales.

Una vez que el cliente tiene definida la necesidad de un servicio particular, tendrá que buscar a un contratista adecuado y para lo cual deberá tener en cuenta normalmente los siguientes aspectos:

Selección del contratista.-

Se hace una evaluación en base a ciertos factores y entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

a).- Experiencias en el campo técnico.
b).- Tamaño de la forma de relación al valor del proyecto.
c).- Conocimiento del área general y sitio específico.
d).- Carga de trabajo presente.
e).- Experiencia con compañías en operación.
f).- Disposición para aceptar las especificaciones y formas de contrato propuesto por la Compañía en Operación.

La selección del contratista para proyectos grandes es normalmente tomada en dos pasos programados. El primero consiste en determinar la habilidad e interés del contratista hacia el proyecto. El segundo se refiere a la solicitud y evaluación de las propuestas comerciales.

Si los proyectos involucran tecnología sofisticada, - hay que determinar su destreza y experiencia en diseño y -- construcción de duplicados o determinaco tipo de plantas industriales.

Durante la selección del contratista, también es importante comparar la magnitud del proyecto con el estado financiero y la capacidad física del contratista.

En resúmen la experiencia de la firma de Ingeniería es fundamentalmente influyente en la determinación de una estimación del proyecto a realizar:

Podemos citar el caso de una empresa dedicada a desarrollar cierto tipo de Ingeniería involucrando cierto tipo - de procesos lo cual la hace tener una competitividad superior con respecto a una compañía que es más general, abarcando -- proyectos de diversa naturaleza y no enfocado hacia un tipo- específico. Teniendo ésto definitivamente ventajas y desventajas que deben evaluarse detalladamente.

ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL DISEÑO DE INGENIERIA DE PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES.

Es de suma valía el tener un amplio conocimiento en -- las actividades que se realizan en el Diseño de la Ingenie-- ría de un Proyecto Industrial, sobre todo en la persona en - cargada de la estimación del proyecto. Por consiguiente, -- consideramos oportuno incluír en estos antecedentes este punto, ya que el tema de interés como ya hemos mencionado radica en: cómo influye en el desarrollo de un proyecto de una - Planta Industrial, la planeación y programación del mismo, - específicamente en el área de diseño de la Ingeniería.

A continuación describimos brevemente el tipo de actividades realizadas en el diseño:

Dentro de las actividades contempladas en Ingeniería - Básica, el Departamento de Proceso es quien realiza la mayoría de éstas; y que consisten principalmente en la elabora-- ción de Balances de Materia y Energía, Diagramas de Flujo de Proceso, Hojas de datos y especificaciones de equipo mayor - de proceso, arreglo general y de equipo, filosofías básicas- de operación y de Instrumentación, criterios de diseño, procedimientos analíticos, etc.

En México, la principal función de las firmas de ingeniería es la adaptación de Ingeniería Básica a las condiciones locales, para poder seguir adecuadamente los pasos posteriores del proyecto.

La Ingeniería de Detalle es la porción que dá el ritmo- en un proyecto, siendo por lo tanto una función primordial.- El diseño detallado consiste en la elaboración de planos, es

pecificaciones y listas de materiales, con el detalle sufi-- ciente para poder construir una planta.

La Ingeniería de Detalle requiere de:

Ingeniería Mecánica.-

Cubre el diseño de recipientes, equipo y tubería.

Los recipientes son una combinación de diseño de proceso y mecánico, por la influencia que tienen las condiciones de operación en los materiales de construcción. Engloba todas las actividades necesarias para el diseño de recipientes y selección de material y accesorios internos de los mismos.

Equipos tales como bombas, cambiadores de calor, com-- presores y otros equipos especiales (torres de enfriamiento, secadores, centrífugos, etc.), se evalúan, seleccionan y se-- especifican para ser diseñados y garantizados por el fabricante correspondiente. Aquí se incluye parte de Ing. de procura para efectuar la adquisición de tales equipos.

En cuanto a la tubería es muy importante su diseño,--- ya que cubre una parte principal, que llega a ser hasta del 50% del esfuerzo de un proyecto. Consiste en el diseño y -- arreglo de tuberías y accesorios de acuerdo a las especifi-- caciones y códigos aplicables, análisis de flexibilidad y -- elaboración de los dibujos de detalle y de isometricos necesarios para que tanto su fabricación como el montaje de las tuberías sea lo más preciso y económico.

Ingeniería Civil.-

Consiste en la elaboración de planos de detalle, especificaciones y listas de materiales de construcción que son-

necesarios para la correcta ejecución de las cimentaciones,- estructuras y edificios de las plantas industriales. Para - prevenir interferencias, este trabajo se realiza simultáneamente con Ingeniería mecánica y eléctrica en lo referente a- lo subterráneo.

Ingeniería Eléctrica.-

Cubre la elaboración de especificación de equipo y materiales eléctricos, así como su adquisición. Efectúa el -- cálculo, diseño y dibujo de: Alumbrado, Control, comunica -- ciones y sonido, alimentación de energía a la planta, estu-- dios de coordinación de disparos, corto circuito. Efectúa - sus actividades en comunicación con Mecánico e Instrumentos.

Ingeniería de Instrumentación.-

Quedan incluídas dentro de ésta las actividades de: -- Preparación de especificaciones, elaboración de dibujos de detalle y montaje de los instrumentos de la planta, así como - los del tablero de control, para su fabricación. Selección- del fabricante adecuado para cada instrumento, así como su - adquisición correspondiente.

PROCEDIMIENTOS DE CALCULO

Este antecedente para realizar una adecuada estimación, es de mucha importancia aunque a simple vista no lo parezca. Es evidente que el costo de un proyecto depende de los recursos disponibles para efectuarlo, en este sentido, existen -- compañías dedicadas al diseño de ingeniería cuyos procedi- - mientos de cálculo son totalmente mecanizados (efectuados por medio de una máquina computadora). Teniendo programas diversificados para efectuar prácticamente el Diseño de la Ing e -

niería en forma total a partir de unos cuantos datos suministrados. Se cuenta con: paquetes de datos termodinámicos que realizan balances de materia y energía que son la premisa fundamental para definir el proceso correspondiente. Programas para efectuar el cálculo y diseño de equipo, tubería, estructuras. Además de contar con controles mecanizados para la Administración del proyecto: redes mecanizadas del proyecto, Control de Costos Ingeniería, Sistemas de Información, etc. Esto generalmente ocurre con grandes empresas ya sea de la Industria Privada o Pública, cuya capacidad de recursos les permite contar con tal estructura.

Sin embargo, existen también, pequeñas o medianas empresas cuyos procedimientos de cálculo son totalmente manuales o parcialmente mecanizados.

Tiene entonces que hacerse el estudio correspondiente para determinar si determinado proyecto se realiza de una u otra forma, afectando ésto en forma directa sobre el consumo de recursos necesarios para efectuar el diseño de la ingeniería.

DURACION DE LAS ACTIVIDADES Y DE LA INGENIERIA DE UN PROYECTO.

GENERALIDADES:

Después de haber estudiado los antecedentes para realizar una estimación, debemos señalar que teniendo definido el alcance del trabajo a desarrollar (tipo de proyecto), podrá tenerse un tipo de contrato y organización determinados. Por lo tanto se podrá hacer una evaluación preliminar de los recursos disponibles para efectuar dicho trabajo, así como de la prioridad o 'grado de requerimiento' en cuanto a tiempo para obtenerlo. De esta forma es posible empezar a definir la duración de las actividades, perfectamente delineadas y secuenciadas (PLANEACION DEL PROYECTO), teniendo el criterio suficiente para considerar imprevistos, contingencias y aún la probabilidad de realizar las actividades en un tiempo determinado.

Es indispensable aclarar que la duración, los recursos requeridos y el costo directo para ejecutar una actividad, son tres factores íntimamente ligados entre ellos. Es imposible en realidad tratar de hacer un estudio por separado de cada uno de ellos. Igualmente imposible sería tratar de explicar un tema desconocido si no se divide o racionaliza el objetivo a descifrar en sus partes elementales. Ejemplo de ésto es la propia administración que para entender su significado y objetivo fue necesario 'dividirla' imaginariamente en 'elementos': planeación, organización, dirección y control. Sin embargo hay algo que las une para formar un 'complejo' que tiene como finalidad obtener determinado objeto; ese algo es lo que definimos como: COORDINACION. De igual manera, entonces trataremos de estudiar (hecha esta considera

ción), en forma independiente: qué es la duración de una actividad reconociendo su importancia en el establecimiento de la duración del proyecto en conjunto (por medio de la suma de las duraciones de las actividades constituyentes del mismo) y al tener una duración secuenciada podremos integrar un programa (todavía incompleto por la no inclusión de recursos) que tendrá diferentes tipificaciones: condensado, preliminar, detallado, general, etc.

PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA DURACION DE UNA ACTIVIDAD.

En realidad no existen formas bien definidas para establecer la duración de una actividad ya que éstos son generalmente particulares de cada empresa, y son considerados como 'confidenciales' en la mayoría de los casos. Sin embargo para la elaboración de un estimado en ingeniería, se debe partir de dos puntos básicos (técnico y humano) que son:

a).- Resultado del análisis practicado en datos obtenidos de trabajos realizados con anterioridad.

b).- Experiencia del grupo encargado de la elaboración, revisión y actualización del estimado.

El punto a) es lo que habíamos mencionado como 'Estadística' de los proyectos, ya que mediante su análisis podemos tener diferentes caminos para determinar la duración de la actividad, (tanto individual como de conjunto para establecer la duración del proyecto). Es el más importante ya que el punto b) se refiere a la aplicación de la gente experimentada para mejorar en la calidad del estimado.

A continuación describimos un procedimiento general para estimar la duración de una actividad:

1.- En general todo se resume al procedimiento particular de la compañía encargada de realizar el diseño de la ingeniería. En nuestro caso proponemos que este procedimiento esté basado en la experiencia anterior de proyectos realizados o sea, la Estadística disponible. De esta forma se establece que:

$$\underbrace{\left[\begin{array}{c}\text{DURACION TOTAL}\\ \text{DE LA ACTIVIDAD}\end{array}\right]}_{D} = \underbrace{\left[\begin{array}{c}\text{UNIDADES}\\ \text{DE}\\ \text{TIEMPO}\end{array}\left\{\text{LA ACTIVIDAD}\right\}\right]}_{A} * \text{DPTO.} \underbrace{\left[\begin{array}{c}\text{ACTIVIDAD}\\ \text{REQUERIDA}\end{array}\right]}_{B} * \text{DPTO.} \underbrace{\left[\begin{array}{c}\text{FACTOR}\\ \text{ALCANCE}\\ \text{PROYECTO}\end{array}\right]}_{C}$$

Las actividades pueden ser:
Balances de Materia y Energía.
Diseños de equipo.
Elaboración de planos. (Diagramas de Proceso, Civiles, Arquitectónicos, Eléctricos, etc.)
Cálculos intrínsecos.
Preparación de documentos diversos: hojas de datos, -- lista de líneas, indice de servicios.
Estudios diversos.
Especificaciones de Equipo y materiales, etc.
Actividades de Procura.

Lo anterior se explica de la manera siguiente:

A).- Este término, significa que de la información disponible existen datos confiables que son 'estándares' para - la realización de una actividad específica. Estas duraciones pueden ser en días, semanas, meses, etc. Esto se derivó de la realización de proyectos similares que podríamos agrupar en:

a) Proyectos Petroquímicos.
b) Proyectos Refinación.
c) Proyectos Especiales.

Los proyectos petroquímicos a su vez constan de la realización de:

Plantas Criogénicas (recuperadoras de Etano y licuables).
Plantas Fraccionadoras de hidrocarburos.
Plantas Endulzadoras de hidrocarburos.
Plantas de Etileno, etc.

Y cada una de estas plantas tiene un período o duración en su realización determinado, lo cual establece el antecedente de poder tener un Programa Preliminar que establezca la duración del Proyecto en conjunto.

Debemos entonces aclarar que para la realización de un proyecto en su fase diseño de Ingeniería requiere de la participación como mencionamos anteriormente, de Departamentos especializados o unidades funcionales (Proceso, Mecánica, Eléctrico, etc.), los cuales a su vez tienen determinada duración en el período de tiempo que dura el proyecto. Dicha duración está constituída por el desempeño de actividades específicas y en forma secuenciada y organizada. Por lo tanto estas duraciones son las registradas en un banco de datos que conforma la Estadística del proyecto específico o determinado. Por lo tanto la duración de la actividad en A) está ya establecida.

El término B) es la actividad que se requiere efectuar para el proyecto 'nuevo', entonces éste término es multiplicado por un factor C) que esté dado por el alcance del proyecto y que consiste en saber básicamente:

a).- Si el proyecto a realizar es duplicado de alguna base.

b).- Si la actividad a realizar es más compleja que la 'standar'. Esto es derivado de la experiencia que tenga el grupo encargado de elaborar el estimado. Precisamente aquí hacemos enfásis a la importancia que radica el hecho de saber Ingeniería de Proyecto ya que para cada actividad hay que formular:

- Qué es y para qué sirve.
- De qué información necesita.
- Cuál es su método de realización actual: mecanizado o manual.
- Cuáles son los recursos requeridos.

Por lo tanto, la estimación de la duración global de la actividad depende de estos factores en forma básica. Decir: D = A*B*C

2.- Aunado al procedimiento anterior debemos tomar también en cuenta factores tales como: al reducir todo el uso de recursos al factor común dinero (multiplicando la duración por el costo del uso en dinero), nos damos cuenta que al variar la duración de la actividad varía el costo directo y los recursos requeridos.

Cuando hablamos de duración debemos cuidar ser explícitos. Ya que como mencionamos anteriormente, la duración gira alrededor del método de realización ya que existe una relación directa entre el tiempo y costo de realización de una actividad. Por lo tanto, esta relación debe tomarse también en cuenta al establecer la duración estimada de la actividad.

Entonces tenemos dos situaciones extremas: duración normal se tendrá un costo normal, pero si se comprime esta -

duración se aumenta el costo hasta un límite más allá del -- cual, aunque se utilice un número infinito de recursos con - el consecuente costo, no podrá reducirse la duración de la - actividad. En este caso, también el aumento de la duración - normal incluye un costo adicional innecesario. También en - esta situación hay que tomar en cuenta la eficiencia del personal o equipo para desarrollar la actividad en el rango de- duraciones posibles.

Este punto se tratará con mayor detalle en la determinación del costo mínimo del proyecto al aplicar el Método de la Ruta Crítica (CPM).

3.- Asimismo hay que tomar en cuenta las contingencias que son factores que impiden el avance del trabajo y sobre los cuales no se tiene control ¿Cómo tomar en cuenta las contingencias en la estimación de la duración de una actividad?. En la duración estimada de actividades específicas nunca deben incluirse contingencias por mal tiempo o alguna otra causa que pueda influir; lo que se recomienda es entonces usar un factor de contingencia pero para el proyecto completo y agregarlo a nuestro plan o modelo al final del programa.

4.- Quizá un hecho que normalmente no es tomado en cuenta por la mayoría de los estimadores es las incertidumbres relativas a la naturaleza o complejidad de actividades específicas que deben realizarse, ya que éstas presentan problemas serios, respecto a la validez de cualquier estimación de costo. Esto podría tener importancia en aquellas actividades de proyectos 'estándares' que salen fuera de especificación o estadística contemplada, principalmente debidas al tipo de proceso a emplear. Para manejar situaciones como la descrita, se ha desarrollado una solución estadística, usando tres estimaciones de tiempo para cada actividad:

- La estimación optimista del tiempo (a)
- La estimación más probable del tiempo (m)
La estimación pesimista del tiempo (b)

La técnica PERT (Técnica de revisión y evaluación de proyectos) determinó un tiempo 'esperado' t'e' de una actividad, aplicando la siguiente relación:

$$t\ 'e' = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Esta ecuación está respaldada por la teoría de distribución de probabilidades normal. En donde t 'e' divide en -

la mitad exactamente el área que encierra esta distribución, es decir existe un 50% de posibilidades de que sea la duración correcta.

5.- Hay que tener en cuenta la disponibilidad de recursos de la persona encargada de desarrollar su actividad. Es decir, si tiene opción a realizar la actividad en un tiempo normal o por cargas de trabajo, retardará su realización. -- Esto también está influenciado por la prioridad que tenga el proyecto a desarrollarse dentro del gran total.

6.- Una actividad específica puede tener un número determinado de ediciones y revisiones dependiendo de la información generada en el desarrollo del trabajo. Por ejemplo:

Un Plano de Localización General de Equipos:

a).- Edición Preliminar. (03/04)
b).- Edición para Aprobación. (06AP)
c).- Edición aprobado para Diseño Inicial. (06D1)
d).- Edición aprobado para Diseño Final. (06D2)
e).- Edición aprobado para Construcción. (07)
f).- Revisión 0. (Por cambios en el suministro del alcance por cliente)
g).- Revisión 1. (Rearreglo general de tuberías y equipo mayor).
h).- Revisión 2. (Modificaciones por información de fabricante de equipo).
i).- Revisión 3. (Modificaciones por diseño definitivo civil de edificios).

Por lo que, en las 1a. ediciones, la duración es mayor, decreciendo en el orden de secuencia descrito, haciéndose mínima la duración en el caso de las revisiones.

EJEMPLO DE APLICACION

A continuación aplicaremos el método descrito anterior para estimar la duración de las actividades principales que realiza durante un proyecto el Departamento de diseño de Proceso. Estableciendo la duración normal de las diversas actividades que se indican, para un proyecto de una Planta Industrial Tipo.

1.- Análisis y elaboración de las Bases para Diseño de Proceso.

Descripción:

Se recibe del cliente, la información básica que se analiza; y se determina la información faltante que es pedida al cliente mediante un formato establecido. Dicha información básica es: Función de la Planta, Capacidad, Rendimiento, Flexibilidad, Tipo de Proceso, Características de la (s) Carga (s), Condiciones de la Carga en Límite de Batería, Características de los Productos, Condiciones en Límites de Batería de los Productos y Disponibilidad de Servicios Auxiliares del Proceso.

Información necesaria:

Consiste en la información básica que proporciona el cliente y la orden de trabajo correspondiente del Jefe de la División de Proceso que establece la fecha de iniciación de la actividad de acuerdo a la Planeación del Proyecto efectuado por el Gerente de Proyecto.

Duración:

Es variable, dependiendo del tipo de planta y de la in

formación que proporcione el cliente. Sin embargo, en forma apróximada, se estima una duración de 2 a 3 semanas (apróximadamente 100 horas-hombre) para esta actividad.

2.- Elaboración de Diagramas de Flujo de Proceso.-

Descripción:

Es un documento que contiene información fundamental-- para el diseño de la planta en cuestión, la cual consiste -- esencialmente en la representación esquemática de cada uno - de los equipos de proceso y su interrelación, mostrándose - los instrumentos básicos de control del proceso y un cuadro-sinóptico de balance de materia y energía, así como de las - propiedades físicas de las corrientes principales.

Información necesaria:

Bases de diseño del proceso y alternativas del proceso.

Duración:

La duración de esta actividad se dá en función del - - tiempo que se invierte en el cálculo de cada equipo o en función del tiempo estimado para hacer los diagramas.

En primer lugar, se dan las duraciones estimadas de - las diferentes actividades que se efectúan durante la selección de la alternativa más adecuada. Cuando se dá el nombre de un equipo, se refiere al cálculo correspondiente:

Decisión del método de cálculo 1 día (2 horas-hombre).

Torre absorbedora	2 días (5 horas-hombre)
Torre fraccionadora	3 días (8 horas-hombre)
Torre Agotadora	4 días(12 horas-hombre)
Torre de Vacío	4 días (25 horas-hombre)

Torre atmosférica	8 días (40 horas-hombre)
Conjunto de recipientes	1 día (5 horas-hombre)
Horno de carga a torre	1 día (3 horas-hombre)
Compresor o expansor	1 día (4 horas-hombre)
Conjunto de cambiadores de calor.	1 día (5 horas-hombre)

Después de seleccionar la alternativa más adecuada, se procederá al cálculo detallado de los equipos que integran la planta así como a efectuar el balance de materia y energía.

La duración del cálculo detallado de los equipos, será aproximadamente el doble de la duración estimada para el caso de estudio y selección de alternativas, es decir, si para un determinado equipo se daban 2 días (5 horas-hombre) para el cálculo detallado se darán 4 días (10 horas-hombre).

El Balance de Materia y Energía tiene una duración estimada de 3 días (7 horas-hombre).

La revisión de los cálculos por métodos cortos tendrá una duración aproximada de 10 días (50 horas-hombre).

Por lo que respecta al tiempo estimado para hacer los diagramas y tomando en cuenta que éstos se emiten en 4 ocasiones, se pueden establecer los siguientes tiempos aproximados de duración de las etapas de elaboración que se mencionan por diagrama involucrado.

Diagrama de Proceso Preliminar.

Duración total 9 días (52 horas-hombre) que incluye: 3 días (16 horas-hombre) para el Ingeniero de Proceso, 5 días-

(28 horas-hombre) para dibujo y revisión y 1 día (6 horas-hombre) para la revisión por parte del Ing. de Proceso.

Diagrama de Proceso para Aprobación.

Duración total 15 días (95 horas-hombre) que incluye:

10 días (63 horas-hombre) para el Ingeniero de Proceso

4 días (24 horas-hombre) para dibujo y revisión.
1 día (8 horas-hombre) para la revisión por parte - del Ing. de Proceso.

Diagrama de Proceso para Diseño.
Duración total de 8 días (43 horas-hombre) que incluye:

5 días (25 horas-hombre) para el ingeniero de proceso.
2 días (13 horas-hombre) para dibujo y revisión.
1 día (5 horas-hombre) para la revisión por parte - del Ing. de Proceso.

Diagrama de Proceso aprobado para Construcción.
Duración total de 11 días (43 horas-hombre) que incluye:
5 días (18 horas-hombre) para el Ingeniero de Proceso.
3 días (20 horas-hombre) para dibujo y revisión.
1 día (5 horas - Hombre) para la revisión por parte - del Ing. de Proceso.

3.- Criterios de Diseño.-

Descripción:

Consiste en la definición y descripción de los criterios de diseño de los principales equipos del proceso, así como -

de los criterios generales de la planta. Dicho documento tiene tres ediciones.

Información requerida.

Diagramas de flujo de Proceso Preliminares. Manuel de cálculo de la planta, Manuel de Cálculo de los equipos y Bases de Diseño.

Duración.

Incluyendo tiempo de mecanografiado y copias, las duraciones pueden darse aproximadamente de la siguiente manera:-

Primera edición: 10 días (40 horas-hombre).
Segunda edición: 12 días (57 horas-hombre).
Tercera Edición: 9 días (24 horas-hombre).

4.- DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE EQUIPO.

Descripción.

Consiste en establecer las dimensiones preliminares de los diversos equipos de proceso, por métodos simplificados, usualmente para propósitos de su localización tentativa en el espacio disponible para la construcción de la planta.

Información requerida.

Lista de equipo de proceso, criterios de diseño, bases de diseño y balance de materia y energía para la alternativa seleccionada.

Duración.

Considerando 5 horas-hombre por equipo y 15 días para realizarse.

5.- Información Complementaria.-

Consiste en la incorporación de la información necesa-

cia por parte del Departamento de diseño de Proceso para llevar a cabo el Diseño del equipo, Tuberías e Instrumentos. - Dicha información está integrada por las siguientes partes:

- Diagrama de Balance de Materia y Energía y Balance - de Materia y Energía.
- Datos de proceso para Diseño de Tuberías y Especificaciones de Instrumentos.

Información requerida.

Para elaborar el Diagrama de Balance de Materia y Energía: se requiere del Diagrama de Flujo de proceso (Edición - para aprobación).

Para elaborar el Balance de Materia y Energía: se requiere de Bases de Diseño, Diagrama de Flujo de Proceso (Edición preliminar) y Criterios de diseño, primera edición.

Para elaborar la forma de datos de Proceso, para diseño de tuberías y especificaciones de instrumentos se requiere de Bases de Diseño, Criterios de diseño, Primera edición, Balance de Materia y Energía y un estudio detallado acerca del comportamiento del proceso bajo diferentes condiciones de operación.

Con la información mencionada se puede elaborar y emitir la primera edición de Información Complementaria.

Duración:

Aproximadamente 17 días (280 horas-hombre).

6.- Elaboración de las Hojas de Datos de los Equipos - de Proceso.

Descripción:

Consiste en la elaboración de los cálculos necesarios y el vaciado de la información correspondiente, relativo al diseño, especificación y selección de los diversos equipos de proceso, utilizando las hojas de datos específicas para cada una de las unidades involucradas.

Información requerida.

Por lo general deberá tenerse el Diagrama de Flujo de Proceso en Edición (aprobado para diseño), Criterios de diseño de equipos, bases de diseño de la planta, manuales de cálculo y requisitos específicos del proceso.

Duración:

Es muy variable y depende de las características de los diversos equipos de proceso, así como de la cantidad de información que sea necesario incluir en las hojas de datos. En forma aproximada se pueden establecer los siguientes tiempos normales:

- Conjunto de recipientes.

  a).- Preliminar: 10 días (12 horas-hombre). Revisiones de otros Departamentos: 5 días.

  b).- Aprobado para diseño preliminar: 10 días posteriores a la primera edición (3 horas-hombre).

  c).- Aprobado para diseño final: 10 días después de que se edite el DTI para aprobación (3 horas-hombre)

- Torres de destilación y de absorcion.

  a).- Preliminar: 15 días (40 horas-hombre). Revisiones de otros departamentos: 5 días.

  b).- Aprobado para diseño preliminar: 10 días (15 horas-hombre).

c).- Aprobado para diseño final: 10 días (15 horas-hombre).

- Internos de torres (platos y empaques).

a).- Para cotización: 10 días (20 horas-hombre).

b).- Para diseño: 5 días (7 horas-hombre).

- Compresores, expansores y ventiladores.

a).- Para cotización: 5 días (45 horas-hombre). Revisiones de otros Departamentos: 5 días.

b).- Para diseño: 5 días (10 horas-hombre).

- Reactores.

Para diseño: 5 días (40 horas-hombre). Esto es sin incluir tiempo requerido para determinaciones experimentales en planta piloto o en el campo.

- Información de Proceso para el diseño de cambiadores de calor. Para diseño: 5 días (5 horas-hombre).

- Conjunto de calentadores a fuego directo. Hoja de datos de proceso. Para diseño: 5 días (20 a 25 horas-hombre).

- Eyectores.

a).- Preliminar: 8 días (35 horas-hombre).
b).- Para diseño: 5 días (33 horas-hombre).

7.- Participación en la elaboración de las Filosofías Básicas de Operación.

Descripción:

Consiste en la participación del Depto. de Proceso en la elaboración del documento descrito. Es responsabilidad esta actividad del Depto. de Operación.

Información requerida.

Diagrama de flujo de proceso (aprobado para diseño) y criterios de diseño.

Duración apróximada: 20 días (100 horas-hombre).

Estas son las actividades principales que realiza el Depto. de Proceso en un proyecto de una Planta Industrial de diseño nuevo, y con una complejidad notable, aquí considere la ejecución de un número de proyectos determinado y también con la disponibilidad existente.

De la misma forma como se llevó a cabo el procedimiento propuesto, para estimar la duración de las actividades para el Departamento de Proceso, se tiene ya una infraestructura tal que prácticamente están cuantificados todos los demás departamentos involucrados en este tipo de proyectos de Plantas Industriales.

En el capítulo posterior (Programación de Proyectos Industriales), se establecerá por medio del método de la ruta crítica, la duración del proyecto en conjunto. La función tiempo no es acumulativa como en el caso de los recursos y/o costos de la Ingeniería que son la suma global de todos y c/u de los recursos y costos originados por las actividades de un proyecto. En este caso, el tiempo en conjunto es determinado por la secuencia de actividades interrelacionada más larga desde el inicio del proyecto hasta su terminación.

Dicha trayectoria es la ruta crítica del proyecto y a su vez está compuesta de actividades críticas del proyecto.

TIPO DE PROGRAMAS DE ACTIVIDADES DE PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES.

De acuerdo a la cantidad y calidad de la Información,- es como el Departamento de Planeación y Programación podrá - elaborar calendarios de trabajo para los proyectos de Plan - tas Industriales que haya que realizar.

Teniendo en cuenta lo anterior existen tres tipos de - programas y éstos son:

a).- Programa condensado del proyecto (± 30 % error)

b).- Programa Preliminar del proyecto (± 20 % error)

c).- Programa General o definitivo del proyecto - - - (± 5 % error).

Este tipo de programas tendrá menor o mayor validez -- según se defina el alcance del proyecto a realizar:

- Si es una planta de diseño totalmente nuevo.
- Si la Ing. Básica es comprada a algún licenciador,-- teniendo que adaptarla para poder desarrollar la Ingeniería de detalle.
- Si la planta es idéntica a una ya instalada.
- Si habrá autorización para adquirir todos los equi - pos y materiales de la planta y poder terminar totalmente el diseño de la Ingeniería.

Dependiendo de estos factores, la duración del proyec-

to podrá aumentar o disminuir, afectando directamente a la duración de cada actividad específica.

A continuación describimos con detalle el alcance de cada uno de estos tipos de programas, su utilidad y objetivo, la información mínima requerida para su elaboración, así como ejemplos que ilustran en forma detallada su etapa correspondiente.

Elaboración de un programa condensado del proyecto.

Un programa condensado del proyecto es un documento generado por el Depto. de Programación de Proyectos, que nos indica la duración total de un proyecto. Esto es una forma muy preliminar y su utilidad depende en mucho de la experiencia del Ing. de Programación que lo elabore. Resume la duración de las distintas especialidades que participan en el proyecto, así como las horas-hombre que se llevaría para su realización total y por especialidad; ésto, en base al estimado de H-H de Ing. de orden de magnitud calculado con la información que a continuación se describe:

Tipo de Planta.- (Fraccionadora, Reformadora, Criogénica, etc.).

Capacidad de la Planta (X ton/año) y Proceso seleccionado.

Lista de equipo preliminar.

Documento emitido por Admón. de Proyectos donde se fije un alcance preliminar del proyecto (documento anterior inmediato a las Bases de diseño).

Programa preliminar de actividades por el Depto. de Ingeniería de Diseño de Proceso.

Con esta información se complementa también el programa condensado en la parte de adquisición de equipo y material - más importante en el desarrollo y consumación del proyecto.- Se recalca que ésto es en forma preliminar (con un ± 30% de- error aproximadamente) ya que no se tiene una definición exacta en la Ing. Básica y menos de la Ing. de Detalle del pro - yecto.

Lo descrito anteriormente, está considerando el criterio de que se trate de un proyecto nuevo tanto en el tipo de- proceso como en capacidad de la planta. Es decir, que para- proyectos de diseño similar e incluso idéntica planta es otro el criterio a seguir:

Por contar con toda la historia del contrato base anterior, lo que se hace es lo siguiente:

Actualizar únicamente el programa condensado, de acuerdo a como se desarrolló el proyecto base tanto en su Fase de Ingeniería (Básica y Detalle), como en la Adquisición de - - equipo y material y transferirlo al contrato que se quiere - duplicar o reproducir. Esto hace entonces, que el programa- tenga una confiabilidad mayor en cuanto a la exactitud con - que se estima, dure el proyecto y con cuántos recursos en -- forma global, para realizar este proyecto.

PROGRAMA CONDENSADO DEL PROYECTO.-

PLANTA FRACCIONADORA DE HIDROCARBUROS COATZACOALCOS, VER. (50×10^3 BPD)

DESCRIPCION	H-H \ mes	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
Admón. de Proyectos		
Ing. Diseño de Proceso		
Ingeniería Mecánica		
Ingeniería Recipientes		
Transferencia de calor		
Diseño tubería p/planta		
Ingeniería Eléctrica		
Ingeniería Civil		
Arquitectura		
Automatización de la planta		
Operación		
Activ. de Procura		
Compresores		
Recipientes		
Bombas		
Subestac. elec.		
Cambiadores de calor		
Hornos		
Grúas		
Material de tuberías		

Estructura del Programa Condensado del Proyecto.

El programa se inicia con las actividades de Ing. de diseño de proceso que a partir de la información básica del -- proyecto anterior mencionado, empieza a generar documentos - coco: Balance de Materia y Energía, Diagramas de Flujo de -- Proceso, Información complementaria para diseño de Cambiadores de Calor y la emisión de H. Datos de equipo de Proceso.- En base a ésto, distintas especialidades de Ingeniería se encargan de hacer el diseño y posteriormente la adquisición de los equipos diseñados (Ing. de Procura). En esta etapa también Proceso emite los Diagramas de Tubería e Instrumentación de la Planta, Plano de Localización general de equipos, Lista de líneas de proceso, servicios auxiliares, desfogue, etc, información que es la precedencia para el Diseño de las rutas de tubería de la planta, la Ing. eléctrica y civil (tanto de concreto co o estructural metálica) y a su vez estas - especialidades generan información como retroalimentación -- por concepto de dibujos proporcionados por el fabricante, para ajustar el diseño de los equipos, con lo que fabrica y -- proporciona el proveedor seleccionado. Esto es en forma general la manera como se arma la estructura de un programa - condensado del proyecto, tomando en cuenta criterios de duración de los proyectos, tales como: para plantas mayores 24-- meses, para plantas menores de 18 a 20 meses y para plantas- de mediana capacidad de 20 a 24 meses, tomando en cuenta el- grado de complejidad del proceso y la densidad de equipo mayor de proceso (en cuanto a cantidad de equipos).

Programa Preliminar del Proyecto.

Cuando se tiene definido un programa de actividades para el Depto. de Ing. de Diseño de Proceso, se puede entonces generar ya, un programa preliminar del proyecto, el cual deberá contener a todas las especialidades que estarán involucradas en el desarrollo del proyecto, estimando el tiempo de duración para realizar cada una de sus actividades y haciendo una lista de actividades posibles a desarrollar. Tiene este programa carácter de preliminar precisamente porque las duraciones y actividades se proponen como posibles a verificarse de acuerdo al tipo de planta y a la complejidad del proceso. Dichos tiempos y definición de actividades, parten de una base: la estadística de proyectos similares o de igual diseño proyectados anteriormente.

Una vez elaborado este documento, se procederá a realizar una reunión con las personas involucradas en este calendario, dando un márgen de apróximadamente 5 días para que lo revisen y en esa reunión externen sus comentarios a las actividades ahí enlistadas y también a la secuencia y duración de las mismas.

En resumen, un calendario preliminar del proyecto es el documento que elabora el Depto. de Programación de proyectos y que estará sujeto a comentarios de las especialidades involucradas referentes a definición de actividades a realizar y duración de las mismas. Siendo de importancia fundamental su emisión ya que es el punto de partida para integrar los trabajos iniciales del proyecto a realizar y de esta forma definir la probable trayectoria del proyecto en el futuro.

Información requerida para editar un programa preliminar del proyecto.

- Programa Ing. de Diseño de Proceso actualizado.
- Bases de Diseño.
- Arreglo general de Equipos (PLOT-PLAN) en su edición para aprobación.
- Tabla o matriz de precedencias (para todas las especialidades).
- Cuestionario para la elaboración de un programa en - esta fase preliminar (Alcance del proyecto).

A continuación se da un ejemplo de programa preliminar del proyecto y cuyo título se denominó: Tratamiento secundario de las aguas de desecho de la Refinería de Minatitlán,-- Veracruz.

PROGRAMA PRELIMINAR DEL PROYECTO

NOMBRE: TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS DE DESECHO DE LA REFINERIA DE MINATITLAN, VERACRUZ.

Partida	DESCRIPCION	ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC
	PROCESO:	
1	Libro de proceso	
	SISTEMAS:	
5	Indice de servicios	
	OPERACION:	
10	Manual de operación	
	MECANICA:	
15	Bomba R-504 Ing.	
16	Compras	
17	Desnatadores	
	TUBERIAS:	
18	Registros de agua aceitosa	
19	Tubería subterránea	
20	Sistema contra incendio	
	ELECTRICO:	
25	Arreglo eq. elect. en subest. y ac., alumbrado	
26	Distrib. de fuerza y alumbrado	
27	Diagramas de control	
28	Transformadores sp ing.	
	compras	
30	Tablero S. ppal. ing.	
31	compras	
32	Materiales varios	
	ARQUITECTURA:	
35	Cuarto de control	
	CIVIL CONCRETO:	
	Perfil Hidráulico	
	Detalles constructivos:	
40	Fosas de retención	
41	Canal de transición	
42	Sistema de Lagunas	

PROGRAMA PRELIMINAR DEL PROTECTO HOJA 2 de 2

Partida	DESCRIPCION	ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC EN
43	Canal de salidas	
44	Operación de efluentes	
45	Diques	
46	Urbanización y planificación	
	AUTOMATIZACION:	
50	Requisitos Específicos	
51	Hojas de Datos de Instrum.	
52	Analizador pH Ing.	
53	Compras	
54	Desplazador nivel	
55	Registradores temp. y manom.	

PROGRAMA DEFINITIVO DEL PROYECTO.

Es el calendario de trabajo que comprende toda la Ingeniería de proyecto a realizarse para una determinada instalación industrial. Contiene desde el inicio de Ing. Básica, Ing. Detalle hasta la adquisición de equipo y/o material, hasta el final de su fabricación. Es el documento más necesario para el buen control de un proyecto, ya que presenta la estructura del proyecto en forma desglosada de todas y c/u de las especialidades que participan en el desarrollo del proyecto, y que es de mucha utilidad para el Administrador del proyecto, ya que se contempla el avance del proyecto, el atraso de determinadas actividades críticas que afectan directamente la fecha que tiene de duración el proyecto. Además en el programa general del proyecto, al ser un documento oficial de trabajo, nos indica las cargas de trabajo y requerimientos de recureos que requiere determinada especialidad para terminar sus actividades en el tiempo programado.

En resumen: un programa general del proyecto nos presenta la lista de actividades definitivas a realizar, la duración y secuencia de cada una de ellas, las etapas o eventos claves dentro de la Ing. de Proyecto, la fecha programada de terminación del proyecto, así como la densidad de trabajo y por consiguiente el requerimiento de trabajo por unidad de tiempo y el grado de avance del proyecto.

Información requerida para editar el Programa definitivo del proyecto.

- Programa preliminar del proyecto revisado y comentado por las especialidades involucradas.
- Minuta o resumen de la junta realizada para rev. del programa preliminar.

- Documentos generales del proyecto:

  Bases de diseño completas
  Lista de equipo definitiva.
  Alcance del proyecto definitivo.
  Estimado definitovo de H-H.
  Procedimiento de Adq. de equipo y materiales.

Información que contiene el Programa definitivo del -- Proyecto.

- Calendario de trabajo de todas las especialidades involucradas en el desarrollo del proyecto.
- Actualización de avance del proyecto hasta la fecha- en que se edita el programa.
- Edición, fecha y no. de la revisión.
- Aprobación de las autoridades correspondientes a cada especialidad así como de la Subdirección de Ing.- de Proyectos.

Utilización del programa definitivo del proyecto.

- Control de las actividades a desarrollar en un pro-- yecto.
- Generador de documentos de control:
  - Listado de actividades a realizar por mes de trabajo.
  - Curvas de avance del proyecto por especialidad y - total.
  - Redes condensadas del proyecto.
  - Programa condensado de avance del proyecto (consumo de H-H y avance real).
  - Fechas claves del proyecto.

A continuación se presenta un programa general del proyecto, generado por el Instituo Mexicano del Petróleo para - llevar a cabo el diseño de la Ingeniería de una Sección de - Endulzamiento y Compresión de Etano para una Planta Tratadora y Fraccionadora de Hidrocarburos, la cual se encuentra en Cactus, Chiapas y que a la fecha de corte suma un avance general del 97% considerando las actividades realizadas hasta- el 31 de mayo de 1982.

PROGRAMA GENERAL DEL PROYECTO

REVISION	
2	11 - SEP - 81
1	7 - ABRIL - 81
0	6 - OCTUBRE - 80

CONTRATO	NOMBRE	CLIENTE	REVISION	EDICION AL	HOJA
1171	ADICION DE LA SECCION DE TRATAMIENTO CON DEA Y COMPRESION DE ETANO DE LA UNIDAD TRAT. Y FRACC. DE HIDROC. II, CACTUS, CHIS.	PEMEX	2	2 - AGOSTO - 82	1 DE 9

PART	DESCRIPCION	%
	GENERAL	
1	Procedimiento de Trabajo	
2	Estimado de H-H y Costos	
3	Bases de Diseño	
4	Libro de Especificaciones	
5	Libro de Datos de Fabricante	
	PROCESO	
8	Diagrama de Flujo de Proceso	
9	Diagrama de Balance de Serv. Aux.	050
10	Lista de Equipo	
11	Información Complementaria	
	Hojas de Datos:	
14	Reactores	
15	Malla separadora	
16	Torres	
17	Internos Torres	
18	Filtros	
19	Compresores	
20	Lista de Datos de Camb. de Calor	
22	Descripción del Proceso	
23	Libro de Proceso	
24	Filosofía Básica de Operación	
25	Dimensionamiento Preliminar	
26	Criterios de Diseño	

1980 — ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC
1981 — ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC
1982 — ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL

CLAVE DE ACTIVIDADES REALIZADAS

01 - INFORMACION BASICA
02 - CALCULOS
03 - DIBUJO
04 - DIBUJO A LINEA (REPRODUCIBLE)
05 - JUNTAS DE REVISION
06 - DIC VTO ESPECIF PARA DIS DE INST O APARAT
07 - DIC VTO ESPECIF PARA APEAL DE INST
08 - PREP DE LA REVISION PARA CONCURSO
09 - PREP DE LA REVISION DE RESULTADOS
10 - SOLICITUD DE COTIZ O TRAMO DE ORD AL CLIENTE
11 - RECEPCION DE COTIZACIONES
12 - TABULACIONES
13 - APROBACION POR EL CLIENTE
14 - DOCUMENTOS DE COMPRA
15 - REVIS DE DOC PREL DEL PAP
16 - REV DE DOC DEL PAP
17 - RECEPCION DE DOC DEL PAP
18 - TOMA DE PARTE Y ENDOSADOS

OBSERVACIONES

Nota - Todas las partidas con % (porcentaje pesado) ya se han realizado, considerándose como actividades sin avance para el proyecto. Lo determinado de la porcentualidad está en base al estimado original de H-H por parte, con fecha 06-80.

DIR. ARQUITECTURA	
DIR. CONTROLES	
DIR. PROCESOS	JEFE PROYECTO
DIR. INGENIERIA	

15/9/81

DURACIONES DE EVENTOS CLAVE EN INGENIERIA DE PROYECTOS DE -- PLANTAS INDUSTRIALES.

Existen también datos basados en Estadísticas y que - han conformado ciertos modelos o patrones que se tienen como 'base' para llevar a cabo los proyectos de Plantas Industriales en un tiempo dado.

Esto es posible debido a las revisiones y restructuraciones a las matrices de precedencias establecidas en forma 'estandar' por las diferentes especialidades involucradas en la realización de un proyecto. Teniéndose como consecuencia el establecimiento de eventos clave ('milestone').

En la forma general para un proyecto de diseño de Ingeniería de una Planta Industrial, se tiene los tiempos de ocurrencia de los eventos clave, de la manera siguiente:

Descripción del Evento Clave:	Tiempo ocurrencia (meses) (respecto al inicio del proyecto)
- Inicio de Ingeniería Básica	0
- Fin de Ingeniería Básica	8
- Inicio de Ingeniería de Detalle	6
- Recepción del Estudio de Mecánica de suelos.	14
- Información para inicio de Construcción.	22
- Fin de Ingeniería de Detalle	36 - 42
- Cierre del Proyecto.	48
- Recepción de Equipo crítico en campo	38

- Recepción de Materiales críticos en campo 46 -54
- Final de Construcción. 60 - 66

Estos datos son tomando en consideración que estamos abarcando la totalidad de actividades que se pueden ejecutar en el Diseño de una Planta Industrial: El proceso es complejo, la capacidad es grande (del orden de $5X10^5$ ton/año), el num. de equipos es de 200-250. La Instrumentación de la planta es totalmente automatizada (operada por una computadora electrónica). El material para equipo y tuberías es especial (por lo tanto su diseño es más detallado). Es entonces un proyecto 'tipo' que es representativo para cualquier Planta Industrial a proyectar.

DEMANDA DE RECURSOS EN LA INGENIERIA DE PROYECTOS

GENERALIDADES:

En la mayoría de los casos, la planeación y programación de los proyectos se hace en la forma de que sólo se analizan y controlan: la duración del proyecto y el costo del mismo. Es decir, no se presta la debida atención hacia el elemento básico con que se realizan las actividades del proyecto, este elemento valioso son los Recursos, pudiendo serestos; el ser humano, capital, maquinaria, materiales, etc.

En efecto, cuando existe un retraso en los proyectos se aumentan considerablemente sus costos (ya que rebasa una duración normal, teniéndose erogaciones innecesarias e inútiles). Estos retrasos se considera en general que se deben a una mala coordinación en el trabajo, una eficiencia baja, etc. Pero el error no se encuentra del todo en la Administración del proyecto sino en la Planeación y programación del mismo; ya que no se ha tomado en cuenta desde el inicio la disponibilidad de recursos con que se cuenta, o bien, el pronóstico de la demanda de recursos fué 'sub-estimada'.

En el diseño de la Ingeniería de Proyecto, el recurso fundamental bajo el cual se determina la duración y el costo del mismo es: la hora-hombre. Esta unidad nos permite evaluar además de los conceptos anteriores, la demanda y disponibilidad de los recursos para posteriormente hacer la nivelación de los mismos por medio de la Asignación de los recursos.

El objetivo de realizar la estimación de las Horas-Hombre (H-H) de Ingeniería, cubre un amplio panorama que podría

mos resumir en:

- Es la forma más práctica y aproximada de medir la cantidad de recursos que intervienen en un proyecto.
- Es necesaria su estimación para que comparativamente se pueda saber la magnitud del proyecto (presupuesto).
- Es necesario para la determinación del costo de inversión.
- Con las H-H de Ingeniería estimadas se puede aclarar el alcance del trabajo de cada especialidad.

Requerimientos para realizar un Estimado de H-H de Ingeniería:

Para realizar el estimado de H-H se debe tener un amplio conocimiento del medio en que se desenvuelve la Ingeniería de Proyecto. Es precisamente los Antecedentes estudiados con detalle al inicio de este capítulo, los que constituyen este cúmulo de conocimientos tan necesario para hacer una buena estimación de los recursos (H-H)del proyecto.

Definición de Estimado de H-H de Ingeniería.

Se define como el conjunto de métodos basados en relaciones empíricas y en experiencias anteriores que se utilizan para pronosticar la demanda de horas-hombre para llevar a cabo un proyecto.

A continuación se describen los diferentes métodos decálculo que existen para estimar las horas-hombre de un proyecto determinado.

METODOS DE CALCULO

El conjunto de relaciones empíricas de que se ha hecho mención anteriormente, son el resultado de la forma particular de cada firma de ingeniería (como ya lo habíamos establecido anteriormente) lo que implica, entre otras cosas, recopilar la información, seleccionar la que se considere más -- adecuada, la forma de presentarla y organizarla, etc. Todo- ésto conduce a pensar que cada contratista posee su propio - método de estimación de las H-H de Ingeniería y que una vez- más es considerada para su uso exclúsivo y por lo tanto es - totalmente 'confidencial'.

Sin embargo, en nuestro caso contemos con una Estadística tal que se tiene una buena cantidad de datos estadísticos, lo que permite analizar que es más conveniente en cada- caso. Ya que como vamos a estudiar en seguida, puede haber- estimaciones que se basen a las H-H por plano, equivalentes- a cierto número de activ. (un ejemplo sería considerar ciertas H-H para realizar un plano y el 70% correspondiente a Ingeniería y el 30% a dibujo), otro método podría ser H-H consumidas por equipo u H-H por actividad específica.

I.- Método general en caso de contar con una Estadística Adecuada.

Es el caso de nosotros, en el que se utiliza la información disponible, empleando para un mismo proyecto los di - versos métodos mencionados arriba.

$$\underbrace{\begin{bmatrix}\text{HORAS - HOMBRE}\\ \text{TOTALES DEL}\\ \text{PROYECTO}\end{bmatrix}}_{A} = \sum \underbrace{\begin{bmatrix}\text{H-H}\\ \text{UNITARIAS}\\ \text{POR:}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\text{ACTIVIDAD}\\ \text{PLANO}\\ \text{EQUIPO, ETC.}\end{Bmatrix}}_{B}\ \text{DPTO.} * \underbrace{\begin{bmatrix}\text{NUMERO}\\ \text{REQUERIDO}\\ \text{DE:}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\text{ACTIVIDADES}\\ \text{PLANOS}\\ \text{EQUIPOS, ETC.}\end{Bmatrix}}_{C}\ \text{DPTO.}$$

A).- Las horas-hombre totales del proyecto estarán dadas por la sumatoria del producto de B X C, ésto es por actividad, plano, equipo, etc., para cada una de las actividades que componen a determinada especialidad que en conjunto establecen las horas globales del Departamento específico. Sumando todos los departamentos involucrados,se tendrán las Horas-Totales requeridas para efectuar el proyecto.

Lo descrito anteriormente es fácil de leerlo, pero llevarlo a cabo es algo complejo. Esto se tratará de explicar-definiendo los términos B y C a continuación:

B).- H-H unitarias: son producto de los datos estadísticos; el resultado ha sido satisfactorio ya que se cuenta con las H-H unitarias respectivas para cada actividad de las que normalmente se realizan. Esto no quiere decir que estebanco de datos sea infalible ya que en un proyecto 'nuevo',-siempre surgen alternativas a su vez innovatorias, lo cual hace cambiar el tipo de actividades a realizar y por lo tanto hay que considerar estas circunstancias en forma de factores de acuerdo a la complejidad de esas nuevas actividades para modificar las horas-unitarias originales.

Por otro lado, este término B se refiere a:

Horas-Hombre unitarias por:

- Actividad.- Que puede ser función de el equipo total, equipo por servicio, número de planos o documentos,-etc.
- Plano.- Es función normalmente del equipo total o -- equipo por servicio.
- Equipo.- Obviamente está en función del número de -- equipo.

Ahora bien:

Las H-H por plano unitarias pueden estar considerando-civerseas actividades:

Diagrama de Flujo de Proceso: 50 H-H por plano.

De éstas: 60% es Ingeniería,
30% es Dibujo.
10% es Administración.

C).- Número de actividades: Está en función del alcance de los servicios de ingeniería a desarrollar:

- Ingeniería básica, detalle o ambas.

El número de actividades requeridas es producto de la-planeación del proyecto, empleando los conocimientos o antecedentes necesarios para realizar una estimación. Nuevamente para cada actividad hay que formular:

- Qué es y para qué sirve.
- De qué información requiere.
- Cuál es el método de realización.
- Cuáles son los recursos requeridos (independientemente de las H-H unitarias).

II.- Metodos particulares para estimación de Horas-Hombre de Ingeniería.

- Método de composición de factores.
  Consiste en obtener los factores o porcentajes con - los que cada grupo o especialidad intervienen en la-elaboración de un proyecto.
- Método de estimación por Equipo.
  Consiste en aplicar factores de consumo de H-H por - equipo. Se base en el establecimiento de una función

algebraíca que correlaciona los consumos de horas--- hombre que las distintas especialidades han registrado en cada proyecto con el número de equipos mayores que se diseñaron en cada caso. Otro criterio que se aplica en esta técnica es la selección del tipo de - equipo correspondiente a la especialidad estimada, ya que se ha observado que el comportamiento de las curvas de ajuste proporciona factores de correlación poco confiables cuando la agrupación no adopta dicho - criterio. Por ejemplo: Para Ing. Mecánica, considerar: Bombas, Compresores, Expansores, Turbinas, etc.; para Ing. de Recipientes: Torres, Reactores, Recipientes, Filtros, Tanques atmosféricos, etc.; para - Diseño de Proceso, considerar todos los equipos de - igual forma para el Diseño de Tuberías.

- Método de Estimación por Planos.

Consiste en aplicar un factor que proporcione las -- H-H que consume cada plano diseñado para el proyecto. Existen algunas variantes: trabajar con el total de dibujos del proyecto, obteniendo la demanda total del proyecto, o bien determinar los tipos de plano o dibujo que produce cada especialidad, y calcular entonces índices de consumo por tipo de plano/especialidad. Esta última opción proporciona directamente- la demanda por especialidad de cada proyecto.

Este método es de los más usados y con mayor confiabilidad ya que está basado en la recopilación de estadísti - ces de consumo de H-H por plano y que a su vez son unidades- de producción final de un trabajo de ingeniería. Es decir, -

hay una mayor trangibilidad y objetividad para ser apreciado como un pronóstico más adecuado de la cantidad de H-H requeridas para realizar un trabajo.

- Método de Estimación por Actividad Específica.-

Consiste en aplicar factores de consumo de H-H de cada actividad específica en este caso el tener un desglose -- completo estadístico, permitirá emplear este método ya que - debe existir un control muy riguroso de los cargos que se hagan a una actividad que ha sido dividida hasta su máxima especificidad.

- Método por Porcentaje de:

Costo total de la planta
Costo total de equipo
Capacidad de la planta en función del Costo de Ingeniería.

Este método está basado también en correlaciones que-- llevan a la construcción de las gráficas correspondientes y- por lo tanto el grado de aproximación no es muy exacto, pero- si no existe otra alternativa debido a la Información o premura de tiempo, puede darnos una buena idea de los recursos- requeridos, aunque sólo sea para propósitos de Estudios o de- alternativas de orden de magnitud.

CLASIFICACION DE ESTIMADOS

Los diferentes tipos de estimados de H-H de Ingeniería pueden clasificarse de acuerdo al Porcentaje de error que -- puedan tener de acuerdo a la cantidad y calidad de Informa - ción con que se cuente.

Para nuestro propósito clasificamos los estimados de - H-H en cuatro tipos:

- Estimados de Orden de Magnitud.
- Estimados para Estudio.
- Estimados Preliminares.
- Estimados Detallados.

Estimados de orden de magnitud.

Se preparan cuando la información existente es muy --- poca y refiere a:

- Tipo de Planta.
- Capacidad de la planta.
- Localización.
- Diagrama de Flujo Preliminar.
- Descripción y Alcance preliminar del proyecto.
- Programa condensado Preliminar (Diagrama de Grantt).

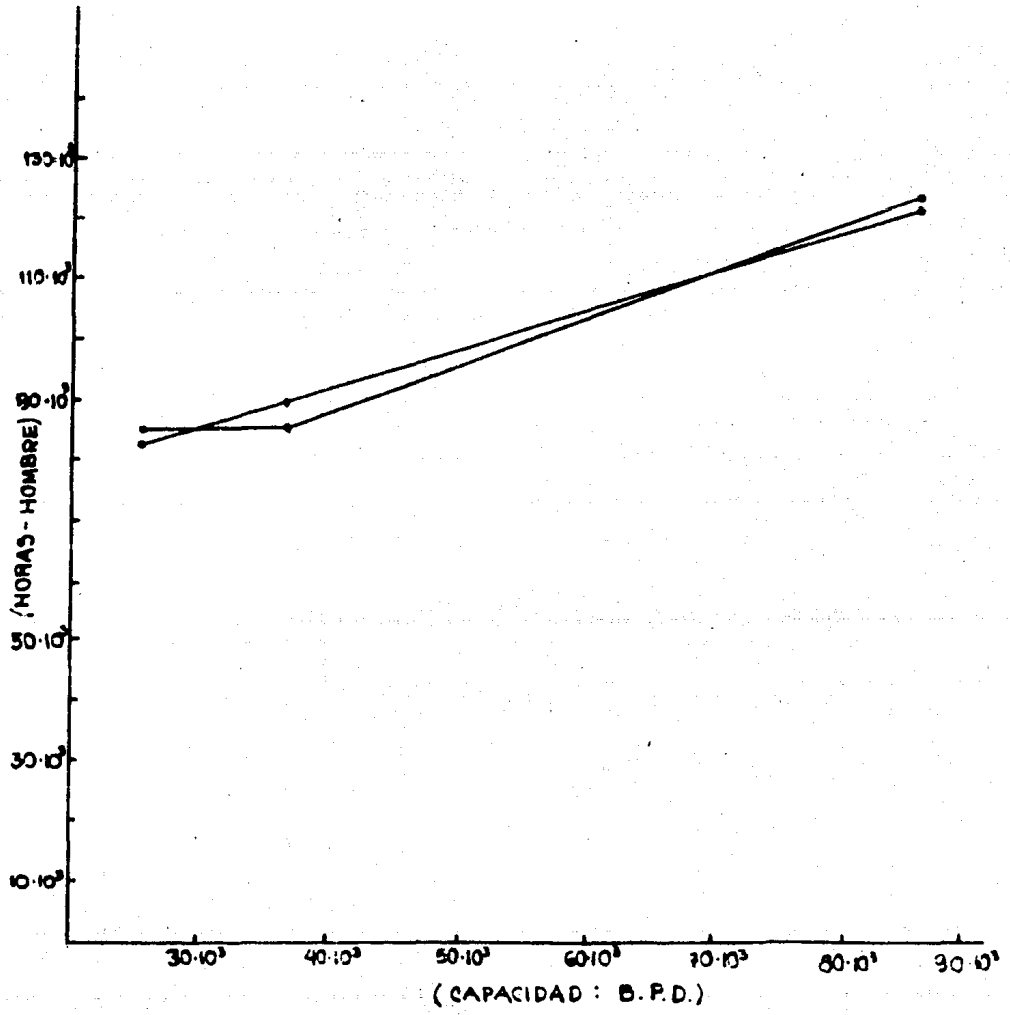
Este tipo de estimado considera un porcentaje de aproximación aceptable de $\pm$ 30%.

Se efectúa normalmente por comparación de horas-hombre

totales que se hayan utilizado para plantas similares y de la misma capacidad. En caso de que la planta a estimar sea diferente en capacidad a la base, los estimados se deberán efectuar por diferentes factores, llamados genericamente de complejidad, previamente fijados con base a los análisis de estadísticas existentes y que son tratados para construir gráficas como las mostradas en las figuras 3.1 y 3.2.

Este tipo de estimados tienen mayor utilización en la etapa de planeación, por decisiones ejecutivas sobre la factibilidad de realizar un proyecto y para fines de propuesta preliminar.

FIG. 3.1.- PLANTAS HIDRODESULFURADORAS DE NAFTAS



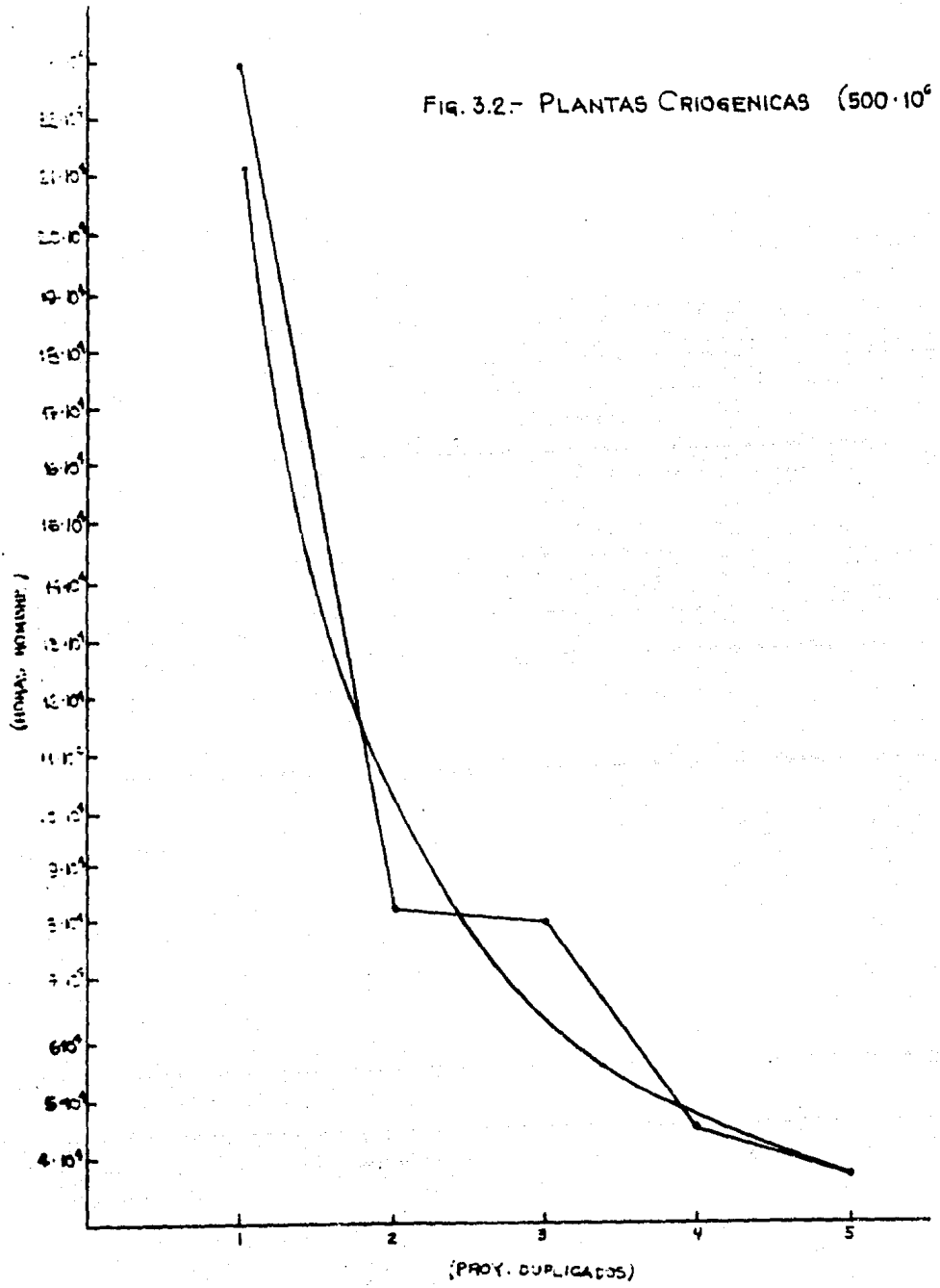


FIG. 3.2.- PLANTAS CRIOGENICAS ($500 \cdot 10^6$ P.C.D.)

Estimacos para Estudios.-

Es el paso siguiente al de orden de magnitud, y una vez determinada la factibilidad del proyecto, tiene como finalidad utilizarse para la asignación de fondos de presupuesto y para contratación de personal.

El graco de aproximación de este estimado es de ± 20% de error; la información requerida es la siguiente (además de la requerida para orden de magnitud):

a).- Diagrama de flujo de proceso para aprobación.
b).- Lista de equipo preliminar.
c).- Alcance revisado del proyecto.
d).- Programa condensado del proyecto (revisado)

Este tipo de estimaucs se pueden realizar normalmente a partir del número y tipo de equipos mayores de proceso, incluyen la cantidad de cuerpos y equipos de relevo. Se base de índices y correlaciones estadísticas establecidas previamente en función de la cantidad de horas-hombre requeridas por equipo de acuerdo al tipo de planta.

Para conocer las horas-hombre requeridas por especialidad de este método, se saca un factor de composición que estará en función del consumo en proyectos similares en cada especialidad. Como ejemplo podemos considerar el caso de una planta ce refinación (Destilación Atmosférica) en donde:

ESPECIALIDAD	FACTOR DE COMPOSICION (EN %)
PROCESO	20.93
MECANICA	47.67
CIVIL	19.38
ELECTRICO	3.88
ADMINISTRACION	8.14
	100.00

Entonces con la cantidad total de equipos a considerar y el consumo de H-H/eq., además de estos procentajes sabemos el total de horas-hombre para el proyecto y por especialidad:

H-H totales proyecto = (No. de Equipos) * (H-H/EQUIPO)
H-H por especialidad = (H-H TOTALES) * (%ESPEC.)

Estimado Preliminar.-

Se utiliza para realizar la asignación de recursos -- así como también para cotizaciones y propuestas.

Las diferentes especialidades de Ingeniería de Proyecto se estiman de acuerdo a sus funciones principales: ya sea por la cantidad de planos que emiten , los equipos que diseñan o las actividades específicas que desarrollan.

En este estimado las horas-hombre totales, serán la - suma de las H-H determinadas por los conceptos mencionados:

$$\left[(H\text{-}H)\ TOTALES\right] = \sum\left[(H\text{-}H)\ PLANOS + (H\text{-}H)\ EQUIPOS + (H\text{-}H)\ ACTIVIDADES\right]\ ESPECIALIDAD.$$

H-H por plano.-

Las especialidades o grupos de trabajo se estiman por la cantidad y tipo de planos con factores estadísticos de - la compañía, por ejemplo:

TIPO DE PLANO	CANTIDAD DE PLANOS.	H-H/PLANO
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (PROCESO)	3	80
PLANO DE CLASIFICACION DE AREAS (ELECTRICO)	1	140
ANTEPROYECTO DE CUARTO DE CONTROL (CIVIL)	5	140
DIAGRAMA DE RUTAS (TUBERIAS)	2	250

Estas cantidades pueden variar de acuerdo al tipo de planta y alcance del proyecto.

De manera que: $\left[(\text{H-H planos})\right]_{\text{Espec.}} = \left[(\text{No.PLANOS}) \cdot (\text{H-H/PLANO})\right]_{\text{Espec.}}$

H-H por equipo.-

Las diferentes especialidades dependiendo del proyecto pueden tener un consumo de H-H por equipo determinado. - Por ejemplo,para la Especialidad de Diseño de Proceso se -- tienen las siguientes estadísticas:

NOMBRE DE LA PLANTA	CANT.DE EQUIPOS.	H-H/EQUIPO
Tratadora y Fraccionadora de Hidrocarburos	63	115
Hidrodesulfuradora de Naftas.	45	120
Recuperadora de Etano y Licuables	110	90

De manera que: $\left[(\text{H-H equipos})\right]_{\text{ESPEC.}} = \left[(\text{No.DE EQUIPOS}) \cdot (\text{H-H/eq.})\right]_{\text{Espec.}}$

La selección del tipo de estimado por especialidad depende de las actividades que ésta desarrolle, de las estadísticas disponibles y del criterio del programador.

Algunas especialidades, tales como Servicios Administrativos, se estiman como un procentaje del total del proyecto. Las de Automatización y Control son función de la cantidad de instrumentos. Las H-H para Administración del Proyecto, se estiman de acuerdo a la duración estimada del proyecto, las personas asignadas al mismo y a la cantidad de H-H promedio trabajadas por esas personas al mes.

Estimado Detallado.-

Se realiza con la información definitiva de:

- Lista de equipo.
- Programa del proyecto general.
- Alcance del proyecto definitivo.
- Conocimiento exacto de los planos a emitirse.
- Diagrama de Tubería e Instrumentos preliminares.

Este tipo de estimado se elabora normalmente cuando el avance del proyecto es sensible, (cuando está por concluir la Ing. Básica).

Para este estimado es necesario considerar las actividades y planos específicos a realizar, en función de las Estadísticas de horas-hombre. Su grado de aproximación es de ± 5 a 10% de error.

El procedimiento de cálculo es similar al del estimado Preliminar, sabiendo que se cuenta ahora con la información más definida y por lo tanto, una calidad superior.

EJEMPLO DE APLICACION.

A continuación se presenta el estimado de Horas-Hombre preliminar para una Planta de Acetaldehído con capacidad para 150,000 Ton./año.

La especialidad tratada es la de Diseño de Tuberías.

Alcance considerado:

1.- Se realizará Estudio de Tubería Aéreas tomando previo arreglo del diseño de la Planta de Acetaldehído instalada en la Congrejera, Ver..

2.- Los cuerpos de equipo para el modelo a escala, si es que la solicita el cliente, no se fabricarán - en nuestra compañía, sino que serán adquiridos, - por lo que las H-H de taller de maqueta no se incluyen en el estimado.

3.- Se realizarán los isométricos mayores de 3" de -- diámetro.

4.- No se consideraron H-H correspondientes a los isométricos menores de 3" de diámetro.

5.- Se realizará el plano clave de dibujo de Tubería.

6.- Se realizará el plano clave para modelo a escala.

7.- Se realizará el Plano de Notas Generales para Dibujos de Tubería.

8.- Se consideraron H-H para el sistema contra Incendio, actividad que probablemente sea desarrollada por el Depto. de Operación.

9.- Se realizarán líneas de entrada y salida a Límites de Batería.

10.- Se realizarán Planos de tubería subterráneas.

11.- Se realizarán las secciones de Maqueta si el cliente así lo requiere.

12.- Se realizará todo lo correspondiente a Lista de - Materiales.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	H-H TOTALES
Estudios de Tubería Aérea	1500
Secciones del Modelo a escala	6000
Isométricos mayores de 3" de diam. (87 Eq.)* (3.7 ISOM/EQ)*(8 H-H/ISOM).	2640

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	H-H TOTALES
Plano clave para dibujo de Tubería (1 PLANO)* (120 H-H/PLANO)	120
Plano clave de Maqueta (1 PLANO)*(70 H-H/PLANO)	70
Notas Generales para dibujo de Tubería (1 PLANO)* (30 H-H/PLANO)	30
Líneas de En./Sal. a Lím.de Batería (1PLANO)*(250 H-H/PLANO)	250
Tubería Subterránea (4 PLANOS)*(300 H-H/PLANO)	1200
SUBTOTAL =	12210
Actividades de apoyo (Juntas, Admón, Sup.) (12210)*(15/85)	2150
Horas-Hombre Estimadas para Diseño de Tuberías	14360
Horas-Hombre Estimadas para lista de Materiales (14360)*(.1)	1400
Horas-Hombre Totales estimadas para Diseño de tuberías.	15760

COSTOS DE INGENIERIA DE UN PROYECTO INDUSTRIAL

GENERALIDADES.

Cuando se piensa llevar a cabo la materialización de un proyecto con el fin de producir determinado producto a escala industrial, se hace necesario saber cual va a ser la cantidad de recursos que se requiere asignar.

Esta cantidad de recursos normalmente se agrupan de la siguiente forma:

1).- Los recursos necesarios para decidir, adquirir e instalar los equipos y materiales más adecuados para la planta.

2).- Los recursos necesarios para la operación de la planta.

Los recursos que comprenden 1) normalmente constituyen la inversión fija del proyecto, y los de 2) una vez realizado el proyecto, integran el capital de trabajo.

Los recursos que integran la inversión fija, se suelen clasificar en tangibles e intangibles; entre los primeros están la maquinaria y equipo, que están sujetos a depreciaciones y obsolescencia, mientras que entre los segundos tenemos a los servicios de Ingeniería, y otros Estudios, así como gastos de organización que se amortizan en plazos convencionales.

Definición de costos de Ingeniería.-

Una vez que sabemos donde considerar los gastos por concepto de Ingeniería, procederemos a definir tal concepto:

El costo de Ingeniería es el costo que se ha de efec-

tuar para que un grupo de profesionistas de diferentes ra - mas, en su mayoría de Ingeniería, desarrollen todos los planos, especificaciones y compra de equipo y materiales; y todo lo que sea necesario para instalar y poner en marcha la- planta.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACION DE COSTOS DE INGENIERIA.

El concepto de costo de Ingeniería es una mezcla de-- 2 elementos esenciales: Elementos de costo y Elementos de - Tiempo. Aunados a disciplinas de Ingeniería, los aspectos- de Costo y Tiempo son vitales en las decisiones de la Administración del proyecto.

Existen variables en la elaboración del estimado de - costo de Ingeniería, las que se pueden clasificar en dos -- tipos: Directas e Indirectas. Las variables indirectas son sorpresivas y no evidentes a simple vista, pero su efecto - es mucho más instantáneo y concreto.

Entre las variables directas se encuentran:

Ingeniería.- Desarrollo de la Ing. y diseño,requeri - mientos de cambio durante las mismas, adaptación de mejoras en los parámetros de equipos, mejoras en el diseño del proceso, así como las fluctuaciones entre cargas de trabajo y- recursos.

Como variables indirectas, pueden incluirse las si -- guientes:

- Adelanto de la Ciencia y Tecnología.
- Inflación.
- Estabilidad y repercusiones políticas.
- Leyes laborales y reglamentos.
- Políticas industriales.

- Estructura de impuestos y contribuciones.
- Organización estructural.
- Experiencia de la firma de Ingeniería.

Estas variables, junto con los elementos de costo y tiempo, relacionan los diferentes aspectos de un proyecto, teniendo su influencia en un mismo punto: costo de Ingeniería.

Además es necesario recalcar que para cualquier tipo de estimación el grado de exactitud depende del método de realización utilizado. Sin embargo influyen de manera determinante los Antecedentes que se detallaron cuidadosamente al inicio de este capítulo, siendo los principales:

- Alcance del Trabajo.
- Información disponible.
- Estadística de los proyectos y experiencia del estimador.

CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE INGENIERIA.

En la fig. 3.3. se muestran los conceptos que integran el costo de Ingeniería de un proyecto Industrial en su forma elemental.

Entonces, para estimar el Costo de Ingeniería, normalmente se divide en costos por desarrollo del proyecto y costos generales o de Administración.

Dentro del Costo de Desarrollo del Proyecto, tenemos involucrados los costos de Mano de Obra directa y los costos indirectos.

Los costos Indirectos, normalmente se manejan como --

reembolsables para la empresa que está desarrollando el proyecto, y están constituídos por:

Viáticos.- Incluye el costo por viáticos y gastos de viaje del personal comisionado fuera de su lugar de residencia.

Procesamiento electrónico.- Se determina por el costo respectivo a todas las actividades de computación electrónica, incluyendo el costo de todas las corridas asociadas con el proyecto de las diferentes especialidades.

Reproducciones.- Incluye los diferentes servicios de copiado, duplicación, fotografía, etc.

Materiales de consumo.- Son los materiales de talleres, fotográfico, de oficina, material de dibujo, materiales diversos, etc.

Comunicaciones.- Incluye costos por conceptos de: teléfonos, telégrafos, correos, etc., cargados al contrato específico.

Honorarios a terceros.- Estos pueden ser: Estudios topográficos, hidrológicos, de mecánica de suelos, asesoría legal y permisos, etc.

Los gastos generales o de administración, incluyen: Depreciación de Edificios, automóviles, muebles, etc., gastos por dirección y administración de la empresa, vigilancia, financiamiento, mantenimiento de instalaciones, impuestos, imprevistos, finanzas y seguros, etc.

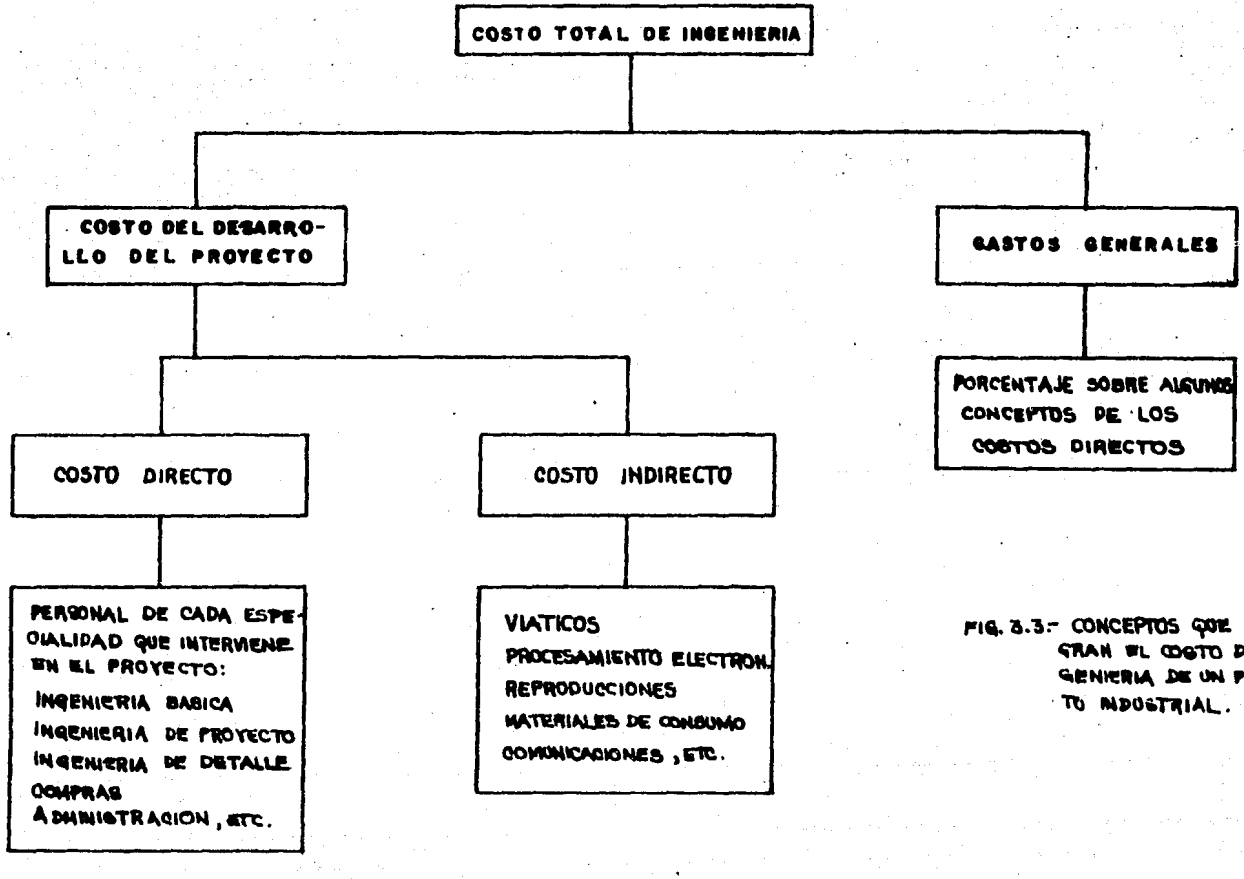


FIG. 3.3.- CONCEPTOS QUE INTEGRAN EL COSTO DE INGENIERIA DE UN PROYECTO INDUSTRIAL.

METODOS DE CALCULO.

Existen dos métodos principales: Por factores (% de - costo) y por evaluación directa (recursos requeridos).

Estimados de costos por Factores.-

Se utilizan generalmente para propuestas preliminares (orden de magnitud), existen diversos factores para reali - zarlos, por ejemplo en la figura 3.4, se relaciona el costo de la Ingeniería con el costo total de la planta.

En esta gráfica vemos como el porcentaje del costo de Ingeniería respecto al costo total de la planta, disminuye- conforme aumenta éste, desde un 11.5% para plantas con costo aproximado de 50 millones de pesos, hasta menos del 2% para plantas con valor de más de 1500 millones de pesos (estadística de 1976).

Sin embargo estos porcentajes varían según el tipo de planta. Por ejemplo para plantas de refinación el costo de ingeniería es mayor con respecto al costo de la planta que- en el caso de las plantas petroquímicas en las que la variación del porcentaje del costo de Ingenieria es menor con -- respecto a la variación del costo de la planta.

Lo anterior nos lleva a concluir que el costo de Ingeniería depende más de la complejidad de la planta que de su capacidad.

Otro de los factores más utilizados en este método para la determinación del costo de Ingeniería, es el costo de equipo y materiales de la planta. (Fig. 3.5), para una planta de refinación.

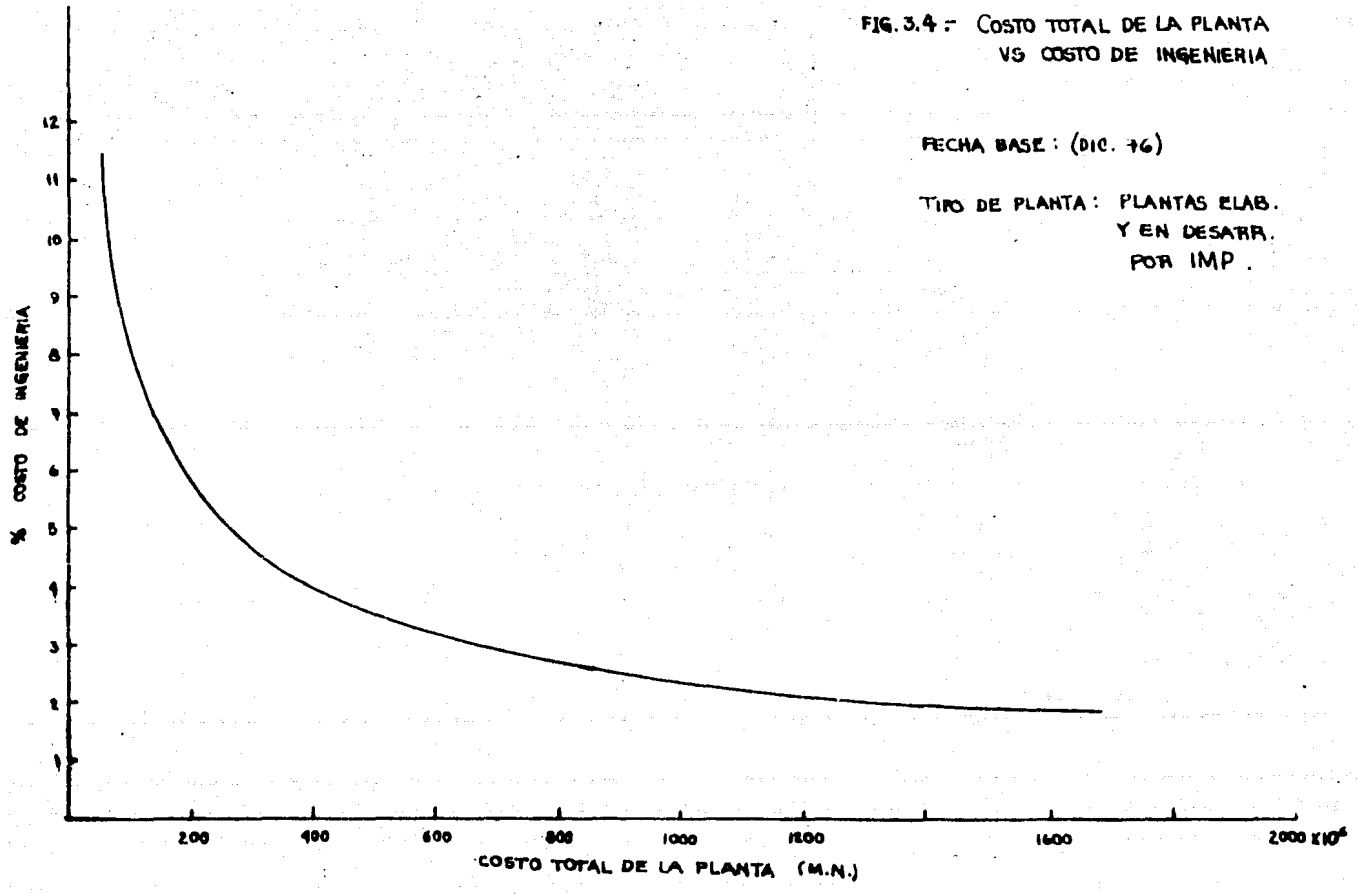


FIG. 3.4 :- COSTO TOTAL DE LA PLANTA VS COSTO DE INGENIERIA

FECHA BASE : (DIC. 76)

TIPO DE PLANTA : PLANTAS ELAB. Y EN DESARR. POR IMP.

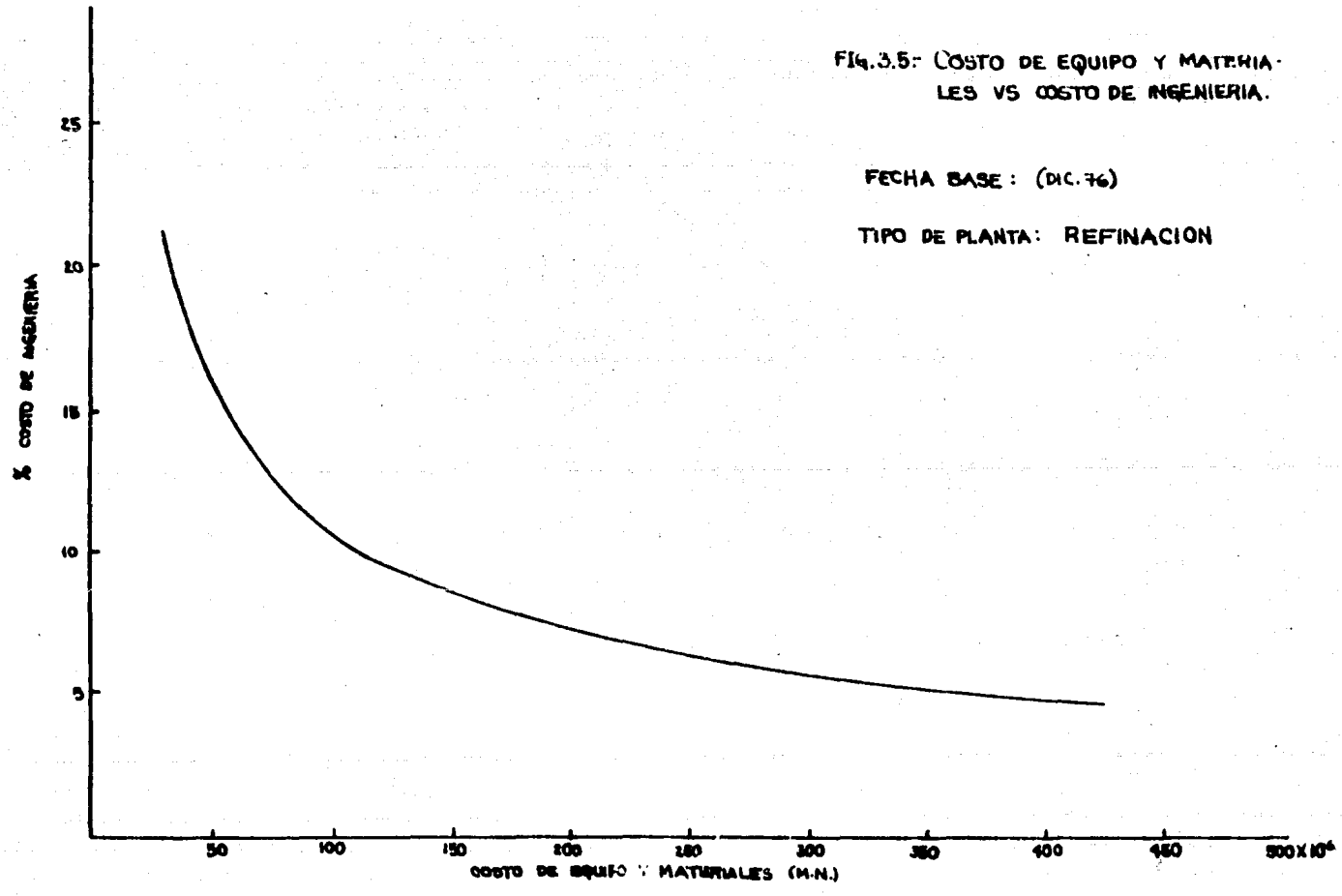


FIG. 3.5.- COSTO DE EQUIPO Y MATERIALES VS COSTO DE INGENIERIA.

FECHA BASE: (DIC. 76)

TIPO DE PLANTA: REFINACION

Los estimados de costos por factores se utilizan para varios objetivos, tales como costo de inversión de orden de magnitud, en donde la exactitud del mismo no influya en forma determinante. Este es el fin primordial.

Estimados por Evaluación directa.-

Los estimados por evaluación directa se realizan con-base en los estimados de H-H y tienen las características--señaladas para los mismos, pudiendo ser: de orden de magnitud, preliminares, para estudio o detallados.

Entonces el costo se determinará estimando:

- Costo de la Mano de Obra directa (costos directos)
- Costo de mano de obra indirecta. (costos indirectos).
- Costo de gastos de Administración. (overhead).

Costo de Mano de Obra directa.-

$$\underbrace{\begin{bmatrix}\text{COSTO}\\ \text{M.O.D.}\end{bmatrix}}_{A}\ \text{TOTAL} = \sum\left[\underbrace{\begin{bmatrix}\text{H-H}\\ \text{TOTAL}\end{bmatrix}}_{B}\ \text{ESP.} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix}\text{COSTO}\\ \text{H-H PROMEDIO}\end{bmatrix}}_{C}\text{ESP.}\right]$$

A).- La mano de obra directa, está en función de saber las Horas-Hombre requeridas para cada Especialidad y de su costo promedio de Hora-Hombre.

B).- Las Horas-Hombre totales por especialidad o estimado de H-H de Ingeniería lo estudiamos detalladamente en el subcapítulo anterior. (Demanda de recursos en Ing. de Proyectos).

C).- En lo referente a Costo Promedio de H-H, éste se obtiene de acuerdo al número de personas y nivel con que cuente cada especialidad.

Este costo incluye normalmente:

- Pagos que se hacen al trabajador y/o ingeniero de servicios, de acuero a su nivel o categoría.

- Pagos Indirectos que se hacen a organismos en beneficio del trabajador.

- Pagos extras que se efectúan al trabajador de acuerdo a la política particular de la empresa.

Costos Indirectos.-

Es determinado por un factor de facturación que a su vez se determina con el costo de materiales, viáticos, procesamiento electrónico, reproducciones, comunicaciones, etc. estimados mediante un análisis estadístico de los gastos erogados por este concepto, para el proyecto en cuestión (ésto es, un análisis de facturación).

Costos de Gastos por Administración.-

En el factor de facturación también se incluyen los gastos de administración (overhead) y utilidad, que se fijan en función de las políticas de la compañía y de los acuerdos con los clientes.

Entonces la suma de los costos por los conceptos anteriores (M.O.D., Indirectos y overhead) nos da el costo total de la Ingeniería del Proyecto:

[COSTO TOTAL ING.] = [M.O.D.] • [Factor de Facturación Global]

EJEMPLO DE APLICACION

A continuación en la figura 3.5, se presenta el estimado de costo de Ingeniería para una planta de metanol, la cual lleva un 30% de avance, cuya capacidad es de 600000 ton/año y cuyo diseño es totalmente nuevo (aunque la Ing. Básica fué comprada).

CONCEPTO	COSTO ESTIMADO A LA FECHA	COSTO ESTIMADO COMP. A LA FECHA	COSTO ESTIMADO POR EJERCER	% DEL COSTO POR EJERCER
INGENIERIA IMP	145 500 000	43 996 000	101 504 000	69.76
I.V.A.	39 900 000			
TOTAL	185 400 000			

COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA - PLANTA METANOL.						
CONCEPTO	HORAS - HOMBRE:			COSTO H-H PROMEDIO EN EL MES	COSTO H-H PROMEDIO ACUMULADO	COSTO ESTIM. DE M.O.D. ACUMULADA
	ESTIMADAS TOTALES	CONSUMIDAS EN EL MES	ACUMULADAS			
ING. DE PROCESO	6234.0	197.5	2920.5	582.22	478.62	1589 025
ING. DE PROYECTO	16125.0	483.0	6628.0	595.23	491.70	3258 989
ING. DE DISEÑO	96204.0	1871.5	33907.5	547.63	454.58	15413632
ING. DE PROCURA	5620.0	0.0	29.5	0.00	332.61	9812
ADMINISTRATIVA	3782.0	28.5	1326.0	376.73	265.80	352456
CONTINGENCIAS	5285.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0
TOTALES	132250.0	2580.5	44811.5	567.80	455.77	20923924

FIG. 3.5.- ESTIMADO DEL COSTO DE INGENIERIA DEL PROYECTO.

CAPITULO 4.- PROGRAMACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES

Sumario

Introducción. Técnicas de Programación de Proyectos. Asignación de recursos en Ingeniería de Proyectos. - Método propuesto para Programación de Multiproyectos.

INTRODUCCION

El estudio detallado que hemos realizado en los capítulos precedentes, son la base o el punto de partida para obtener finalmente nuestro objetivo primordial: El Programa del Proyecto.

Este programa del proyecto es una representación en tiempo de la realización, alcance y objetivos de un trabajo, ya que integra todos los elementos que constituyen la cuantificación global del mismo: la duración, los recursos requeridos así como su costo correspondiente, de las actividades que lo forman, por medio de una secuencia lógica que ahora es transformada a fechas calendario.

Es decir, el objetivo de la Programación de un proyecto Industrial es la elaboración de un modelo que lo represente, y en el cual se muestran los tiempos de iniciación y terminación de los trabajos a realizar.

Estos tiempos son el fruto del uso de técnicas de programación (PERT, CPM, PDM) y cuyo fundamento consiste en la determinación de la ruta crítica del proyecto que fija a su vez la duración del mismo, estableciendo niveles de jerarquía en cuanto a la importancia de realizar determinadas tareas que así lo exigen para cumplir con la fecha de terminación establecida. Teniendo entonces, con los recursos requeridos para realizar cada actividad y el proyecto en conjunto, la posibilidad de asignar dichos recursos 'juiciosamente', teniendo en cuenta que la prioridad (mayor urgencia, importancia, etc.) de las actividades, está definida por su criticidad, considerando también el no exceder el límite de recursos disponible.

Lo anterior determina la diferencia existente entre tiempo planeado y tiempo programado; podemos decir entonces que la base de la programación es la asignación, materia que

muy pocas empresas lo aplican con el detalle que se requiere, el desarrollo, ejecución y control de los proyectos encomendados.

Finalmente para el caso de compañías dedicadas exclúsivamente o en su mayor parte al diseño de la Ingeniería, es necesario plantear una metodología adecuada haciendo uso integral de la Programación, para el buen desempeño de las funciones administrativas de los distintos proyectos a su cargo. Para ésto, proponemos un método que pretende resolver el problema de tener Macro o Multiproyectos que requieren todos y cada uno de ellos de un control adecuado.

TECNICAS DE PROGRAMACION DE PROYECTOS

ANTECEDENTES

La preparación de un programa de trabajo para la ejecución de un proyecto de cualquier naturaleza, no constituye ninguna novedad. El programa de trabajo es comúnmente realizado con su correspondiente riesgo de confiabilidad, al inicio del proyecto, sufriendo modificaciones o revisiones, de acuerdo a la completa definición del alcance del trabajo. Es común observar que un programa de trabajo puede ser simplemente una lista de actividades con fechas "propuestas" para su realización. Esto puede ser benéfico o perjudicial, dependiendo de la complejidad del trabajo y de la experiencia y conocimientos de quien elaboró dicho calendario.

Hasta hace pocos años, al menos en nuestro país, la única herramienta para establecer un calendario de trabajo era el "Diagrama de Barras o de Gantt". Es uno de los primeros intentos para la obtención de calendarios de proyectos. Se basa en la graficación de las actividades del proyecto, representadas por una barra en la escala de tiempo.

Reconociendo las deficiencias del método tradicional para la planeación, ejecución y control, en los últimos años se han ideado tres nuevos métodos: a).- Método de la Trayectoria Crítica; b).- Técnica de Evaluación y Revisión de Programas y; c).- Método del diagrama de Precedencias.

El método de la Trayectoria crítica (CPM) fué desarrollado en los Estados Unidos en 1957 por Morgan R. Walker - -- (miembro del Depto. Ingeniería de la Cía. Du Pont de Nemours & Co.) y James E. Kelley (Investigador de la Compañía Remington Rand).

Este método se utilizó por vez primera en 1957-1958 en-

la construcción de una Planta Química para la Compañía DuPont, con un valor aproximado $125,000 (M.N.). Los resultados obtenidos fueron excelentes y desde esta fecha y las aplicaciones hechas en EE.UU y Canadá, han sido a proyectos de muy diversa naturaleza: Industrial, comercial, militar, ingenieril, etc., con idénticos resultados satisfactorios.

En México, a partir de 1961, ha sido ocupado por diversos organismos: Dirección General de Construcción de Edificios, Secretaría de Obras Públicas, Comisión Federal de Electricidad, etc. A la fecha, hay muchas Compañías de Ingeniería (Diseño y Construcción), que lo utilizan ampliamente con procedimientos que van desde lo manual hasta sistemas altamente mecanizados.

La Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT), fué desarrollado en los EE.UU. en el año de 1958, por un grupo de investigadores de la firma Booz, Allen y Hamilton de Chicago, a solicitud de la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los Estados Unidos. Este método se creó para controlar las actividades del programa para el proyectil submarino Polaris. Dicho programa se descompuso en 23 partes, que contenían aproximadamente: 3000 actividades. Esto permitió acortar en dos años la duración del proyecto. Actualmente, tanto la fuerza áerea como la marina de los EE.UU. y una cantidad enorme de empresas privadas emplean el método PERT.

En México, el método PERT, ha tenido muy poca utilización o de hecho, es nulo su empleo. En los pocos casos, ha sido utilizado para los mismos fines que CPM y no con el enfoque probabilístico con que fué concebido.

El método del Diagrama de Precedencias (PDM), es un método desarrollado recientemente para la construcción de redes de proyectos y su evaluación, el cual tiene ciertas ventajas sobre los anteriores métodos. Básicamente elimina los eventos de las actividades, así como el uso de las actividades -

ficticias, asignando una identificación única a cada trabajo que se vaya a realizar.

DIAGRAMA DE BARRAS

Estos se encuentran como uno de los primeros intentos para la obtención de calendarios de proyecto: Son gráficas en donde se realiza la planeación y programación al mismo tiempo, ya que la longitud de la barra que representa cada tarea, indica las unidades de tiempo.

Este diagrama se forma como sigue:

- Se determina cuáles son los trabajos principales del proceso.
- Se hace una estimación de la duración de cada actividad.
- Se representa cada actividad mediante una barra recta cuya longitud es mediante la escala adecuada, la duración de la actividad.
- Se hace una lista de actividades que se ordenan de acuerdo a la secuencia de ejecución, en el número de renglones que sea necesario (no. de renglones será igual al número de actividades), situando la barra correspondiente a cada renglón, a lo largo de una escala de tiempos efectivos.
- Se convierte la escala de tiempos efectivos a 'fechas calendario', de acuerdo a los días laborales para realizar el proyecto.
- Si la fecha de terminación del proyecto no resulta la adecuada, se hace una disminución de la duración de actividades, hasta satisfacer la fecha deseada.

Véase el ejemplo de la fig. 41.-

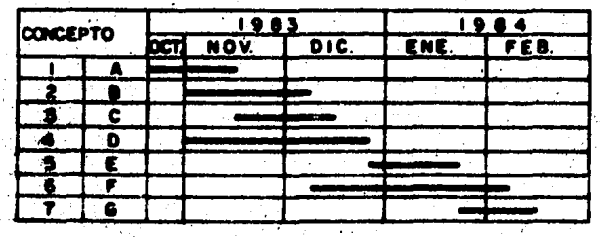


FIG. 41- DIAGRAMA DE BARRAS DE UN PROYECTO INDUSTRIAL

Desventajas del método de Gantt.-

- Sólo se incluyen las actividades principales del proyecto, debido a la dificultad de secuenciar adecuadamente las actividades 'menores' o secundarias (que integran a las actividades principales).

- Se mezcla la planeación y programación de las actividades; es decir, la secuencia de ejecución de las actividades se determina al otorgar una fecha de inicio a alguna actividad que depende de la terminación (total o parcial) de ciertas actividades.

- No es posible determinar qué actividades controlan la duración del proyecto; parece ser que todas las actividades son de igual importancia para definir su duración.

- Cuando el diagrama de barras elaborado, es el único medio para hacer la planeación y programación del proyecto, es imposible prever con cierta seguridad la cantidad de recursos (de cualquier tipo) requeridos en cualquier etapa o fecha del proyecto. (recursos/día).

Ventajas del diagrama de Gantt.-

El diagrama de barras como representación de un programa es, sin duda, una herramienta muy útil, ya que en él se muestran objetivamente las duraciones, y las fechas de inicio y terminación posibles, para cada actividad en que se considera dividido el proyecto.

Posteriormente, se utilizará el diagrama de barras para mostrar los resultados de los métodos de programación que veremos a continuación; se utilizará también para determinar la distribución en el tiempo, de los recursos requeridos para ejecutar el proyecto.

METODO DE LA RUTA CRITICA

El método de la trayectoria crítica (CPM) fué desarrollado originalmente, con el fin de resolver los problemas de programación que se presentan en el montaje Industrial. Quizá por esta razón, se centró más en los costos involucrados en la realización del proyecto y cómo minimizarlos, en contraste con el PERT, que se interesó en los problemas de incertidumbre y en la forma de cumplir con la fecha esperada de terminación del proyecto.

Para desarrollar lo anterior (determinación del costo mínimo con duración mínima posible) emplea como su nombre lo indica una RUTA CRITICA, que es producto de la interrelación de ciertas actividades desde el inicio del proyecto hasta el final y cuya importancia es crítica para el cumplimiento de la fecha de terminación establecida.

Determinación de la Ruta crítica.-

Los elementos fundamentales para su determinación son básicamente:

- Diagrama de flechas (estudiado en el capítulo 2).
- Estimación de la duración de las actividades (estudiado en el capítulo 3).

La ruta crítica de un proyecto está fijada por la secuencia interrelacionada de actividades más larga (en cuanto a duración global) desde el origen hasta el fin del proyecto. Se dice entonces que estas actividades son 'críticas' porque no tienen ningún márgen u holgura disponible para retrasarse.

Lo anterior nos lleva a la idea de que una actividad puede tener dos tiempos de ejecución posibles:

1).- Tiempo Próximo de ocurrencia (tiempo temprano)
2).- Tiempo Lejano de ocurrencia (tiempo tardío).

Lo anterior lo podemos ilustrar mediante un ejemplo: Se trata de la actividad de un profesor que imparte la materia de matemáticas a dos alumnos en forma particular; para éstos han establecido un horario de inicio de la clase (ésta es a las 9.00 A.M.).

1).- El alumno A se levanta más temprano ya que vive más lejos del punto en donde se imparte la clase, por lo tanto existen diversos factores a parte de la distancia que determinan que se levante a las 6.00 AM, para poder salir de su casa a las 7.00 AM. El trayecto de su casa al salón de clases tiene una duración de 1 hora. Esto hace que el alumno A llegue al salón a las 8.00 AM, lo cual le dá oportunidad de estudiar o repasar sus apuntes hasta el tiempo en que empieza la clase.

Por otro lado, el alumno B, sale de su casa a las 8.00 AM y aunque la distancia de donde vive, al salón de clases es mucho más corta que la del alumno A, por los problemas del trafico, esencialmente, su llegada a la clase es a las 9.00 AM. El no tiene oportunidad de estudiar ya que la clase empieza inmediatamente, porque el profesor tiene que salir a las 10.00 AM por tener otras actividades que realizar. (La duración de la clase es de 1 Hora).

Esta situación la podemos reflejar en un diagrama de flechas: (Fig. 4.2)

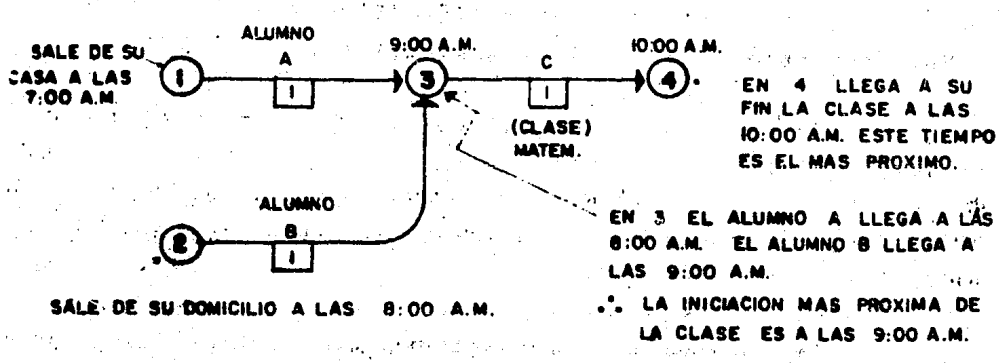


FIG. 4.2 - RELACIONES DE TIEMPO DE LOS ALUMNOS A y B PARA TOMAR LA CLASE.

Se dice entonces que el Alumno A (enfocado a la duración del recorrido a su clase) tiene un margen total de 1 hora (tiempo disponible) ya que su tiempo próximo de iniciación y terminación es: 7 AM y 8 AM, respectivamente, y la hora de inicio de su clase es hasta las 9 AM (1 hora después).

En cambio, el Alumno B (enfocado a la duración del recorrido a su clase) tiene un margen total = 0 (no tiene tiempo disponible) ya que su tiempo más próximo de iniciación y terminación es: 8 AM y 9 AM, respectivamente, y la hora de inicio de su clases es precisamente a las 9 AM (o horas después).

Finalmente, para la clase de matemáticas (actividad C, definida por los eventos: 3, 4) el inicio y terminación más próximos son: 9 AM y 10 AM, respectivamente. Como veremos más adelante, al determinar los tiempos de inicio y terminación más lejanos, ésta actividad (3, 4), no tiene margen o tiempo disponible.

Para la determinación anterior, se procedió a analizar

diagrama de flechas de izquierda, es decir, del evento 1 a 3, de 2 a 3 y de 3 a 4. En las redes o modelos del proyecto Industrial, para determinar los tiempos más próximos de ocurrencia, el análisis es idéntico; de izquierda a derecha.

2).- Para la determinación de los tiempos lejanos de ocurrencia se hace un análisis retrospectivo del diagrama de flechas, ésto es, de derecha a izquierda: del evento 4 a 3, de 3 a 2 y de 3 a 1.

Puesto que a la terminación intrínseca de un trabajo, actividad o alguna tarea específica, no es necesario agregar factores adicionales; el tiempo más lejano de ocurrencia de tal trabajo, normalmente se iguala al tiempo más próximo de ocurrencia. Esto lo podemos comprender mejor de la manera siguiente:

La terminación más próxima de la clase de matemáticas es a las 10:00 AM, como tal, el profesor se ha fijado como límite este tiempo, ya que a partir de este momento tendrá que realizar otras actividades. Entonces el punto de partida ahora es: la clase de matemáticas debe tener como límite máximo para su finalización a más tardar a las 10:00 AM.

Lo anterior lo podemos resumir en la frase siguiente:

No se debe otorgar un lapso adicional a un trabajo que necesita un tiempo determinado para realizarse.

La clase de matemáticas, volviendo al ejemplo anterior, normalmente no debe terminar ni antes ni después de las 10:00 AM.

Para cumplir lo anterior se tiene como requisito que la clase inicie a más tardar a las 9:000 AM. Para que suceda ésto, los alumnos tienen que llegar al salón de clases precisamente a esta hora límite.

Nuevamente, la situación anterior la vaciamos a un diagrama de flechas (Fig. 4.3):

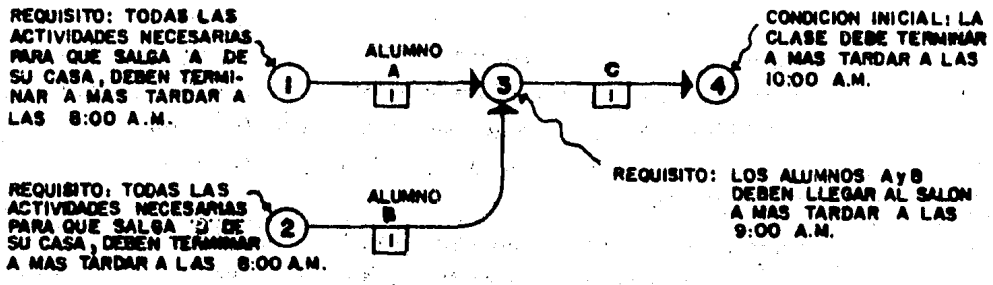


FIG. 4.3- RELACIONES DE TIEMPO DE LOS ALUMNOS A y B PARA TOMAR LA CLASE.

Ahora vemos el porqué el alumno A tiene un margen disponible de 1 Hora, (Holgura total= 1). Su tiempo lejano de inicio y terminación es: 8 AM y 9 AM, respectivamente.

El alumno B a su vez, comprobamos porqué no tiene ningún margen disponible (Holgura total= 0). Su tiempo lejano de inicio y terminación es: 8 AM y 9 AM (iguales a sus tiempos próximos).

A través de la Comparación de los tiempos próximos y lejanos, se establece el margen que poseen las actividades; este margen disponible es lo que conocemos con el nombre de HOLGURA.

En este momento podemos decir que una actividad es <u>crítica</u> si su margen total es igual a cero.

Del ejemplo anterior, podemos decir que la actividad B y C son críticas ya que no poseen ninguna holgura o margen -

disponible, ésto es, para cumplir con la hora de terminación establecida (10:00 AM).

Para cumplir con la determinación de los tiempos próximos y lejanos de las actividades, así como de sus holguras respectivas es necesario establecer una simbología adecuada, además de un método algebraico para su cálculo; ésto debe satisfacer las condiciones establecidas para la formación de un diagrama de flechas:

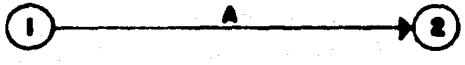
- Identificación de las actividades (par de eventos únicos) (i, j)
- Duración de las actividades (Di, j)
- Tiempo más próximo de un evento (Ei)
- Tiempo más lejano de un evento (Lj)
- Holgura de un evento (Fi)

Identificación de las actividades.-

En el capítulo 2, referente a la planeación del proyecto, se estableció que para identificar a una actividad específica y para propósitos de armar el diagrama de flechas (antecedente de la red del proyecto), debería de tener una identificación única determinada por un par de eventos único (i, j) y que delimiten su inicio y fin:

Actividad	Descripción:
A	Diseño de un intercambiador de calor

En el diagrama estaría representada por:



O bien, para identificarla: A (1, 2)

Duración de las actividades.-

En la red del proyecto, es necesario imprimir las duraciones asociadas a cada ejecución de un trabajo, tarea o actividad específica. Para ésto, con el auxilio de la identificación de la actividad (i, j), se representa la duración en unidades de tiempo prefijadas (meses, días, horas, etc.):

En la figura anterior, la duración de la actividad A, estaría denotada por: D (1, 2) = 3 (meses), en el caso del diseño del intercambiador de calor.

Tiempo más próximo de un evento.-

La discusión anterior (el horario de la clase de matemáticas), implica que los tiempos de iniciación más próximos de las actividades, están asociados con el evento de cuya terminación dependen. Debemos sin embargo, aclarar que un evento es una interfase de terminación de una actividad o inicio de otra subsecuente, por lo tanto no consume tiempo, ni recursos y mucho menos, provoca un costo. Las actividades por otra parte, consumen tiempo, se inician en algún evento y terminan en otro. De esta forma, deseamos alguna referencia breve y simple, que denote el tiempo de iniciación más próximo posible de todas las actividades en un evento dado, por lo tanto proponemos que esta denominación sea representada por E (Earliest = temprano).

De esta manera, el problema de encontrar el tiempo de iniciación más próximo de cada actividad de un proyecto se -

reduce a encontrar el valor E en cada evento, principiando - con el primero de ellos y siguiendo en orden (o en secuencia) hasta el último evento, que será el que marque finalmente la duración del proyecto.

Resumiendo, las reglas siguientes se aplican para encontrar la iniciación más próxima de cada actividad de un proyecto:

1.- Las iniciaciones más próximas de las actividades - que parten de un evento se representan con el símbolo E, y un índice especifica el evento en cuestión.

2.- Los valores de E en los eventos se encuentran procediendo en orden de acuerdo con el número asignado a los eventos, (ésto es, de iz. a der.)

3.- E evento considerado = { VALOR MAYOR DE [E.F. (TERMINACION MAS PROXIMA) DE TODAS LAS ACTIVIDADES QUE TERMINAN EN EL EVENTO CONSIDERADO.] }

4.- E del último evento = terminación más próxima del proyecto completo.

5.- Las actividades ficticias se manejan como si fueran trabajos reales con duración cero.

6.- El E.F. = Ei + Dij para la actividad (i, j).

Tiempo más lejano de un evento.-

Volviendo al ejemplo descrito de la clase de matemáticas, habíamos establecido que la condición inicial para determinar el tiempo lejano de ocurrencia de la clase, debería ser a más tardar a las 10:00 AM; ya que no sería realista --

imponer cualquier otra condición como tiempo de terminación de la clase. Esta misma situación es aplicable a cualquier proyecto, de cualquier naturaleza u objetivo posible: Si un proyecto para instalar una planta Industrial puede ser realizado en 36 meses, no hay necesidad entonces de emplear más de 3 años para su realización. Aunque posteriormente veremos que existen ocasiones en que se necesita una fecha de terminación menor que la terminación más próxima del proyecto, ésto es posible por medio de la asignación de recursos adecuada para cumplir tal propósito (comunmente llamada: Compresión del Proyecto).

Por tanto, la terminación más alejada posible del proyecto será igual que la terminación más próxima del proyecto. Esta es la condición inicial para encontrar los tiempos de terminación más alejados de las actividades. Así como en el anterior punto elegimos a E como identificación de los tiempos de iniciación más próximos, el símbolo L (Latest = Tardio) representará los tiempos de terminación más alejados de todas las actividades que terminan en el evento considerado.

De igual manera, el procedimiento para determinar la iniciación más alejada de las actividades puede resumirse como sigue:

1.- La iniciación más alejada de una actividad (L.S. = Latest Start) es igual a la terminación más alejada menos la duración: L.S. = Lj - Dij para la actividad (i, J).

2.- La terminación más alejada de todos los trabajos que terminan en el mismo evento se representa con el símbolo L.

3.- La condición para iniciar la determinación es:

L último evento = E último evento.

4.- Los valores de L se determinan en cada evento, retrocediendo en orden secuencial desde el último evento, hasta el primero (de derecha a izquierda).

5.- L evento considerado = { Valor Menor de [L.S. (iniciación más alejada de todas las actividades que se inician en el evento considerado] }

6.- Por la condición inicial: L primer evento = E primer evento = 0.

Para integrar los conceptos de tiempos próximos y lejanos al diagrama de la red es necesario adoptar la siguiente convención:

NUMERO DEL EVENTO	
L	E
TERMINACION MAS LEJANA DE LAS ACTIVIDADES QUE SE TERMINAN	INICIACION MAS PROXIMA DE LAS ACTIVIDADES QUE SE INICIAN

Holgura de un evento.-

Conociendo los tiempos de iniciación más próximos y más alejados de cada actividad es posible saber:

a).- Si una actividad es o no crítica y cuál es la ruta crítica del proyecto.

b).- La variación real del tiempo de iniciación de las actividades, o los márgenes de las actividades que se usarán en la nivelación de los recursos al programar.

Como consecuencia de lo anterior podemos definir que la holgura (Fi= Float) de un evento dado, es el margen o variación de su tiempo de ocurrencia. Por ejemplo:

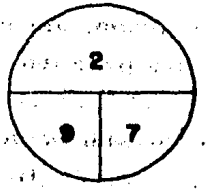


Fig. 4.4.- Holgura de un evento

En la figura el tiempo E_2= 7 y el tiemo L_2= 9 por lo que el evento 2 tiene un margen o exceso de tiempo disponible sobre el requerido de 2 unidades de tiempo. Es así como definimos la holgura de un evento. Pero más que nada debemos aclarar que se trata de un 'margen de interferencia' por la definición de un evento.

Sin embargo una actividad puede tener diferentes tipos de holguras o márgenes, dependiendo de cómo esté interrelacionada con el resto de las actividades del proyecto:

- Margen total de una actividad (i, j)
- Margen libre de una actividad (i, j)
- Margen independiente de una actividad (i, j)

Margen total de una actividad.-

Lo definimos como: TF (i, j) (TF= total float), y es el tiempo disponible con que cuenta la actividad (i, j) para retrasar su inicio, sin afectar la terminación del proyecto global o la duración del mismo.

Lo calculamos por medio de la siguiente relación:

$$TF\ (i,\ j) = Lj - Ei - Dij$$

Para comprender mejor la anterior igualdad, ilustramos la siguiente actividad:

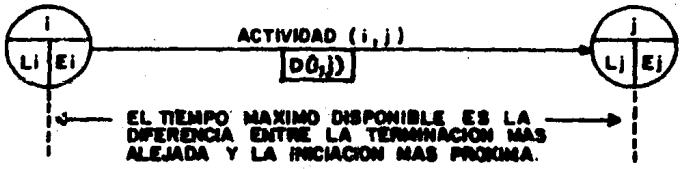


FIG. 4.5

Como se muestra en la fig. 4.5, el tiempo máximo disponible para ejecutar cualquier actividad, es igual a la diferencia entre la terminación más lejana (Lj) y la iniciación más próxima (Ei), si a ésto le restamos la duración o el tiempo requerido de la actividad, obtenemos el margen total de la misma. En consecuencia, para cualquier actividad, el margen total queda definido como el exceso del tiempo disponible sobre el tiempo de ejecución requerido.

También podemos concluir entonces que si hay un margen disponible para diferir el inicio de una actividad, éste estará dado por la diferiencia de los tiempos de inicio (Li) y (Ei) o bien, la diferiencia de los tiempos de terminación (Lj) y (Ej) para una actividad (i, j). Esto lo demostraremos con la igualdad establecida:

$$TF(i,\ j) = Lj - Ei - Dij$$

Pero: $Ei + Dij = Ej$ = terminación más próxima

$\therefore\ TF\ (i,j) = Lj - (Ei + Dij)$

= Terminación más alejada - terminación más próxima.

O bien: $Li = Lj - Dij$

$\therefore\ TF\ (i,j) = (Lj - Dij) - Ei$

= Iniciación más alejada - iniciación más próxima.

Por otro lado habíamos establecido que el método CPM - radica en la determinación de una RUTA CRITICA del proyecto. A su vez esta ruta crítica esta definida por la cadena o secuencia de actividades cuyo margen total es nulo o igual a cero, desde el inicio del proyecto hasta su final. Es entonces, de esta manera que conociendo la ruta crítica, conocemos la duración del proyecto global así como la importancia individual de cada elemento que la determina, (actividades - críticas).

Aplicando las relaciones algebraicas establecidas, así como el uso de la red del proyecto (diagrama de flechas) podremos determinar la ruta critica del mismo:

Consideremos el ejemplo siguiente:

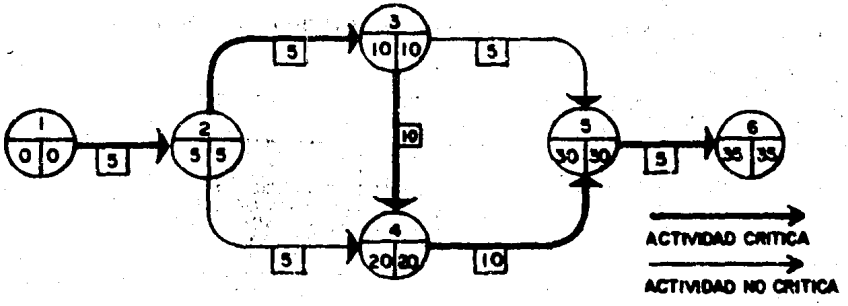


Fig.- 4.6.- Ruta crítica del proyecto

Analicemos porqué la ruta crítica esté determinada por las actividades: (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5) y (5, 6):

Esto se hace como habíamos mencionado, por medio de la determinación de las holguras o márgenes totales de las actividades:

La actividad (2, 4) no es crítica porque:

$$TF\ (2,\ 4) = L_4 - E_2 - D_{2,4}$$
$$= 20 - 5 - 5$$
$$= 10$$

Quiere decir que la actividad podría retrasarse 10 - días sin exceder el tiempo de finalización del proyecto que es 35 días.

Otra forma de comprobar su márgen total es:

TF (2,4)= Iniciación más alejada (2,4) - Iniciación más próxima (2,4).

$= [Ls\ (2,4) = L_4 - D2,\ 4] - [ES\ (2,4) =$ mayor valor de las actividades que terminan en $E_2]$

$= [20-5] - [5]$

$= 15-5 = 10$

En cambio la actividad (3,4) si es crítica porque:

$TF\ (3,4) = L_4 - E_3 - D_{3,4}$

$= 20 - 10 - 10$

$= 0$

Quiere decir entonces que un retraso de x días en su terminación, atrasaría la terminación del proyecto en igual cifra o número de días.

Resumiendo con respecto al márgen total de una actividad (TF) y su relación con la ruta crítica, podemos concluir:

- La duración del proyecto es igual a la suma de las duraciones de las actividades a lo largo de una ruta crítica, entendiéndose ésta como la 'cadena o secuencia más larga' desde el principio hasta el final.
- Un retraso en el inicio o terminación de una actividad crítica retrasará la terminación del proyecto en una cantidad igual.

Más adelante comprobaremos también:

- Si se aplican más recursos (compresión) para tratar de reducir la duración del proyecto, éstos deberán -

ser aplicados a aquellas actividades que siendo críticas lo requieran con mayor prioridad.

- Si los recursos son ilimitados, las actividades críticas deben iniciarse en sus tiempos más próximos, mientras que las no críticas se programan en fechas en las que sea posible nivelar los recursos disponibles.
- El margen total de cualquier actividad, tiene significado solamente con relación a todas las actividades del proyecto, tanto las que le preceden como las que le suceden.

Margen Libre de una actividad.-

Lo definimos como FF (i, j) (FF= Free float), y es el margen o tiempo disponible cuando las actividades que le preceden han terminado en su tiempo más próximo posible y las que le suceden deben iniciar también en su tiempo más próximo, para una actividad (i, j). Lo calculamos por medio de la siguiente relación:

$$FF(i, j) = Ej - Ei - Dij$$

Esta igualdad se ilustra en la siguiente figura:

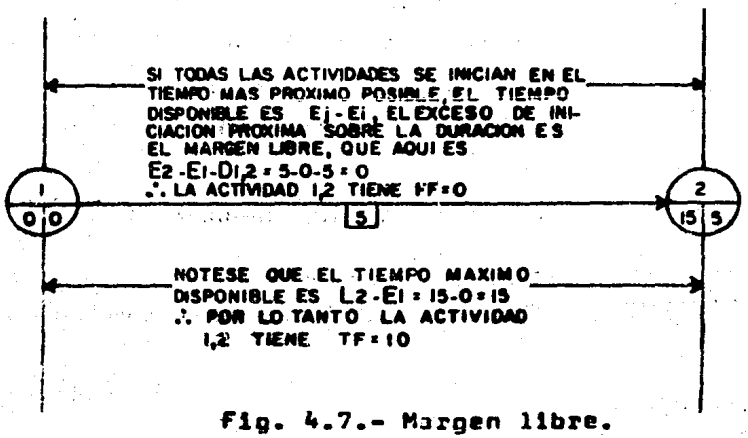


Fig. 4.7.- Margen libre.

Margen Independiente de una actividad.-

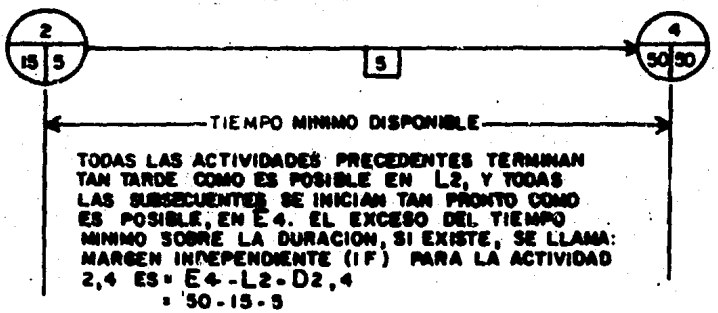
Lo definimos como IF (i, j) (IF= Independent float), y es el margen o tiempo disponible mínimo que puede tener una actividad, cuando las actividades precedentes han terminado en sus tiempos más lejanos y los actividades sucesoras deben iniciar en sus tiempos más próximos posibles.

Lo calculamos por medio de la siguiente relación:

IF (i, j) = Ej - Li - Dij

La anterior ecuación la entenderemos mejor por medio de la siguiente ilustración:

FIG. 4.8 - MARGEN INDEPENDIENTE



TODAS LAS ACTIVIDADES PRECEDENTES TERMINAN TAN TARDE COMO ES POSIBLE EN L2, Y TODAS LAS SUBSECUENTES SE INICIAN TAN PRONTO COMO ES POSIBLE, EN E4. EL EXCESO DEL TIEMPO MINIMO SOBRE LA DURACION, SI EXISTE, SE LLAMA: MARGEN INDEPENDIENTE (IF) PARA LA ACTIVIDAD 2,4 ES= E4-L2-D2,4
= 50-15-5
= 30

Aparentemente este margen es insignificante, sin embargo es útil saberlo determinar ya que proporciona una medida de la variación del tiempo de iniciación de las actividades, sin afectar ningún otro trabajo del proyecto.

A partir de los conceptos anteriores podemos elaborar reportes tabulares que nos permitan saber el estado de la actividad que específicamente es de nuestro interés; dichas tablas podrían contener lo siguiente:

- Código de secuencia: i, j
- Descripción de la actividad.
- Duración.
- Inicio y terminación más próximos.
- Inicio y terminación más lejanos.
- El margen si existe.
- El costo.
- Las necesidades de recursos.
- La iniciación y terminación programadas.

Los tres últimos conceptos (costo, recursos y fechas programadas) los veremos en seguida, como partes de este capítulo, que es la Programación de Proyectos de Plantas Industriales, teniendo como base o antecedente el capítulo precedente: a).- Las Estimaciones en Ingeniería de Proy. de Plantas Industriales y; b).- Este método de la ruta crítica, donde hemos conocido la diferiencia entre una actividad crítica y otra que no lo es (variación de su fecha de inicio).

COMO TRABAJA LA RUTA CRITICA.-

La realización de cualquier objetivo, tarea o proyecto, empleando el método CPM, nos lleva a la determinación de una ruta crítica; pero lo importante de este método no es su obtención, sino el logro en primera instancia del 'mejor plan posible', para que por medio de esta plataforma se obtenga el 'mejor programa posible'. ¿Cómo logramos lo anterior? -- Por medio del manejo de la ruta crítica, una vez que se ha logrado determinarla.

La forma de hacer trabajar la ruta crítica es relativa

mente sencillo; sabemos que:

- El atraso de una actividad crítica en 'X' duración, trae como consecuencia que el proyecto retrase su terminación en esa misma magnitud.
- El adelanto o aceleración de una actividad crítica 'X' duración, puede o no necesariamente acelerar la terminación del proyecto en esa magnitud. Aqui no existe la situación como el anterior punto, ya que al acelerar una actividad que es crítica, da lugar a que otras pasen a formar parte de la (s) ruta (s) crítica (s) que sean posibles a partir de esta compresión.

Determinación del mejor plan posible.-

Para obtenerlo, 'sólo' hay que efectuar lo siguiente:

a).- Combinar la secuencia de las actividades componentes del proyecto, de tal forma que, obtengamos diversas alternativas y seleccionar una después de hacer la evaluación correspondiente. Esto concretamente se refiere a la estructura básica de la red del proyecto.

b).- Del inciso anterior, combinamos también el tiempo de duración sobre todo de las actividades críticas, semicríticas, etc., en ese orden ascendente de holgura. De tal forma que obtenemos con a), varias alternativas y con b) se determina una medida cuantitativa de la duración del proyecto, por medio de la obtención de la ruta crítica para c/u de esas alternativas.

De lo anterior entonces podemos decir que obtendremos el 'mejor plan', cuando seleccionemos el plan del proyecto que conduzca a la duración más corta del mismo.

La determinación del plan entonces, es el primer requisito en la formulación del mejor programa: Esto siempre deberá hacerse antes de que sea posible considerar alguna aceleración o asignación de recursos; ya que de lo contrario podríamos tener un desperdicio innecesario tanto en tiempo como en costo del proyecto, aún antes de ser realizado.

APLICACION DEL METODO DE LA RUTA CRITICA A LA DETERMINACION DEL COSTO MINIMO DEL PROYECTO.-

La teoría del CPM sostiene que la mayoría de las actividades de un proyecto pueden ser reducidas hasta un límite en su duración, si se les asignan recursos extra (hombres, maquinaria, dinero, etc.). Este acortamiento en la duración trae como consecuencia un aumento en el costo de la realización de la actividad a comprimir; sin embargo, si existen ventajas que justifiquen esto alza del costo, el trabajo debe ser acortado.

Es precisamente en este punto donde se hace vital en cualquier sistema de PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS; el conocimiento de la Ruta Crítica del mismo, ya que para obtener la mejor alternativa y en seguida y como consecuencia: el mejor programa de proyecto posible (en su fase original), debemos de hacer uso del concepto de márgen disponible de las actividades, ya que si no hay razón para acortar una determinada actividad (ya que ésta posee suficiente holgura), entonces debe ser efectuada en su duración normal,

con el correspondiente empleo de recursos disponibles (el menor nivel posible); de esta manera se evita el consumo innecesario de recursos 'extra' que involucraría un aumento considerable en el costo del Proyecto, sin reducir éste su fecha de terminación.

De lo anterior podemos resumir que no es necesario acortar todas las actividades de un proyecto para que éste termine antes de la fecha pronosticada con duraciones normales; solamente deberán ser comprimidas aquellas actividades prioritarias que formen parte de la ruta crítica.

Relación costo-tiempo de las actividades.-

Existen diversos factores que determinan la variación del costo al ejecutar un trabajo o actividad, cuando la duración se alarga o se comprime más allá de un punto o lapso normal. Estos factores establecen las siguientes relaciones:

- Actividades para cuya ejecución no hay limitaciones en las canticaces disponibles de personal y de equipo pero sí de espacio.
- Actividades para cuya ejecución hay limitaciones en las cantidades disponibles de personal y de equipo.
- Actividades para cuya ejecución hay limitaciones en la cantidad disponible de equipo pero no en la cantidad disponible de personal.

Daremos un ejemplo de la primera relación:

Supóngase que una actividad o trabajo determinado 'X',

puede ejecutarse disponiendo de personal y equipo de cierta clase en cantidades ilimitadas. El director de la ejecución de la actividad organiza varios grupos de trabajo compuestos por el mismo número de personas, de manera que la capacidad de trabajo de cada grupo sea la misma, y asigna a cada grupo equipos con iguales características. Cada grupo trabajando aisladamente puede hacer la actividad 'X' en 100 hrs., con un costo de $ 1000/hr. Analizando las condiciones en que se puede realizar la actividad A, el director de ella determina que dos grupos pueden trabajar prácticamente sin interferir entre ellos, pero que si trabajan más de dos grupos simultáneamente, las interferencias entre ellos hacen que el rendimiento disminuya. Por otro lado, debido a las limitaciones de espacio, no es posible poner a trabajar a más de seis grupos en la misma actividad. Se desea obtener la gráfica de costo de ejecución (costo directo) de la actividad 'X', si los rendimientos de los grupos son los indicados en la siguiente tabla:

No.de grupos	Rendimiento de los grupos, (%)	Duración de la actividad, horas	Costo $
1	100	100	100,000
2	100	50	100,000
3	90	37.04	111,120
4	81	30.86	123,440
5	73	[illegible]	137,000
6	66	25.25	151,500

Utilizando la simbología:

N = número de grupos.

d = duración de la actividad cuando trabajan N grupos.

R = rendimiento de N grupos trabajando simultáneamente.

D = duración intrínseca de la actividad expresada en horas-grupo.

Puede escribirse la siguiente igualdad:

$$d = \frac{D}{NR}$$

<u>Ejemplo</u>.-

Si trabajan 3 grupos simultáneamente,

N = 3 grupos, R = 0.90, D = 100 hr-grupo

$$\therefore d = \frac{100 \text{ hr-grupo}}{3 \text{ grupos} \times 0.90} = 37.04 \text{ hr.}$$

Por otro lado, si

C = costo de la actividad cuando trabajan N grupos

c = costo por hr. de trabajo de cada grupo ($/hr-grupo).

Resulta entonces:

$$C = Ncd$$

Para el caso anterior:

$$C = 3 \text{ grupos} \times \frac{\$\ 1000}{\text{hr-grupo}} \times 37.04 \text{ hr.}$$

$$= \$\ 111{,}120$$

En la última columna de la Tabla anterior se presentan los resultados de los cálculos aplicando las igualdades anteriores. Dichos resultados los podemos observar gráficamente en la siguiente figura:

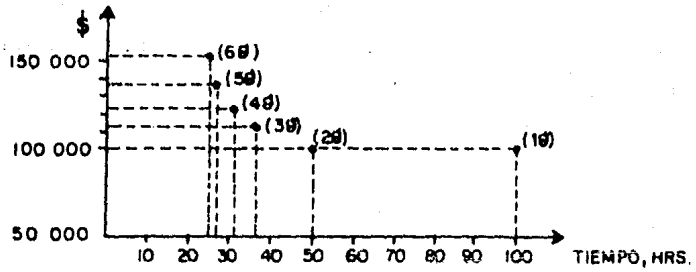


Fig. 4.9.- Costo directo de la activ. 'X'

De las otras dos relaciones mencionadas, a) cuando hay límite en el personal y equipo disponibles y b) cuando hay límite en el equipo pero no en la cantidad de personal disponibles, la situación como el anterior caso, es similar:

El acortamiento de la duración normal de una actividad tiende a producir un aumento en el costo directo para ejecutar dicha actividad, ésto es por el decremento en el rendimiento del elemento humano por el empleo de horas 'extra', por intensificar o ampliar los turnos de trabajo, etc. Esta disminución en la duración de la actividad tiene un punto límite en el cual, por infinito que sea el número de recursos asignado para terminar la actividad lo antes posible, (sumado a ésto el correspondiente costo que se tendría que erogar), no hay manera de acortar aún más esa actividad, ya que prácticamente ésto sería no viable de suceder (tratar de reducir a cero el tiempo de ejecución de una actividad, que de suyo tiene definido implícitamente un tiempo o duración determinada)

En consecuencia podemos adoptar un criterio general para definir:

La relación costo-tiempo de las actividades.-

Podemos dibujar una gráfica de la relación costo-tiempo de cualquier actividad, usando la forma básica dada en la fig. 4.10.-

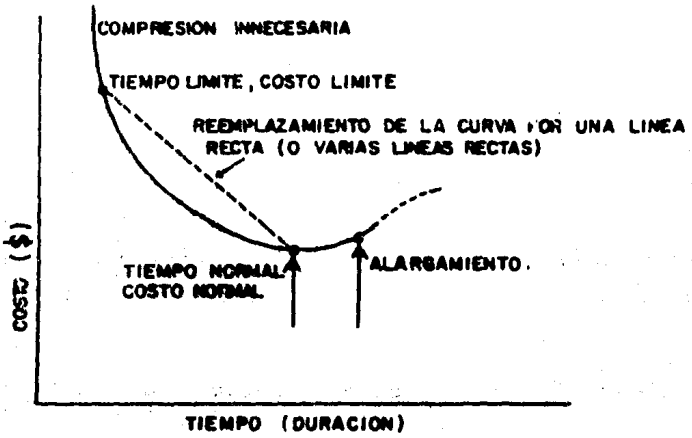


Fig. 4.10.- Relación general costo-tiempo para cualquier actividad.

Tanto el costo mínimo como su tiempo correspondiente, se definen como: 'normales', en tanto que el tiempo mínimo y su costo correspondiente son: 'límites'. Una compresión de tiempo cuesta dinero, entonces la curva se eleva; de manera semejante el 'alargar' una actividad, incrementa el costo sin necesidad; todo ésto puede ser eliminado de todas las actividades usando precisamente el método de la ruta crítica (CPM) ya que su objetivo primordial como ya hemos mencionado es la determinación del costo mínimo del proyecto asociado ésto con la correspondiente duración; de acuerdo a los objetivos y presupuesto previamente fijados.

Es importante determinar el valor de la rápidez aproxi

mera del aumento del costo al comprimir el tiempo para todas las actividades del proyecto, teniendo especial importancia aquellas que forman la ruta crítica del mismo. Este término se ha definido tradicionalmente como:

Pendiente de costos.-

La pendiente de costos es la rapidez unitaria de aumento de los costos por unidad de disminución del tiempo. Gráficamente la hemos mostrado en la fig. 4.10, indicando una aproximación a la curva costo-tiempo. La pendiente de costos se encuentra determinando la relación entre el incremento del costo límite y la disminución del tiempo de la actividad:

$$\text{Pend. costos} = \frac{\text{costo límite} - \text{costo normal}}{\text{tiempo normal} - \text{tiempo límite}}.$$

Esta aproximación de una curva continúa de costo-tiempo, es buena para fines prácticos, sin embargo hay que tomar en cuenta que en un proyecto real tal suposición puede no ser tan adecuada, debido al tipo de recursos utilizados (generalmente restringidos) y que determinan ese costo.

Cuando tenemos sólo cierto número de datos para una actividad cualesquiera, la curva que obtenemos se denomina: -- 'gráfica discreta de costos', ya que sólo está formada por un conjunto de puntos aislados a los que llamamos: 'puntos característicos' de la gráfica. Tal es el caso de los puntos obtenidos en la fig. 4.9. Sin embargo, hay ocasiones en las que por la naturaleza del proyecto o la experiencia de la firma de Ingeniería que realizará el trabajo se tienen datos suficientes para ejecutar todas las actividades del pro-

yecto con una diversidad de opciones que son suficientes para obtener una gráfica de costos que defina una curva continúa. En este caso sabemos perfectamente la variación del -- costo en cualquier punto al disminuir el tiempo, teniendo entonces un dato sumamente confiable para determinar el costo-global del proyecto a realizar para un buen número de alternativas, inclusive.

Un ejemplo:

Puede ser para la activ. 1.-

$$\text{La pend. de costos} = \frac{\$\ 100{,}000\ (C.L.) - \$\ 50{,}00\ (C.N.)}{10\ \text{días}\ (T.N.) - 7\ \text{días}\ (T.L.)}.$$

$$= \$\ 16{,}666.6 \text{ por día.}$$

El resultado quiere decir que si queremos acortar la - actividad 1, el costo se aumentará en ese cifra, por cada - día disminuído dentro del período establecido (de 10 a 7 - - días)

<u>Costo total de un Proyecto</u>.-

En el capítulo 3 (Estimaciones en Ing. de Proyectos de Plantas Inds.) se estudió detalladamente al describir los - costos de Ingeniería, el costo total de un proyecto. De tal forma que sólo describiremos la forma en que trabaja el CPM- para determinar el Costo Optimo del proyecto, teniendo como- parámetros principales el empleo de este capítulo precedente aplicado a la Ruta Crítica.

Relación costo-duración de un proyecto.-

En cualquier proyecto de naturaleza diversa, existe una

relación determinada entre el costo y la duración total, según cescribimos en la figura 4.11. Si un proyecto se prolonga incefinidamente el costo aumentará. De igual manera, el costo se incrementará si el proyecto se apresura. La finalidad del CPM es encontrar la duración del proyecto que mantenga a un mínimo su costo total.

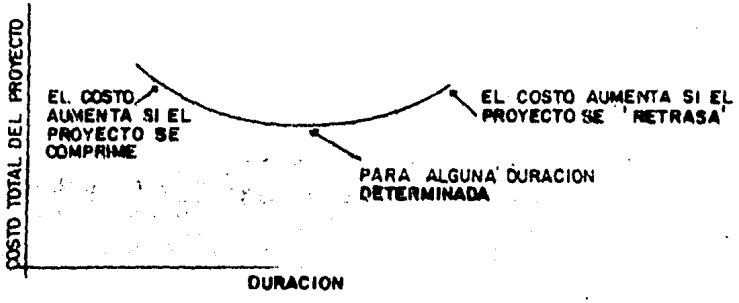


Fig. 4.11 .- Relación costo-duración de un proyecto.

La anterior gráfica es lógica si recordamos que el proyecto en conjunto, está formado por cientos o quizá miles de actividades de diversa índole, pero interrelacionadas entre sí, de tal manera que si su comportamiento en particular de la relación costo-duración es la misma, el proyecto en su totalidad es fiel reflejo de esa tendencia particular. Aunque más adelante veremos que el efecto de comprimir activicades no críticas, no es conveniente si se trata de reducir el proyecto, y por otro lado aumenta en forma considerable e innecesaria el costo del proyecto.

El costo de un proyecto en forma general, es la suma de dos costos diferentes: Costos Directos y Costos Indirectos.

Sabemos que ese costo es la medida común del gasto de-

de recursos para realizar el proyecto; dichos recursos son:- el empleo de hombres, dinero, máquinas, materiales, tiempo,- etc. De tal suerte que el costo directo es el erogado al -- efectuar el trabajo y el costo indirecto es el relativo a la Administración de ese trabajo, y que es función directa del- tiempo que dure la realización del proyecto.

Por ejemplo para el caso de un proyecto de construc- - ción de una planta nueva para producir determinados produc - tos, los costos directos estarían formados por la cantidad - total pagada por concepto del diseño de la Ingeniería, Procu ra de Equipo y Materiales, honorarios del contratista, etc.- Mientras que los costos Indirectos estarían formados por los gastos generales o por Administración, supervisión, utilida- des, perdidas, etc.

Esta situación la podemos comprender mejor si se obser va la siguiente figura:

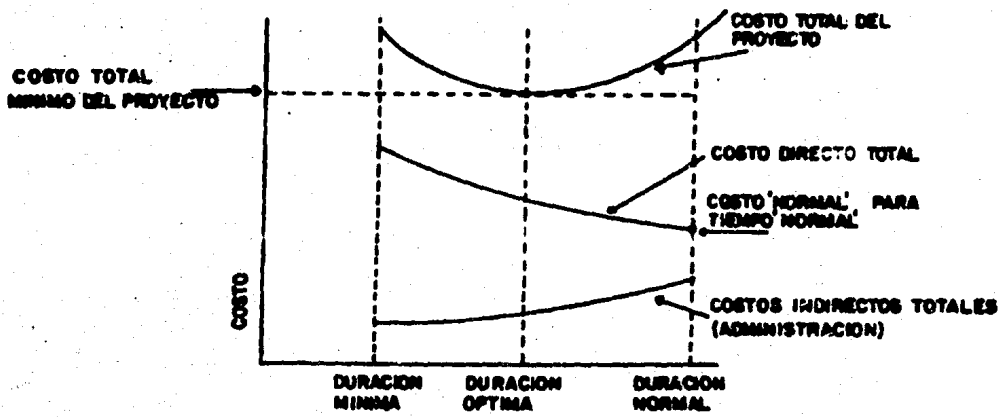


Fig. 4.12.- Relaciones costo-tiempo para un proyecto.

De la gráfica anterior se concluye que: La duración óptima del proyecto, involucra el costo total mínimo. La duración más deseable, usualmente se localiza entre la duración normal y la duración mínima. Se encuentra determinado el rango de valores del costo total del proyecto (para varias duraciones), tomándose la duración correspondiente al valor mínimo. El costo total del proyecto para cada duración se encuentra combinando los valores correspondientes del costo directo y del indirecto.

Para el diseño de la Ingeniería de Plantas Industriales, sobre todo en el campo de Refinación y Petroquímica, los costos indirectos, dada la magnitud de estos proyectos (bastante grande en cuanto a Horas-Hombre a consumir y duración de los mismos), son función directa del tiempo por lo tanto y dado el enfoque que se le ha dado a este trabajo, el objetivo de determinar los costos totales del proyecto, se reduce a la determinación de los costos directos totales. Aclarando que no dejan de tener importancia los costos indirectos, aunque no estén relacionados directamente a cada actividad del proyecto, sino al tiempo consumido en el desarrollo del mismo.

Con todo lo tratado anteriormente, se puede afirmar que existe un costo mínimo con una duración óptima del proyecto. El método de la Ruta Crítica verifica esta posibilidad matemáticamente y especifica un método para encontrar tal punto óptimo (el que representa el menor costo). Las matemáticas del método son bastante sofisticadas, quedando fuera del alcance de este trabajo, el estudiarlas con detalle; sin embargo un procedimiento general puede explicarse fácilmente:

En principio, es necesario aplicar la metodología propuesta en los capítulos anteriores, es decir, obtener el

'mejor plan posible' del proyecto para que, con una adecuada cuantificación del mismo (tiempo, recursos y costos), se obtenga el 'mejor programa posible' del proyecto. Este plan - inicial, es nuestro PLAN MAESTRO ORIGINAL a partir del cual- decidiremos en base a las alternativas diversas de costo-duración, que decisión ejecutar para la realización del proyecto, y después mediante una Asignación de recursos adecuada,- obtener finalmente el PROGRAMA del Proyecto.

Por lo tanto nuestro plan original será el calendario- de máxima longitud (todas las actividades se realizan en su- tiempo 'normal'), y entonces se tendrán niveles 'normales' - de recursos requeridos. Este plan sólo será reducido si se- acortan una o más actividades con un costo extra adicional.- Si este costo resulte ser menor que el importe ahorrado en - costos indirectos resultantes de acortar la duración del proyecto, se adopte este plan más económico o menos costoso. El método se aplica a través de pasos sucesivos; cada vez que - se obtiene una reducción neta en costos, se logra generar un nuevo plan. El problema central es determinar cuáles son - las actividades que es posible acortar y fijar un alcance determinado para la compresión de la red.

En cada paso del procedimiento, solamente las actividades críticas se considerarán para reducciones. Para efec- - tuar lo anterior, hay que examinar la pendiente de la línea- costo-tiempo de cada actividad, para determinar en el momento correspondiente, la actividad con menor pendiente (menor- costo por unidad de reducción). Este último es la que deberá acortarse con el menor gasto de recursos extra. Si el - costo de acortar la duración de la actividad en una unidad - de tiempo, es menor que el ahorro obtenido por la reducción- de una unidad de tiempo en el proyecto, significa que es una mejor opción y que hay que acortar la actividad (hasta el --

punto en el que no se obtenga mayor reducción del proyecto,- por no poder acortar más la duración de la actividad, ésto - es, 'duración y costo límites' o porque otras actividades se hayan hecho críticas en una trayectoria paralela). Luego se examinan las actividades restantes y se escoge la de menor - pendiente. El proceso se repite hasta no poder obtener re - ducción en las actividades críticas o bien, hasta que el costo adicionado por las reducciones exceda al ahorro causado - por la reducción de la duración del proyecto (costos indirectos).

Dado que un proyecto real de diseño de la Ingeniería - para una Planta Industrial, involucra miles de actividades interrelacionadas, pero bien específicas cada una de ellas, es muy difícil hacer una evaluación total para optimizar el costo del proyecto, ésto es una forma manual; para ello es necesario el uso de una computadora electrónica, ya que es indispensable el uso de la Programación Lineal para determinar el costo directo mínimo del proyecto. En la actualidad para - proyectos muy complejos o cuantiosos, un elevado número de - Empresas dispone de programas o paquetes (programas 'listos- para usarse') de computadora, que efectúan electrónicamente- los cálculos requeridos en los análisis descritos anterior - mente utilizando este famoso método CPM.

En el capítulo 5, que es el siguiente detallaremos estos conceptos para fundamentar la aplicación de un paquete - para llevar a cabo la Integración de un proyecto tanto en su fase Planeación como en la Programación del mismo.

Sin embargo, y con fines totalmente ilustrativos, se - expone un ejemplo de una red sencilla de ocho actividades para ver la variación de la relación que hay entre el costo y-

la duración del mismo y diferentes alternativas posibles.

Antes de entrar de lleno a la aplicación del ejemplo, es útil recalcar que las duraciones posibles de un proyecto industrial cualquiera, deben encontrarse entre las duraciones que resultan para el proceso cuando:

a).- Todas las actividades críticas tienen duraciones normales.

b).- Todas las actividades críticas tienen duraciones límites.

La condición a) implica que TODAS las actividades del proyecto, tengan duraciones normales, la duración resultante del proyecto global se nombra como: duración normal del proyecto.

La duración del proyecto correspondiente a la condición b) es la mínima posible, y se denomina duración límite del proyecto. Esto no implica que todas las actividades tengan duraciones límites, ya que existen actividades no críticas que pueden realizarse en sus duraciones normales sin necesidad de ser aceleradas y causar un costo adicional sin provecho alguno.

Para ilustrar lo anterior, en seguida se analiza el proyecto de la fig. 4.13. Se supone que el proyecto ha sido cuantificado totalmente, y que las gráficas costo-duración (C-T) para todas las actividades del proyecto son del tipo indicado en la fig. 4.13 b, y que tienen las características mostradas en la tabla I.

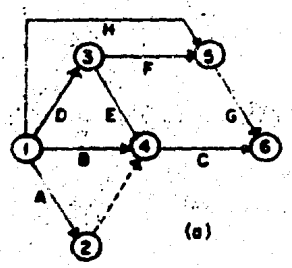
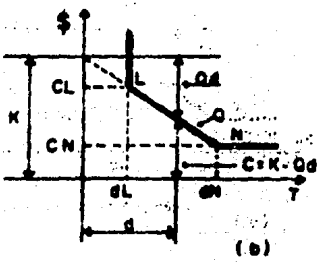


Fig. 4.13



ACTIVIDAD		DURACION NORMAL dN, SEM.	DURACION LIMITE dL, SEM.	COSTO NORMAL $ N	COSTO LIMITE $ L	GASTO, Q $ / SEM
DESCRIPCION	i-j					
A	1-2	25	15	25 000	45 000	2 000
B	1-4	15	5	8 000	18 000	000
C	4-6	30	10	7 000	12 000	250
D	1-3	20	10	15 000	25 000	1 000
E	3-4	10	5	30 000	40 000	2 000
F	3-5	15	10	18 000	23 000	1 000
G	5-6	25	10	70 000	130 000	4 000
H	1-5	20	10	35 000	55 000	2 000

TABLA I.

Duración normal del proyecto, y costo asociado.-

Suponiendo que todas las actividades del proyecto, se efectúen en condiciones normales, los tiempos de ocurrencia más próximos y lejanos para los eventos del proyecto, son los mostrados en la figura 4.14 (a).

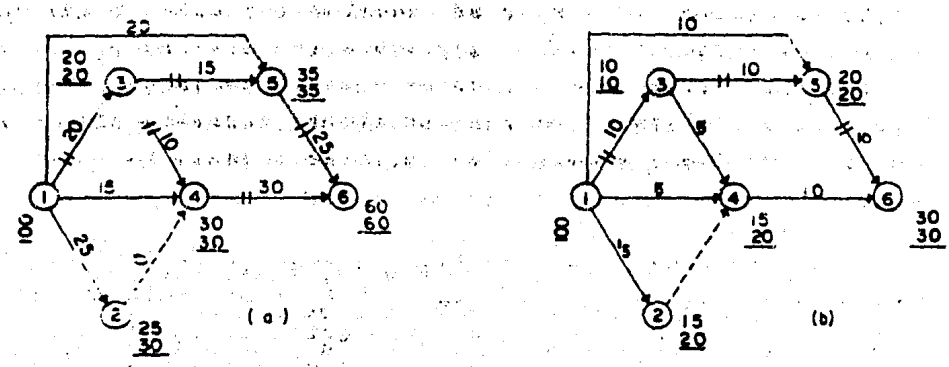


Fig. 4.14.-

Se observa en la fig. 4.14 (a) que hay dos trayectorias críticas posibles: (1-3, 3-4, 4-6) y (1-3, 3-5, 5-6). La suma de las duraciones de las actividades en estas trayectorias son: 20+10+30= 60 y 20+15+25= 60, respectivamente. Es decir, la duración normal del proyecto son 60 semanas.

Puesto que a la duración normal del proyecto, corresponden las duraciones normales de sus actividades, el costo del proyecto asociado a la duración normal del mismo es único e- igual a la suma de los costos normales de las actividades - componentes, o sea: $ (25 000 + 8000 + 7000 + 15000 + 30 000 $ 18 000 + 70 000 + 35 000) = $ 206 000.

El costo normal del proyecto es el costo de ejecución- mínimo posible, ya que para cada actividad el costo normal - es también el mínimo costo de realización.

En la gráfica de la fig. 4.15, el punto N representa - las condiciones normales de ejecución del proyecto.

Duración mínima del proyecto en estudio y costos aso - ciados.-

De acuerdo con lo dicho anteriormente, la duración límite del proyecto resulta cuando todas las actividades en - las trayectorias críticas correspondientes, tienen duracio - nes límites. Hay que aclarar, sin embargo, que no se conoce a priori qué actividades se encuentran en dichas trayectorias críticas. Lo único que se sabe de antemano es que todas las actividades de las trayectorias críticas deben tener duraciones límites.

Si se supone que todas las actividades del proyecto se efectúan en condiciones límites, como se muestra en la fig.- 4.14 (b), la trayectoria crítica correspondiente, satisface- la condición del párrafo anterior, y es, por lo tanto, la -- trayectoria buscada. Obsérvese en esta fig. (4.14b) que a - pesar de que siguiendo las trayectorias (1-5, 5-6), - - - -- (1-4, 4-6) y (1-2, 2-4, 4-6) habría posibilidad de acortar -

la duración del proyecto a 20 semanas, 15 y 25, respectivamente, ya no es posible reducir la duración de las actividades que forman o determinan la trayectoria crítica (1-3, 3-5, 5-6), y consecuentemente ya no es posible reducir la suma de sus duraciones: 10+10+10 = 30 semanas. Es decir la duración mínima del proyecto es efectivamente 30 semanas. De aquí podemos afirmar, comprobando lo anteriormente expuesto, que para abatir o reducir el costo del proyecto a duración mínima, las actividades no críticas deben expenderse o 'relajarse' - si es posible, hasta su duración normal, cuidando de no modificar la duración límite y mínima del proyecto.

A la duración del proyecto de 30 semanas, corresponde una infinidad de combinaciones de las duraciones de las actividades componentes. Una combinación posible (la del costo-máximo) es la mostrada en la fig. 4.14 (b). Cualquier otra combinación de duraciones puede obtenerse respetando la ocurrencia de los eventos críticos de esta figura e imponiendole condición de que la suma de las duraciones de las actividades en las trayectorias que unen a dos eventos críticos -- cualesquiera, sea menor o igual que la diferencia: (tiempo - de ocurrencia del evento crítico terminal) - (tiempo de concurrencia del evento crítico inicial) para trayectorias en - cuestión. Para el caso de la fig. 4.14 b, esta condición se traduce en las relaciones siguientes:

$$d_{1-3} = 10 \qquad (1)$$

$$d_{3-5} = 10 \qquad (2)$$

$$d_{5-6} = 10 \qquad (3)$$

$$d_{1-4} + d_{4-6} \leq 30 \qquad (4)$$

$$d_{1-2} + d_{4-6} \leq 30 \qquad (5)$$

$$d_{3-4} + d_{4-6} \leq 20 \qquad (6)$$

$$d_{1-5} \leq 20 \qquad (7)$$

Además para cualquier actividad, debe cumplirse la condición de la gráfica de la fig. 4.13 b:

$$dL \leq d \leq dN \qquad (8)$$

En la Tabla II se presentan algunas combinaciones de duraciones de las actividades componentes del proyecto en estudio, que satisfacen las relaciones (1)-(8). En esa tabla se indican también los valores de K y de C (costo directo) para cada actividad, fig. 4.13 b, obtenidos mediante las expresiones:

$$K = CN + QdN \ , \qquad (9)$$
$$C = K - Qd \ , \qquad (10)$$

Y el costo directo total para cada combinación. Los resultados de esta tabla II, se muestran en la fig. 4.15.

TABLA II - DURACION DEL PROYECTO = 30 SEMANAS

				ALTERNATIVAS									
				1			2			3			...
ACTIVIDADES		Q $,000/SEM	K $,000	d SEM.	Qd $,000	C $,000	d SEM.	Qd $,000	C $,000	d SEM.	Qd $,000	C $,000	
D	1-3	1	15+1 x 20 = 35	10	10	25	10	10	25	10	10	25	
F	3-5	1	18+1 x 15 = 33	10	10	23	10	10	23	10	10	23	
G	5-6	4	70+4 x 25 = 170	10	40	130	10	40	130	10	40	130	
A	1-2	2	25+2 x 25 = 75	15	30	45	18	36	39	20	40	35	
B	1-4	1	8+1 x 15 = 23	15*	15	8	15*	5	8	10	10	13	
E	3-4	2	30+2 x 10 = 50	5	10	40	10*	20	30	10*	20	30	
H	1-5	2	35+2 x 20 = 75	20*	40	35	13	26	49	15	30	45	
C	4-6	0.25	7 +0.25 x 30 = 14.5	15	3.75	10.75	10	2.5	12	10	2.5	12	
						346.75			316			313	

* = DURACION NORMAL

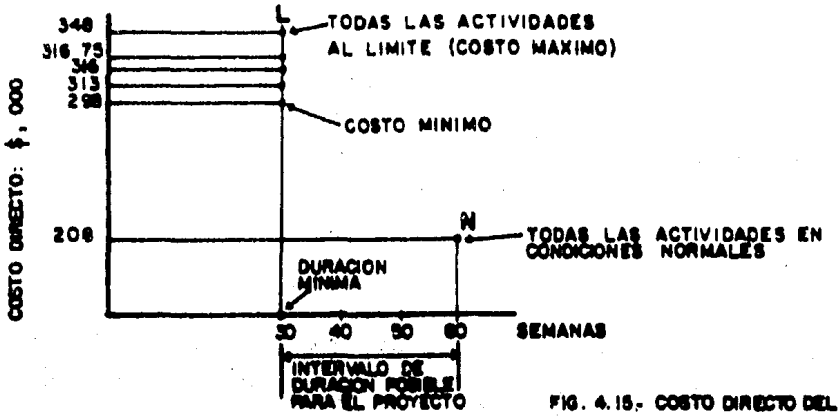


FIG. 4.15.- COSTO DIRECTO DEL PROYECTO

Del ejemplo anterior, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- La duración mínima de un proyecto, resulta cuando todas las actividades de la ruta crítica se realizan en sus duraciones límite.
- Existe una infinidad de combinaciones de las duraciones de las actividades componentes de un proyecto para las cuales la duración de éste es la mínima.
- El costo máximo de ejecución de un proyecto, cuando la duración de éste es la mínima, resulta de efectuar todas las actividades en condiciones límite.
- Las duraciones posibles del proyecto en cuestión, se encuentran entre su duración límite o mínima y su duración normal.

Por último, a continuación se expone un procedimiento práctico para encontrar el costo mínimo directo a duración óptima para cualquier Proyecto Industrial:

Por principio: El hecho de tener la ruta crítica defi-

nido para nuestro proyecto, no implica que obtengamos automáticamente el costo mínimo o máximo de ejecución del proyecto, ya que como hemos visto, a cada duración global del proyecto corresponde un costo directo diferente y el número de alternativas para realizarlo, prácticamente es infinito, por la cantidad de combinaciones que pueden tener sus actividades componentes, desde su duración límite hasta la normal o viceversa; de esta manera, deberán efectuarse los siguientes pasos:

a).- Efectuar el proyecto con duración normal para todas las actividades que lo componen. Con ésto, se obtiene el costo mínimo de ejecución del proyecto pero existe el inconveniente que, por el tiempo de duración por las condiciones 'normales', el proyecto tenga una erogación de costos indirectos bastante elevada, sobre todo para proyectos de duración muy grande (3-4 años). Esta la aproximación se ve reflejada en el punto A de la fig. 4.16.

b).- Efectuar el proyecto con duración mínima, realizando todas sus actividades en condiciones límite. Como quedó asentado precedentemente, esta opción conduce a obtener el costo máximo de ejecución del proyecto. Punto B, fig. 4.16.

c).- Del paso anterior, existen actividades que no justifican su realización en condiciones límite: las que no forman parte de la ruta crítica y que pueden ser 'relajadas' o 'expandidas' hasta su condición normal, inclusive, siempre que no afecten la duración global del proyecto. Punto C, fig. 4.16.

d).- Se advierte en la figura que para obtener el costo mínimo a duración óptima, es necesario optar por una dura -

ción del proyecto que fluctúe entre la duración mínima-(límite) y la duración normal, si optamos por reducir la duración del proyecto, entonces el primer intento se hará comprimiendo la actividad que tenga siempre e invariablemente, la menor pendiente (menor costo por día de reducción). Esto es para aquellas actividades que componen la ruta crítica del proyecto, dicha compresión se efectuará hasta que por ésto, otras actividades se hagan críticas. En este momento se selecciona de igual forma, la actividad que pueda ser comprimida ventajosamente. Este proceso puede repetirse hasta que tengamos una tendencia definida del comportamiento del proyecto-con respecto a la relación costo-tiempo. Punto D, fig. 4.16.

e).- Finalmente y con la experiencia del Administrador del proyecto, se podrá integrar el costo total del proyecto (costos directos, indirectos y generales o por Administración) en función del tiempo de realización del mismo. Habrá de tomar una decisión tan importante, en el momento de ver aspectos propios de los proyectos de plantas-industriales, como: Financiamiento del proyecto, competencia en el mercado, situación inflacionaria, materias primas, etc. Por lo que evidentemente, podría resultar en la adopción de un plan o programa de proyecto que no sea exactamente el ideal, planeado originalmente.

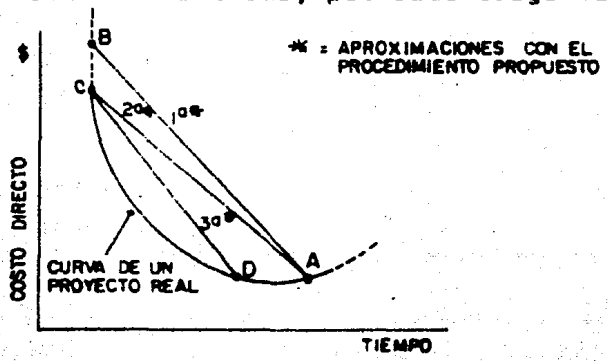


Fig. 4.16. Costo directo del proyecto

TECNICA DE EVALUACION Y REVISION DE PROGRAMAS

El PERT como se le conoce tradicionalmente a esta técnica, tiene como finalidad principal: la de cumplir con la realización de un proyecto en la fecha planeada.

Sin embargo, hasta la fecha en Mexico, como lo hemos asentado en la introducción de este capítulo, no se ha empleado desde el punto de vista probabilístico con que fué concebido, sino como un método totalmente equivalente al de la ruta crítica (CPM). Podría pensarse en principio que dada las características de los proyectos que se realizan por las diferentes Empresas del Sector: Transformación Industrial, que son generalmente conocidos o realizados previamente y no con carácter de investigación; interesaría obtener la realización de los proyectos de acuerdo al presupuesto existente y no con la premisa de tener que cumplir una fecha prevista originalmente, aún cuando para obtener ésta, se tuviese que hacer una derrama innecesaria de todo tipo de recursos. Esta situación se refleja todavía más en el Diseño de la Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales, donde los tiempos de ejecución de las diversas actividades a realizar están plenamente establecidos de acuerdo a las características de cada Planta a diseñar.

De lo anterior se deduce que el PERT es ideal para proyectos donde la incertidumbre para determinar su duración es alta y entonces hay que hacer toda una evaluación probabilística para determinar si es viable o no su realización con un plan establecido originalmente.

Por lo tanto, a continuación daremos los conceptos básicos que fundamentan a este método PERT, en forma breve y -

sencilla.

Elementos del PERT.-

- El primer elemento del método PERT es la selección de eventos específicos e identificables que están planeados para la conclusión parcial o total del proyecto. Estos eventos fueron llamados: 'eventos clave' en el lenguaje del PERT. Esto resulta razonable considerando que el primer propósito del método fue evaluar el avance del proyecto con diferentes etapas específicas en su realización, por lo tanto, el énfasis se viene dando a la terminación parcial o total del proyecto conduciéndolo por los eventos clave establecidos. Esta orientación de trabajar el proyecto enfocándolo a los eventos, difiere con el CPM que orienta hacia las actividades, sin embargo no existe incompatibilidad entre estos dos métodos, ya que en esencia, los dos basan su accionar sobre una ruta crítica del proyecto a realizar, independientemente de la similitud o diferiencia de elementos y enfoque propias de cada uno.

- El segundo elemento en la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas fué el de ligar los eventos planeados, de tal manera que muestre gráficamente su interrelación.

- El tercer elemento fué la estimación de la duración de las actividades, junto con una medida de incertidumbre, involucrada a tal estimación. La duración de una actividad cualquiera, depende esencialmente de los siguientes factores de ejecución:

  Cantidad y calidad de los recursos asignados a la ejecución de la actividad.

Métodos de ejecución utilizados.

Condiciones en que se ejecute.

Si fuese posible repetir la actividad en cuestión, conservando constantes a los factores anteriores, la duración de la actividad sería la misma. Sin embargo, la experiencia demuestra que aparte de que un proyecto es único y sólo realizarán, bien o mal, una sóla vez sus actividades, existe la presencia ineludible de factores que dependen del azar en las tres condiciones de ejecución anteriores. Esto trae como resultado que la duración de una actividad cualesquiera, sea una variable aleatoria, cuya distribución de probabilidades tiene características que dependen del grado de control que pueda tenerse, en los tres factores de ejecución. Así, la forma de la curva de densidad de probabilidad puede ser similar a la de una de las curvas mostradas en la figura 4.17.

Mientras mayor sea el grado de control que se ejerza en la ejecución de la actividad, menor será la dispersión de su distribución de probabilidades y viceversa. Así, una curva de densidad de probabilidades del tipo 4.17 c, indica un grado de control elevado. En cambio, una curva del tipo 4.17b indica poco control en la realización de la actividad.

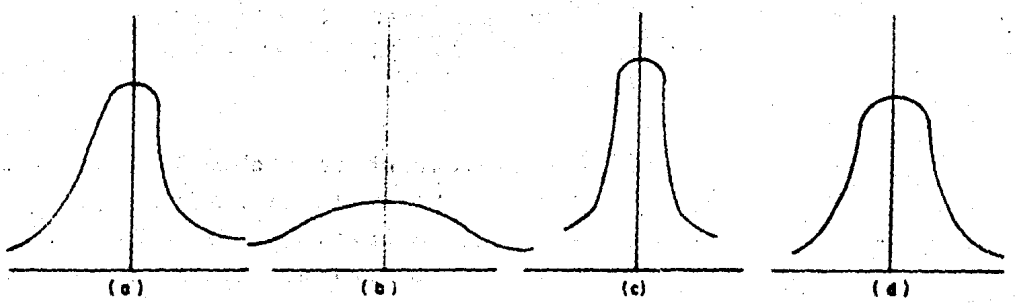


Fig. 4.17.- Curvas de distribución de probabilidades en la ejecución de una actividad.

Determinación de la distribución de probabilidades de la duración de una actividad.-

La distribución de probabilidades de la duración de una actividad, correspondiente a factores de ejecución dados, -- puede determinarse mediante uno de los dos procedimientos siguientes:

a).- Repetir la actividad un número suficiente de veces y hacer un análisis estadístico de las duraciones observadas.

b).- Suponer el tipo de la distribución y hacer una estimación de los parámetros de la misma, con base en ciertas duraciones estimadas por especialistas en la ejecución de la actividad.

El procedimiento a) es el único realmente confiable; - sin embargo, con frecuencia sólo es factible emplearlo cuando la actividad forma parte de un proyecto repetitivo. La mayoría de las veces, hay necesidad de recurrir al procedimiento b), en cuyo caso se tiene una infinidad de distribuciones - que pueden elegirse. Con fines de utilización en el método PERT, una forma conveniente de determinar la distribución de probabilidades de la duración de una actividad cualquiera, - es la que se describe en seguida:

1).- Supóngase que la distribución de probabilidades - de la duración d de la actividad es del tipo beta,* siendo los extremos del intervalo de duración de d los Valores: a y b que se definen a continuación.

2).- Consultando con especialistas en la realización - de la actividad y teniendo en cuenta los factores de ejecución específicos, estímense tres duraciones para la actividad:

(6).- EN MUCHOS PROYECTOS, SOBRE TODO LOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO, LAS DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES SON DESCONOCIDAS CON SEGURIDAD; POR LO CUAL, PERT, HA CREADO UN SISTEMA DE ESTIMACIONES CON VARIABLES ALEATORIAS Y DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES, CONOCIDA COMO LA "BETA". ESTA DISTRIBUCION APARECE ENTONCES, LA DEDUCCION DE LA FORMULA DEL TIEMPO ESPERADO, TE = a+4m+b/6. SU DEMOSTRACION MATEMATICA ESTA EN LAS REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS: (15) CAPIT. 16 Y (16) CAPIT. 3.

a. Duración optimista, definida como aquella duración-a de la actividad, tal que si ésta se realizara un-gran número de veces, solamente el 1%de ellas la duración d de la actividad sería menor o igual que a. Es decir, a es tal que la probabilidad de:

$$(d \leq a) = 0.01.$$

b. Duración pesimista, definida como aquella duración-b de la actividad, tal que si ésta se realizara un-gran número de veces, solamente el 1% de ellas la - duración d de la actividad sería mayor que b. Es - decir, b es tal que la probabilidad de:

$$(d > b) = 0.01.$$

c. Duración más probable, definida como aquella duración m de la actividad, tal que si ésta se realizara un gran número de veces, la duración más frecuente sería m.

El método PERT asume que éstos tres tiempos estimados-caerán en una curva que se aproxima a la función de probabilidad beta y se encontró con que este tipo particular de distribución de probabilidad, cumplía con estas tres condiciones o atributos, aunado a ésto la habilidad para medir la incertidumbre del estimado.

La fórmula deducida de un análisis riguroso, que transforma los tres tiempos estimados a uno solo (te= tiempo o duración esperada), equivalente a la distribución beta es la - siguiente:

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

Las razones prácticas para el uso de la fórmula son, - en primer lugar, al calcular un promedio pesado, no damos el mismo peso al tiempo m que al a. Existe mayor probabilidad de realizar la actividad con un valor más cercano a m que a. Por ello se considera a m con mayor peso que a. Por lo mismo, m es más probable de suceder que b.

Finalmente, hay la misma probabilidad (1%) de cumplir tan tarde como expresa b, que de finalizar en el tiempo que - indica a, por ello a y b tienen el mismo peso en la fórmula algebraica. Es así como tenemos ahora, un sólo tiempo (tiempo esperado), de realización de la actividad, que para propósitos de cómputo es necesario tener definido para efectuar-- la determinación de los tiempos de ejecución de la actividad o tiempo de ocurrencia del evento considerado.

- El cuarto Elemento del PERT, es el análisis que lleva a cabo para determinar la criticidad relativa de los eventos. Aunque debemos aclarar que un evento - es un punto discreto en el tiempo que define el momento específico en que una actividad o grupo de - - ellas, inicia o finaliza, por consiguiente un evento no consume recursos ni causa o provoca costos innecesarios, como es el caso del retraso de alguna actividad en su realización.

La construcción de una red del proyecto utilizando - - PERT, es exactamente análogo al procedimiento que se estudió detalladamente en el CPM (Método de la Ruta Crítica). Es decir, que el cálculo de Tiempos, próximos y lejanos; holguras y demás conceptos es similar o prácticamente de igual manera. Unicamente que el enfoque como se mencionó en el PERT es - - orientado al cumplimiento de eventos para cumplir con la fe-

cha de terminación del proyecto y el CPM utiliza la red orientada generalmente hacia actividades tratando primordialmente de obtener el mínimo costo de ejecución del proyecto a una duración razonable que se aproxime a la óptima.

Conceptos probabilísticos del PERT.-

Puesto que se tienen tres tiempos estimados para cada actividad, se puede calcular su desviación estándar. La diferiencia entre los tiempos a (optimista) y b (pesimista), representa la distancia del extremo izquierdo al extremo derecho de una distribución de los posibles tiempos de la actividad. Ver la fig. siguiente: (4.18 a).

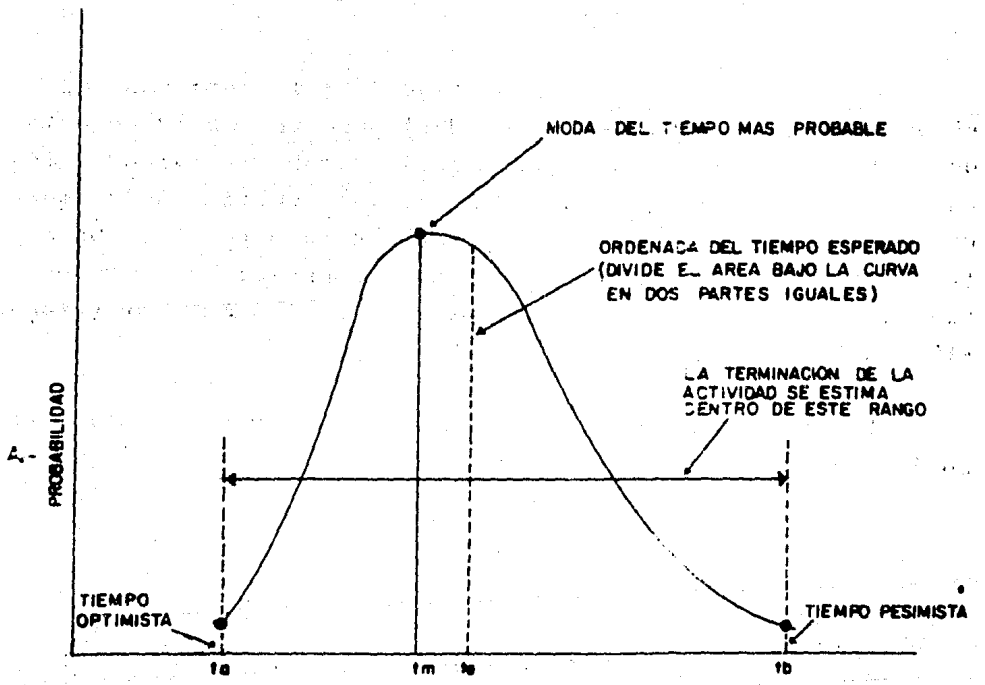


FIG. 4.18.-

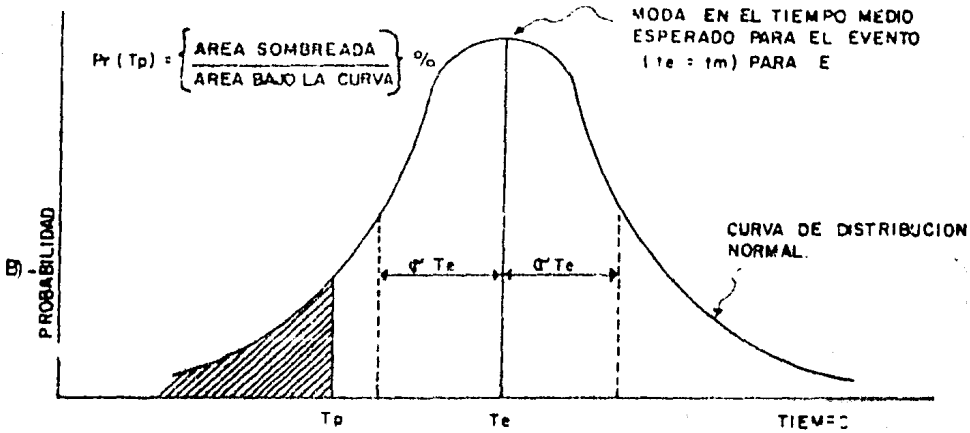


Fig. 4.18.-

Porqué es conveniente determinar la desviación estándar de las actividades.-

El PERT emplea como quedó establecido, para cada actividad, el tiempo esperado (te), junto con una medida asociada de incertidumbre para esta duración de la actividad. Esta incertidumbre puede expresarse como la desviación estándar (σte) o como la varianza (Vte) de la duración. Se pretende que el tiempo esperado sea el tiempo estimado con un 50% de probabilidad de que la duración real sea menor y también un 50% de probabilidad de que lo exceda.

La desviación estándar, que es la medida estadística de la incertidumbre, está dada por:

$$\sigma \text{ te} = \frac{tb - ta}{6}$$

Finalmente, la variancia se define como el cuadrado de la desviación estándar:

$$Vte = (\sigma\ te)^2 = \left(\frac{tb-ta}{6}\right)^2$$

Una vez determinado el Tiempo esperado para terminar un evento dado (Te), que sería, como lo dicta el algoritmo* de ruta crítica, la suma mayor de todas las actividades que llegan a ese evento y su desviación estándar (σ Te) (Teorema matemático en el que se apoya PERT); es posible calcular, a partir de la teoría de probabilidades qué posibilidad existe de encontrar un tiempo programado para un evento específico Tp. Para ésto se considera que el tiempo de terminación del evento tiene una distribución normal de probabilidades con un valor medio Te y desviación estándar σTe, determinados como antes, a partir de la serie de curvas de distribución beta de las actividades individuales. Esta consideración implica que el resultado de sumar una serie de curvas de distribución beta independientes produce finalmente una curva de distribución normal; ésto es cierto sólo para series infinitas, pero es cierto en la práctica con un cierto porcentaje de error, para redes de un tamaño razonable.

Asumiendo lo anteriormente expuesto, para calcular las probabilidades de satisfacer el tiempo Tp, es necesario tabular una curva de distribución normal centrada en el tiempo Te como se muestra en la figura 4.188. Con esta curva la probabilidad de satisfacer el tiempo programado Tp que se desea, se obtienen determinando el porcentaje de área que comprende este tiempo, del área total bajo la curva de distribución normal tal como se ilustra.

El objetivo primordial del PERT es la obtención de un-

(*) UN ALGORITMO ES: UN PROCEDIMIENTO MATEMATICO ORDENADO, CUYA EJECUCION TIENE LA FINALIDAD DE OBTENER UN RESULTADO. POSEE CINCO IMPORTANTES CARACTERISTICAS DISTINTIVAS: a) LO FINITO, b) EXACTITUD, c) ENTRADA, d) SALIDA, e) EFECTIVIDAD

objetivo, designado como: evento clave ya sea parcial o total en un tiempo establecido, es decir, el inicio o terminación de una actividad determinada. Por lo tanto, como ejemplo ilustrativo, para obtener la probabilidad de terminación de un proyecto, exponemos el caso de un segmento de una red de proyecto:

Actividad	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo Pesimista	Tiempo Esperado	Varianza
A	7	8	9	8	0.11
B	6	12	14	11.3	1.78
C	5	7	8	6.8	0.25
D	4	4	4	4	0.00
E	2	4	6	4	0.44
F	7	8	10	8.27	0.25
G	10	13	19	13.5	2.25

La ruta crítica está dada por las actividades A, B y F y su duración es de 27.6 días.

Cuál es la probabilidad de que el proyecto termine en 28 días?

El riesgo se define en términos de probabilidades. En general, para cualquier evento en que se asignara fecha programada (impuesta), se puede calcular la probabilidad de terminarla en base a la fórmula siguiente; que nos dá el valor del factor, que, mediante el uso de la tabla de valores de Función de Distribución normal, determinando la probabilidad de terminar en esa fecha programada o deseada:

$$\frac{\text{(fecha programada) - (fecha esperada, calculada)}}{\text{desviación estándar del evento involucrado.}}$$

$$\therefore \quad te = 8 + 11.3 + 8.27 = 27.6 \text{ días}$$

$$\sigma^2 = 0.11 + 1.78 + 0.25 = 2.14$$

$$\sigma = 1.46$$

$$P\,(Z = 28) = P\left(\frac{28 - 27.6}{1.46}\right) = P\,(Z = 0.27)$$

$$\Rightarrow P = 60.64\%$$

En términos generales y para redes de gran complejidad, en cuanto a la cantidad de actividades a realizar, si encontramos una respuesta de 0.5, significa que hay una probabilidad razonable de que la fecha propuesta sea cumplida. Una probabilidad muy alta, no necesariamente es bueno, ya que podría ser que nuestro programa o plan sea irreal, pero tampoco una baja probabilidad, es recomendable.

MÉTODO DEL DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS.-

Este método comúnmente conocido como: PDM (Precedence-Diagramming Method), fué desarrollado recientemente para la construcción de redes del proyecto; está basado también en la determinación de una ruta crítica del proyecto. Tiene ciertas ventajas sobre los métodos tradicionales. El concepto bajo el cual se fundamenta, es que las actividades son representadas por una sola clave o identificación, es decir elimina el par de eventos que identificaba únicamente a alguna actividad y se representa gráficamente de la forma siguiente:

ES	D	EF
	ACTIV. IDENTIF.	FF
LS	TF	LF

Donde:
D= Duración
Identif.= Clave de la Activ.
ES= Inicio temprano
EF= Final temprano
LS= Inicio tardío
LF= Final tardío
FF= Holgura libre
TF= Holgura total.

Por otra parte la dependencia o interrelación de las actividades se efectúa por medio de flechas, siendo éstas solamente conexiones lógicas de duración nula, por lo que no existen actividades ficticias o virtuales (de liga), como tales.

Una explicación de la simplicidad con que trabaja el PDM es que una actividad puede ser conectada de su terminación o de su inicio, o aún más, con demoras entre estas opciones. Esto permite una presentación lógica inicio-final sin tener que fraccionar la actividad en actividades parciales.

La figura siguiente ilustra las relaciones básicas entre actividades de este método:

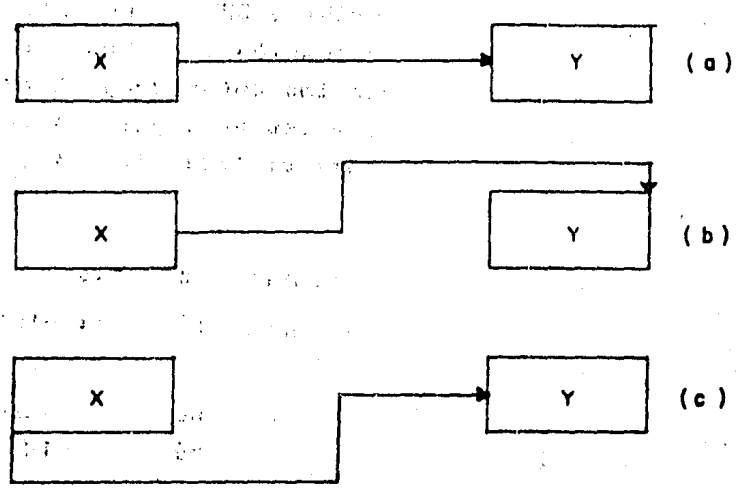


Fig. 4.19.- Relaciones básicas PDM.

(a).- El inicio de Y depende de la finalización de X.
(b).- El final de Y depende del final de X.
(c).- El inicio de Y depende del inicio de X.

A continuación presentamos una comparación de un segmento de una red, con el enfoque de interrelaciones usadas por PERT, CPM; y las usadas por PDM:

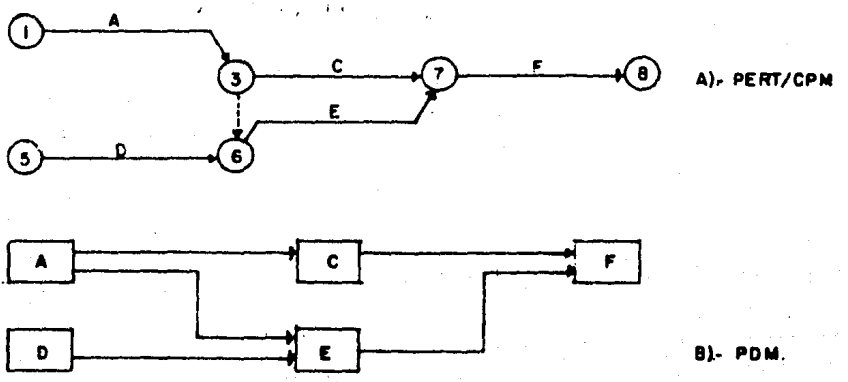


Fig. 4.20.- Comparación Red PERT/CPM y PDM.

Con respecto al cálculo de tiempos, el análisis es muy similar para la determinación de fechas, holguras, etc., que los métodos tradicionales (PERT y CPM). Por otro lado, como técnica de Planeación, Programación y Control, tiene objetivos que van muy a la par con los anteriores métodos por lo que es importante hacer notar las ventajas del PDM sobre las redes de eventos y actividades ampliamente estudiadas con anterioridad:

- Eliminación de actividades ficticias.
- Presentación clara y sencilla de actividades simultáneas.
- Por su objetividad, existe facilidad para que el personal involucrado comprenda rápidamente su utilización.
- Flexibilidad de operación.
- Simplificación del procesamiento de la red al eliminar eventos.
- Habilidad por medio de sus interrelaciones únicas para mostrar tiempos de inicio, espera o terminación; de esta forma se elimina la necesidad de partición de actividades. Esto reduce considerablemente el uso de actividades en la red.

COMPARACION DE LAS TECNICAS DESCRITAS

Se han presentado los aspectos básicos de cada una de las Técnicas expuestas y que son empleadas para la Planeación, Programación y Control de Proyectos en base a la Teoría de Redes.

Como se ha manifestado, en realidad las tres operan bajo la misma base o principio: La Ruta Crítica, con diferentes elementos y enfoques, por lo que a continuación se presenta un cuadro comparativo entre estas técnicas. Aunque debemos asentar que hoy en día, existe una variedad notablemente diversificada de técnicas utilizadas, pero todas sin duda, podrán ser clasificadas dentro de alguna de estas tres principales.

TECNICA :	CPM	PERT	PDM
OBJETIVOS	Determinación del costo mínimo de ejecución del proyecto	Obtención de la terminación del proyecto en la fecha estimada	Realizar el proyecto en forma óptima por medio de una mejor interrelación de las actividades.
INFORMACION REQUERIDA	Duración, recursos y costos por actividad. Secuencia de actividades.	tres estimaciones de duración probables. Secuencia de actividades.	duración por actividad. Definición del tipo de interrelaciones.
CONSTRUCCION DE LA RED.	Orientada hacia actividades. Admite un final solamente.	Orientada hacia eventos. Admite diferentes finales (parcial y global)	Orientación hacia nodos. Interrelaciones con o sin duración.

En realidad es muy difícil decir en forma general qué técnica es la más adecuada para trabajar. Más bien podríamos decir que las tres son aceptables; sin embargo la elección deberá hacerse dependiendo de las necesidades y recursos existentes. Podría ser que para un proyecto exclúsivo de Investigación, el PERT sea el más adecuado y que para proyectos de construcción o para procesos conocidos o repetitivos el CPM es el ideal, etc.

Más aun, podría decirse que hacer una integración en un sistema mecanizado con los mejores atributos de cada una de estas técnicas sería la mejor solución.

Finalmente, deseamos recalcar nuevamente que existen sistemas operativos que incluyen 'paquetes' de computadora, que como veremos en el capítulo siguiente, aunado a la Técnica de programación por medio de redes, complementan el trabajo; realizando también la cuantificación total del proyecto como pudieran ser: sistemas de estimaciones, escalaciones, evaluaciones, etc., que hacen prácticamente a un lado, los procedimientos tradicionales (manuales) y que ayudan enormemente a la buena Administración y Control de los Proyectos encomendados.

Para nuestro caso, que se enfoca principalmente al Diseño de la Ingeniería de Plantas Industriales; los proyectos tienen una cantidad enorme de actividades a realizar, por lo que presumiblemente requieren para ejercer una buena Administración sobre ellos, el empleo de un sistema mecanizado, razón principal para la elaboración del Capítulo siguiente de este trabajo y que hemos denominado: Integración de la Planeación y Programación de Proyectos a un proyecto específico por medio del uso de un paquete de Computadora.

ASIGNACION DE RECURSOS EN INGENIERIA DE PROYECTOS

GENERALIDADES

Los recursos son parte esencial en el desarrollo y realización de un proyecto. Se define a un recurso como el elemento que se usa para obtener algo, es decir, es el medio -- por medio del cual se lleva a cabo cualquier actividad, asesata de cualquier naturaleza ó índole. Los recursos se dividen en humanos y materiales.

En el caso de los Proyectos generales, los recursos humanos, representan la mano de obra directa para su ejecución. En las firmas de diseño de Ingeniería se representan como: - Horas-Hombre, días-hombre, etc.

Por otra parte, están los recursos materiales: maquinaria, material diverso, capital (dinero) que complementan la labor, conjuntamente con la fuerza de trabajo humana para obtener finalmente la producción de una infinidad de artículos derivados de procesos químicos que se llevan a cabo en las - Plantas Industriales diseñadas para tales fines.

Y quizá algo que es difícil de establecer como un recurso, pero que muchas veces es lo más valioso en la viabilidad de un proyecto, es el tiempo.

Destacando su importancia auténtica como medio para -- realizar un proyecto, los recursos, casi siempre están restringidos; es decir, no existe una disponibilidad infinita - para proyectos de cualquier magnitud o naturaleza, ya sean - estatales o de la iniciativa privada. El éxito o fracaso de

las Empresas depende entonces de cómo usan la cantidad de recursos disponibles que posean.

Por tanto, para realizar la más insignificante actividad, hay que emplear recursos de alguna clase: material, dinero, equipo, es entonces que se asocia a ésta utilización de recursos, un costo determinado de realización de la actividad en cuestión, de tal suerte que aunque este costo siempre es referido a dinero 'gastado', realmente se 'gastan recursos'. En función de ésto, el costo total del proyecto resulta efectado beneficiosa o perjudicialmente, de acuerdo a la Asignación hecha de los recursos disponibles.

Para efectuar una Asignación de recursos en forma adecuada, se necesita:

a).- Tener definido totalmente el plan del proyecto.

b).- Con la anterior se tiene analizado el requerimiento de recursos, global y en cada período determinado, para cada especialidad participante en la ejecución del proyecto.

c).- Se sabe la duración total del proyecto por la determinación efectuada de la Ruta Crítica.

d).- Con la cantidad de recursos requeridos se determina el costo total del proyecto.

e).- Además, sabemos la cantidad de personal y recursos diversos disponibles para efectuar el proyecto. Esto es independiente del análisis de recursos efectuado en b).

Entonces un programa de proyecto estará integralmente conjuntado, cuando se satisfaga la necesidad de los recursos

para llevarlo a cabo; siempre que se tenga la disponibilidad inmediata para ello.

Del párrafo anterior podemos establecer la diferiencia de un plan a un programa del proyecto:

Una vez que son tomadas en cuenta las restricciones en cuanto a recursos disponibles, al hacer la asignación de éstos, generalmente se establece una nueva ruta crítica del proyecto; ésto es cierto cuando las necesidades de recursos para un proyecto específico, rebasan el límite disponible de recursos. Debido a ésto, se podría decir que hay una distinción notable entre: un plan 'ideal' técnicamente factible, y un programa práctico desde el punto de vista, recursos disponibles.

Teniendo estos antecedentes, la Asignación de recursos cumplirá su cometido cuando se establezca para cada actividad componente del proyecto, una fecha de iniciación programada, que ha tomado en cuenta la secuencia de realización, los recursos requeridos y por supuesto, los recursos disponibles.

ANALISIS DE RECURSOS REQUERIDOS EN UN PROYECTO.

Esta tarea de determinar la cantidad de recursos que requiere el proyecto, es relativamente fácil, si se cuenta ya con un plan que ha sido aprobado de acuerdo a la cuantificación global del proyecto en cuestión; es decir, si se tiene definida la duración así como la cantidad de recursos que se estima consumirá cada una de las actividades componentes del proyecto.

A continuación se presenta el siguiente ejemplo:

Supóngase que se tienen tres actividades que forman parte del trabajo de una especialidad (Diseño de Proceso):

A).- Balance de Materia y Energía.

B).- Diagramas de Flujo de Proceso.

C).- Hojas de datos de equipo.

Están secuenciadas dichas actividades de la forma siguiente:

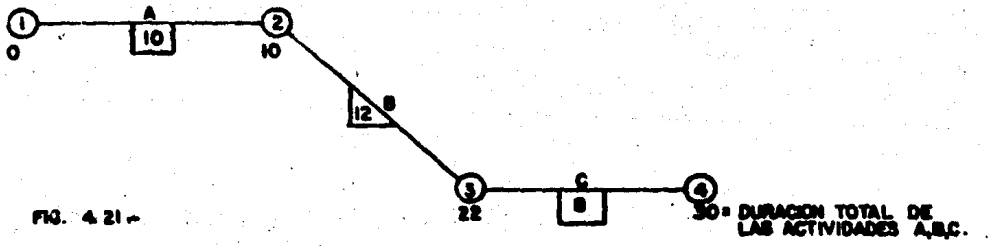


FIG. 4.21.-

El recurso por excelencia en las firmas de Ing. de diseño, se ha estenderizado en tal forma, que se ha adoptado la unidad llamada: Hora-Hombre que es el recurso directamente empleado para la realización de las actividades, por lo tanto las actividades necesitan para ser ejecutadas, la siguiente cantidad de recursos (H-H):

ACTIVIDAD A: (10 días) y 160 Horas-Hombre
ACTIVIDAD B: (12 días) y 240 Horas-Hombre.
ACTIVIDAD C: (8 días) y 80 Horas-Hombre.

De la red mostrada en la figura anterior (4.21), elaboramos un diagrama de barras para ilustrar el análisis de los

recursos requeridos para desarrollar estas tres actividades (A, B y C) en el tiempo de 30 días, (Fig. 4.22 A):

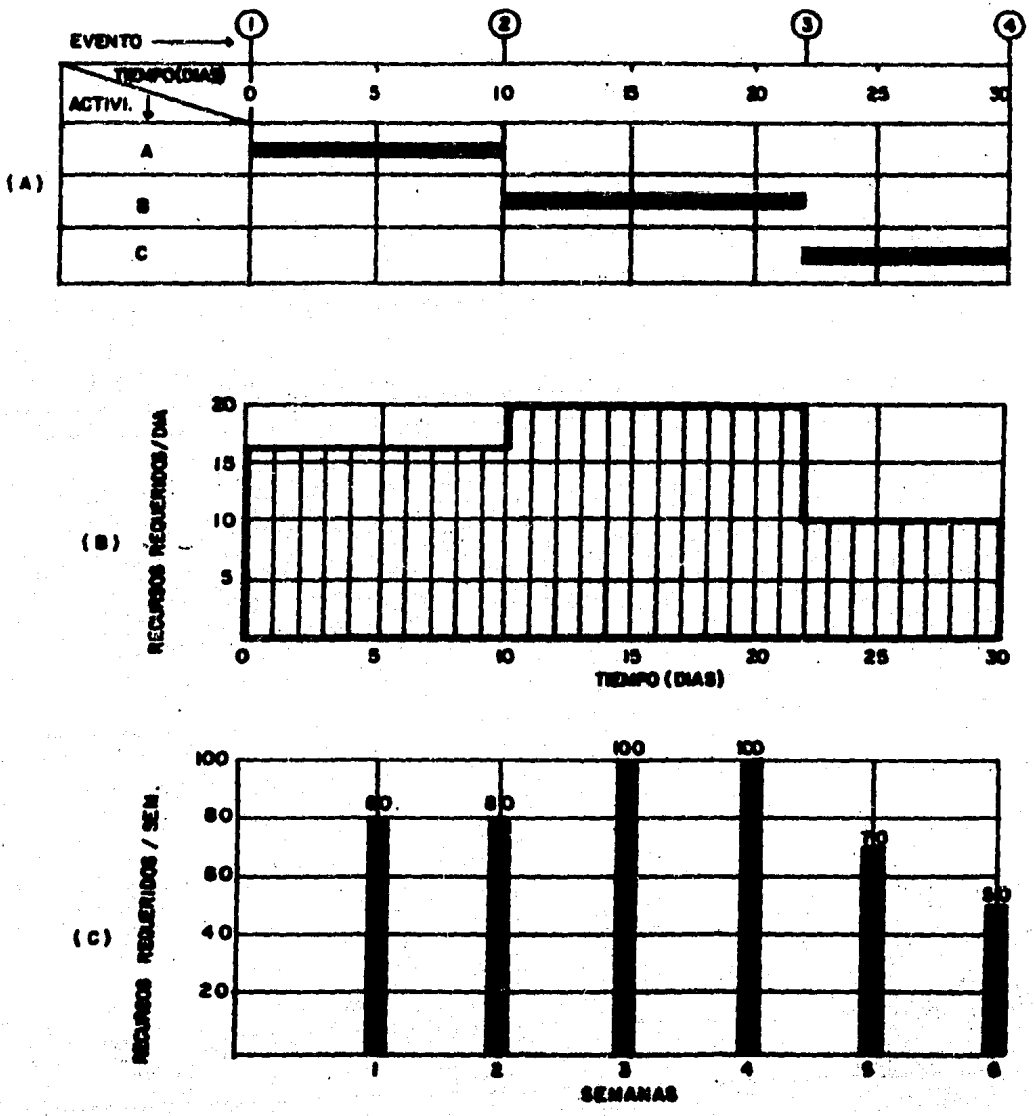


FIG. 4.22.- ANALISIS DE RECURSOS PARA EL TRABAJO EN ESTUDIO.

Este diagrama de barras (Fig. 4.22A), es la base para construir el diagrama de recursos requeridos-tiempo para este proceso en estudio. Esta situación se presenta en la fig. 4.22B, y es lo que comúnmente se ha denominado como: HISTO - GRAMA DE RECURSOS, que no es más que la acumulación de recursos por unidad de tiempo para alguna actividad, especialidad o proyecto global, según sea la necesidad requerida.

Muchas veces es necesario hacer un pronóstico de los - recursos requeridos para el proyecto correspondiente por unidad de tiempo acumulativa, ésto es, semana, mes, etc. Todo- es con la finalidad de tener presupuesto disponible para los períodos en que se requiera, si esos son los recursos necesarios, material o equipo de cierta clase, o bien para propósitos de Prevención de requerimiento de personal que rebasa la cantidad disponible actual, etc.

Para ilustrar esta situación se utilizó el ejemplo de- la figura (4.21), tomando como base un período semanal, considerando que son 5 días hábiles los que constituyen una semana laboral. Por lo tanto, si calculamos el área bajo el - diagrama Recursos-Tiempo, bajo éstas consideraciones, tendremos el requerimiento de recursos por semana (Acumulados), -- FIG. (4.22C). Debiendo aclarar que, el conocimiento de este valor puede ser de utilidad o no, dependiendo de los recursos tecnológicos de la actividad y de la clase del recurso.

También es necesario notificar que el ejemplo aquí ilustrado es muy sencillo, pero en la realidad ésto no sucede, yá que para realizar una actividad cualesquiera, muchas veces se requiere de varios recursos de naturaleza distinta (pudiendo ser dinero, material, equipo, personal, etc.). Por lo que -

el análisis de recursos puede adoptar diversas características, como:

- Por especialidad.
- Por tipo de recursos.
- Acumulativo.
- Por proyecto unitario.
- Considerando la carga de trabajo global.

Ventajas que proporciona la elaboración de los diagramas RECURSOS-TIEMPO.

En forma general nos muestran la distribución de los recursos a lo largo del proyecto, de acuerdo a un plan originalmente trazado.

Para ésto, se deberá contar con la información correspondiente en forma tabular en la forma siguiente:

ACTIVIDAD	DURACION/DIAS	R1 / DIA	R2 / DIA	R3 / DIA	.....	Rn / DIA
A i,j	X					

El símbolo R_n corresponde a los recursos requeridos -- para realizar la actividad y el subíndice, se refiere al tipo de recurso específico.

Con los datos que proporciona esta tabla y el diagrama de barras, construído como resultado de la elaboración del - diagrama de flechas y haber determinado las fechas de inicio

y terminación, por medio del método de la Ruta Crítica; sumando asimismo los valores de R para todas las actividades que - están en ejecución en el instante seleccionado, obtenemos el diagrama R-T referido anteriormente, el cual permite:

a).- Conocer con anticipación la cantidad total de los recursos R_1, R_2, ..., Rn que se necesitan en cada unidad de tiempo, durante la ejecución del proyecto.

b).- Determinar si la cantidad requerida de un recurso cualquiera, excede en un cierto intervalo de tiempo a la cantidad disponible en dicho intervalo.

c).- Conocer los períodos en que no se necesita un - - cierto tipo de recurso.

d).- Determinar si las distribuciones de los recursos requeridos son inconvenientes debido a cualquiera de las causas siguientes:

i).- Grandes concentraciones en períodos cortos de - - tiempo.

ii).- Acumulación rápida de un recurso.

iii).- Períodos largos e intermitentes de no utilización de un recurso valioso.

e).- Organizar eficientemente la procura de equipo y materiales para el desarrollo correcto del proyecto y; en forma general la contratación de los recursos requeridos.

f).- Determinar si es conveniente o necesario, subcontratar alguna parte del proyecto.

g).- Determinar si es conveniente el empleo de una mayor cantidad de recursos o la utilización de otros procedimientos de realización de algunas actividades importantes, con el objeto de lograr una distribución más eficiente de ciertos recursos (sobre todo los restringidos).

FUNCIONES DE DISTRIBUCION.

En la realización del capítulo 3 (Estimaciones en Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales) se presentaron detalladamente, los procedimientos que existen para determinar la demanda de recursos de un proyecto. De esta forma se podía saber la cantidad total de recursos requeridos para desarrollar un trabajo completo o global y también una actividad específica. Pero un segundo proceso que se deriva de éste (Pronóstico) es la Distribución, que es quien se encarga de definir la cantidad de recursos por unidad de tiempo.

Es decir, de la misma manera con que se estima que un determinado proyecto o actividad requerirá una cierta cantidad de recursos, ésto es, por medio de los consumos registrados (Estadística); la distribución es la demanda de recursos por unidad de tiempo que también es producto del comportamiento que siguen los consumos registrados pero no en forma global, sino a través del tiempo, describiendo una trayectoria tal, que es muy importante conocerla para asignar los recursos, tratando de conservar dicha tendencia, siempre dentro de los límites de disponibilidad existentes.

Es evidente entonces que para realizar la distribución se requiere conocer por anticipado el pronóstico de la demanda total, no obstante se pueden estudiar por separado, tal como lo proponemos en este trabajo, según el enfoque dado al mismo.

Precisamente en la figura 4.22C, mostramos la distribución de los recursos para el proyecto en estudio, en la unidad semana. Esta distribución se derivó del histograma correspondiente (Fig. 4.22B). Por lo tanto podemos decir que existen-

varias formas de representar la distribución de recursos por unidad de tiempo; siendo las principales, las que a continuación se enlistan:

- Los Histogramas. (Fig. 4.23A)
- Los polígonos de frecuencia (Fig. 4.23B).
- Los diagramas de pie o de 'pastel' (Fig. 4.23C).

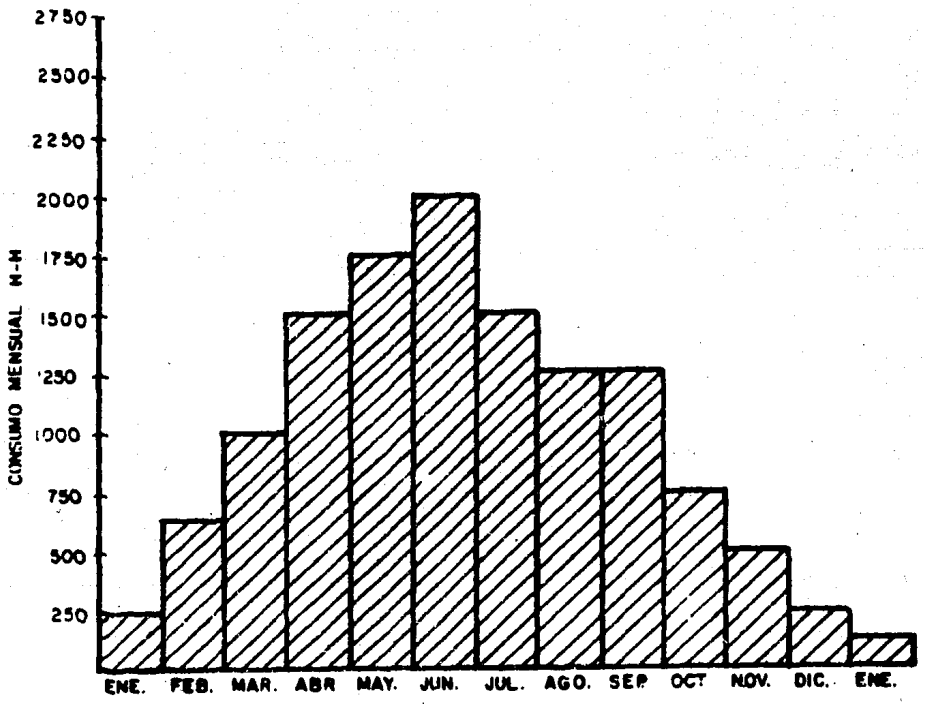


FIG. 4.23A- HISTOGRAMA DE RECURSOS

(CONSUMO DE H-H DE ING. MECANICA PARA UNA PLANTA PETROQUIMICA)

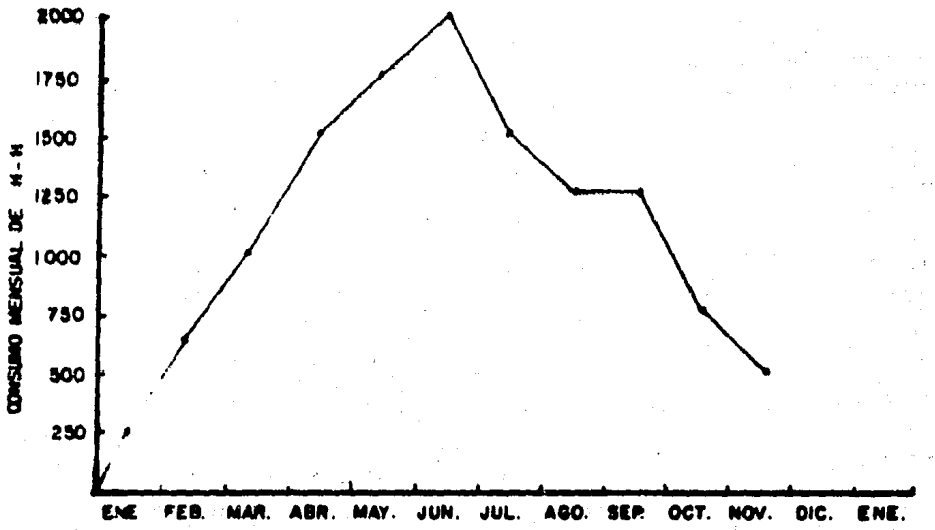


FIG. 4.23 B – POLIGONO DE FRECUENCIA
(CONSUMO DE H-H DE ING. DE PROCESO PARA UNA PLANTA DE REFINACION)

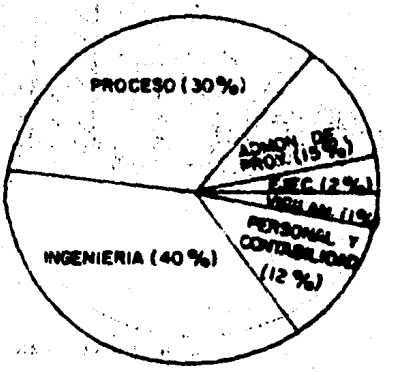


FIG. 4. 23 C – DIAGRAMA DE PIE O PASTEL
(COMPOSICION PORCENTUAL DE PERSONAL POR DEPENDENCIA)

Distribución en el tiempo.-

Es necesario hacer mención a una cuestión muy importante: El trabajo de una firma de Ingeniería lo llevan a cabo diversas especialidades de Ingeniería, principalmente (Mecánica, Eléctrica, Civil, Química, Electrónica, Industrial, etc.), ésto trae como consecuencia que los consumos a través del tiempo, para cada una de estas especialidades sean distintos.

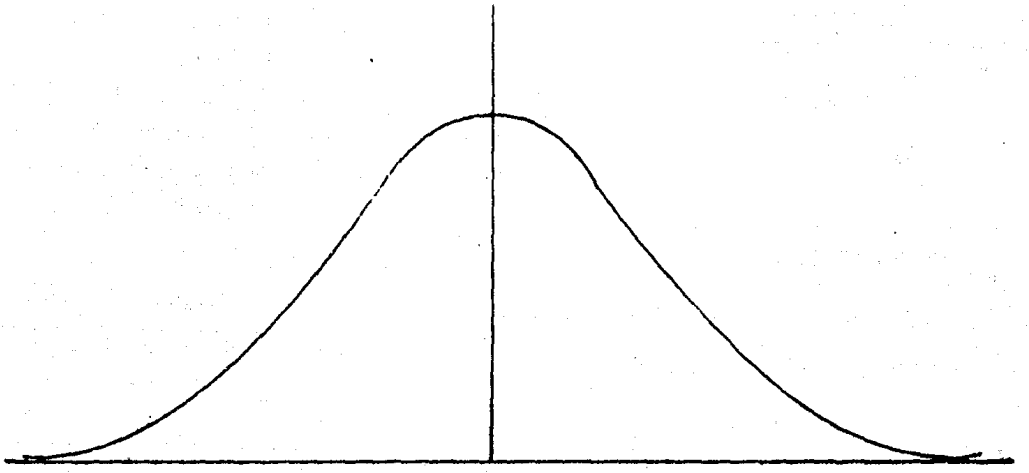
Por lo tanto, cada Especialidad tiene su distribución de consumo: tal es el caso de algunas que consumen la mayor parte de los recursos asignados al iniciar sus actividades, otras lo harán a la mitad o al final del tiempo en el cual realizan sus actividades. Esto en determinado momento es muy útil, ya que permite conocer, por medio del análisis estadístico correspondiente, el consumo de cada especialidad y cómo influye ésta en el consumo total de cada proyecto a realizar.

Esta información nos permite hacer una mejor PLANEACION y después ASIGNACION de los recursos disponibles para realizar las actividades encomendadas.

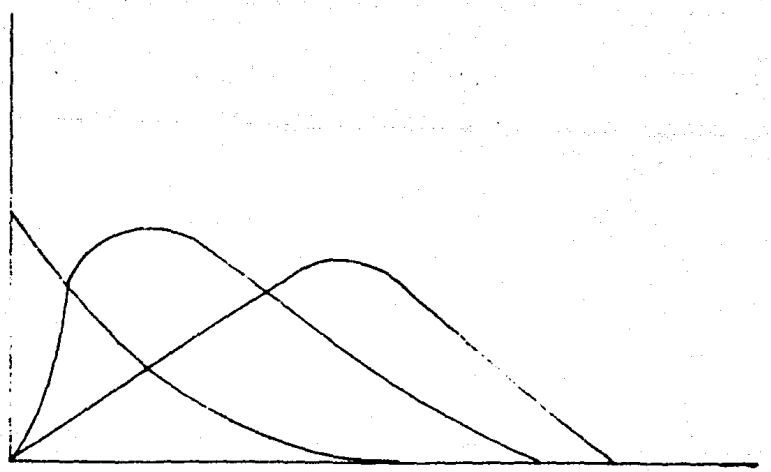
De esta forma podemos tener en cuenta a la información disponible, distribuciones que se comporten efectivamente por medio del tratamento matemático necesario, como Distribuciones Probabilísticas. El tratamento estadístico está fuera del alcance de este trabajo, sin embargo, podemos ilustrar este tipo de Distribuciones en la fig. 4.24. (A) y (B).

Cuando no tenemos información suficiente, por el tipo de proyecto a realizar, o la premura del tiempo para entregar

resultados, o bien cuando la complejidad de los métodos es tan grande que se debe simplificar el análisis; se tiene que recurrir para poder hacer una Asignación de Recursos eficiente y adecuada, al empleo de distribuciones empíricas (derivadas de la experiencia del planeador y programador del proyecto), éste tipo son principalmente: la distirubicoón lineal, triangular y trapezoidal (ver fig. 4.25).



(A)



(B)

FIG 4 24 – DISTRIBUCIONES DE CONSUMO PROBABILISTICAS.

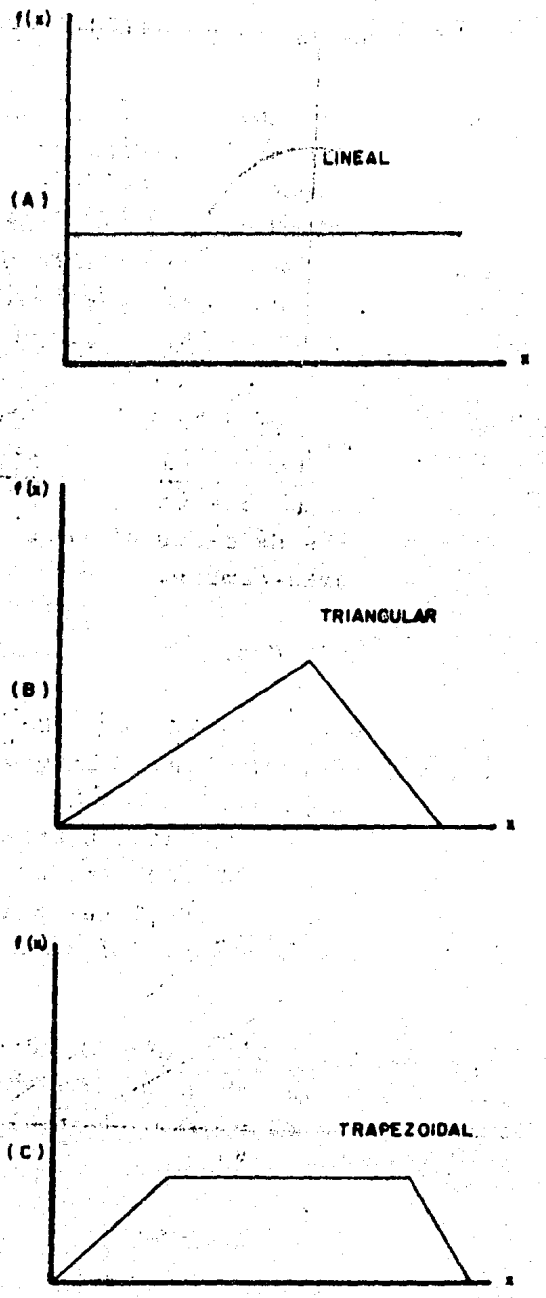


FIG. 4.25.- DISTRIBUCIONES DE CONSUMO EMPIRICAS

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN INGENIERIA DE PROYECTOS.

Teniendo como antecedente que en las firmas de Ingeniería, dedicadas al diseño de Plantas Industriales, el recurso principal para realizar los proyectos encomendados es: la fuerza humana, es decir el parámetro principal son las Horas-Hombre. Desde este punto de vista, podemos enfocar la disponibilidad, no olvidando que hay un número muy grande de tipos y clases de recursos en cualquier tarea o trabajo a desarrollar.

La disponibilidad de recursos se define como: La plantilla de personal con que se cuenta para la realización de los proyectos. A continuación se presenta un método que permite transformar esta plantilla de personal en el recurso tipo que hemos establecido: Las horas-hombre.

Cálculo de la disponibilidad.-

El cálculo de la disponibilidad se puede determinar por persona o por grupo de trabajo (Especialidad). Asimismo se calcula por período de tiempo (día, semana, mes o año). Generalmente se estila hacerlo por persona y anualmente y es a partir de esta unidad (Horas-Hombre/persona/año), como se procede a determinar la disponibilidad ya sea por especialidad, por proyecto total de la empresa, así como por mes, día o semana.

Es así como se dice que, la disponibilidad es la cantidad de horas que una persona labora en un año, y por lo tanto este número estará en función del horario normal establecido por la firma de Ingeniería.

Este cálculo de la disponibilidad deberá tomar en consideración diversos factores que la pueden variar notablemente:

- Los días festivos.
- Los períodos vacacionales.
- Permisos particulares.
- Otras ausencias (enfermedad ó fallecimiento de familiares, trámites, etc.).

A continuación se expone un ejemplo que ilustra a detalle, los conceptos tratados anteriormente (para describir a la disponibilidad):

a).- Si el horario es de 8 horas diarias, de lunes a viernes, las horas-semana serán 40 hrs. y las horas anuales serán:

H-H/año = (40 Hr/semana) * (52 semanas/año)
= 2080.

Esta cifra representa una disponibilidad teórica, tal que una persona labora sin falla durante un año completo. Sabemos que ésto realmente no es posible, por los factores que se enunciaron anteriormente (vacaciones, días festivos, etc.):

b).- Suponiendo que en promedio, se tuvieran 10 días/año festivos, la disponibilidad será:

H-H/año = 2080 - (10 días * 8 Hr./día).
= 2000

c).- La política de la empresa es tal que otorga 2 períodos de vacaciones de 10 días hábiles c/u a través de un -

año de labores; la disponibilidad quedará como sigue:

H-H/año = 2000 - (20 días * 8 Hr./día).
= 1840

d).- Por enfermedad, generalmente lo que se hace es un análisis estadístico por ausencias de este tipo, pero dado que estamos tratando de determinar una disponibilidad general promedio por persona, se saca una cantidad tipo, que es de 3.5 días de enfermedad por empleado; de esta manera la disponibilidad anual se ve reducida así:

H-H/año = 1840 - (3.5 días * 8 Hr/día).
= 1812

e).- Finalmente, existe otro tipo de ausencias que disminuyen la disponibilidad (enfermedad o fallecimiento de familiares, matrimonio, etc.). La determinación de la cantidad de horas correspondientes a estas ausencias no puede hacerse sino a través de estadísticas, dada la aleatoriedad de estos eventos. Para el ejemplo en estudio, supondremos un promedio de 0.5 días por persona, por lo cual nuestra disponibilidad se modifica de la siguiente manera:

H-H/año = 1812 - (0.5 días * 8 Hr/día).
= 1808

A partir de este dato podemos determinar todas las agrupaciones que se requieren:

DISPONIBILIDAD REAL POR PERSONA:

Anual = 1808 H-H
Mensual = 1808/12 = 150.7 H-H
Semanal = 1808/52 = 34.8 H-H
Diaria = 1808/ (364-52*2) = 6.95 H-H

Ahora bien, para calcular la disponibilidad por especialidad o total de la firma de Ingeniería, se sabe la cantidad personal que pertenece a cada especialidad:

Ing. de Proceso	= 76
Ing. Mecánica	= 110
Ing. Civil	= 22
Ing. Eléctrica	= 18
Ing. Económica	= 11
Ing. de Proyectos	= 10
T o t a l	= 247

Si multiplicamos el número de empleados por cualquier factor (mensual, anual, etc.), conocemos entonces la disponibilidad real correspondiente.

Así, para Ing. de Proceso:

H-H mes de Ing. de Proceso = 76 personas * 150.7 H-H/-persona. = 11453.2

Para el total de la Empresa sería:

H-H mes de la firma = 247 personas * 150.7 H-H/persona
= 37 222.9

Finalmente, la disponibilidad anual total de la empresa:

H-H año de la firma = 247 personas * 1808 H-H/persona
= 446,576.

Cabe aclarar que este ejemplo es ilustrativo porque la disponibilidad no es constante a lo largo del año, ya que aparte de los factores de ausencia enumerados, existe la limitan-

-to de que existen bajas y altas (Renuncias y contrataciones) de personal y muchas otras causas que hacen variar notablemente la disponibilidad mes a mes y aún diaria, en casos extremos.

ASIGNACION DE RECURSOS EN PROYECTOS INDUSTRIALES

Antecedentes.-

Hemos estudiado la demanda de recursos total de un proyecto (PRONOSTICO) y por unidad de tiempo (DISTRIBUCION), que son necesarios para realizar las actividades que lo componen (el proyecto), de tal forma que dada la disponibilidad real como limitante, se procederá a realizar la asignación de los recursos existentes y comparar de esta manera si nuestro plan técnicamente factible, se puede traducir a un programa prácticamente realizable.

Como apuntamos en las Generalidades de este capítulo, dado que los recursos nunca son ilimitados y más bien, casi siempre están restringidos en la mayoría de los Proyectos Industriales, ésto es, tanto para Empresas Públicas como Privadas, es necesario e indispensable para el éxito de las mismas, hacer una ASIGNACION JUICIOSA de los recuros disponibles.

Esta es la etapa en la que finalmente obtenemos un verdadero PROGRAMA del proyecto, ya que:

El plan de un proyecto determina:

a).- Recursos necesarios para ejecutar cada actividad.
b).- Secuencia de realización de cada una de ellas.

El Programa por otro lado, establece los tiempos de iniciación y terminación de cada actividad (a partir de las fechas tempranas y tardías determinadas en el plan). Se formula asignando recursos hasta el límite de disponibilidad, de acuerdo a las necesidades del plan.

Existen varios métodos para obtener el programa del proyecto:

a).- Tratar de que todas y cada una de las actividades inicien tan pronto como sea posible, poniendo a disposición los recursos. Esta práctica probablemente será ruinosa, además de ser innecesaria.

b).- Establecer un límite arbitrario de recursos, éste puede ser muy bajo y entonces el tiempo de ejecución del proyecto se alarga, o bien si el límite es muy alto, puede afectar sensiblemente el costo del proyecto.

Asimismo, los recursos no solamente deben ser asignados de acuerdo a las necesidades, sino que se deben 'NIVELAR' de tal forma que los costos del proyecto se minimicen al máximo posible.

Dicha nivelación de recursos puede ser fija, variable o combinada (por períodos, según convenga a la empresa y al desarrollo mismo del proyecto). Esto a continuación se estudia detalladamente.

Nivelación Variable.-

Debido a las necesidades del proyecto, muchas veces los recursos requeridos varían notablemente por unidad de tiempo: por ejemplo para un trabajo determinado es posible que se requiera un día 5 hombres, al siguiente 15, pero un día después sólo 3 hombres son los necesarios. El quitar y adicionar la mano de obra intermitentemente resulta innecesario y costoso. Lo que se recomienda, suponiendo que se tenga un límite indefinido de personal es mantener siempre, a partir de un nivel mínimo, un aumento constante de personal-

según las necesidades, hasta el punto (máximo) en que el trabajo empiece a disminuir; en este momento, debe hacerse un decremento gradual por tipo o subtipo de recursos hasta que la demanda se anule al final del proyecto.

También es necesario señalar que conviene mantener una plantilla tal que, hasta que ya no se requiera de sus servicios podrá ser transferida a otro proyecto.

La situación descrita se ilustra en la fig. 4.26 A.

Nivelación Fija.-

El objetivo de esta asignación es determinar el mejor límite y el mejor programa para cada tipo de recursos, de tal modo que todo aquél tiempo que resulte improductivo --- (grandes lapsos de tiempo 'muerto', con la gente a tiempo completo contratada) se minimice al máximo posible. Esto es realmente difícil de lograrse, ya que una firma de Ingeniería, tiene diferentes proyectos a su cargo, lo cual aunado a que los recursos casi siempre están restringidos, hace que inclusive se llegue a subcontratar o a emplear tiempo extra, aunque en cierta etapa del proyecto haya tiempos no productivos.

Entonces, para lograr una nivelación fija efectiva, lo ideal es seleccionar el mejor número fijo de especialistas, asignándolos de tal forma, que todos estén ocupados la mayor parte del tiempo.

Este tipo de nivelación esta representada en la fig. 4.26 B.

Nivelación Combinada.-

Este tipo de asignación trata de solucionar el problema

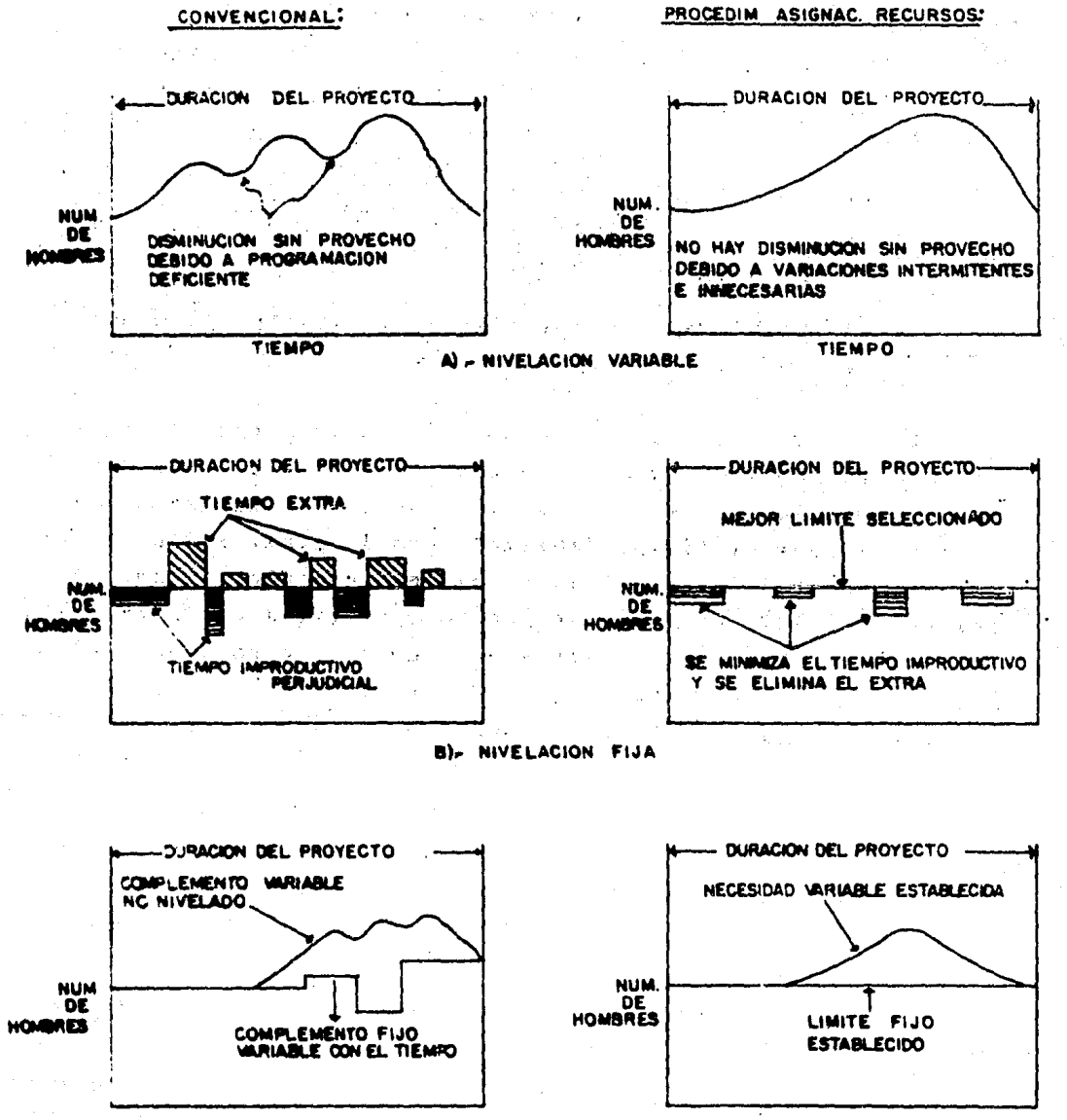


FIG 4.26.- NIVELACION VARIABLE, FIJA Y COMBINADA DE RECURSOS, CON TECNICAS CONVENCIONALES Y EL PROCEDIMIENTO DE ASIGNACION DE RECURSOS.

de que en ciertas épocas del o los proyectos, se tenga necesidad de emplear recursos 'extra', a parte del normal o fijo.

En la nivelación combinada, se asigna a cada proyecto un límite fijo de cada tipo de especialistas requerido; además, para satisfacer las necesidades en aumento, también es asignado un complemento variable. Esta nivelación se muestra en la fig. 4.26 C.

En la mayoría de los casos, la nivelación combinada es la que se usa con más frecuencia en las firmas de Ingeniería.

Procedimiento de Programación.-

Después de haber visto sucumidamente los tres tipos de asignación principales para nivelar los recursos de un proyecto, debemos asentar lo siguiente:

Cualquier procedimiento (General o Particular) para asignar todo tipo de recursos a un proyecto determinado, debe cumplir con el requisito de poseer una flexibilidad total para resolver los problemas de nivelación (fija, variable o combinada) cuando se aplica a todos los proyectos a su cargo, simultáneamente. Esto es, porque se requiere que sea Homógeneo y Universal para todo un sistema de 'Multi o Macraproyectos', y particular para cada proyecto específico.

El procedimiento de programación, debe seguir los siguientes pasos principales:

1.- Asignar recursos hasta el límite de disponibilidad.

2.- Respetar la secuencia de actividades determinada por el plan del proyecto.

3.- Intentar terminar el proyecto en el tiempo mínimo posible.

Debiendo contemplar los siguientes aspectos:

a).- Las actividades críticas deberán programarse en su tiempo de iniciación fijado por el plan (no poseen holgura alguna), es decir, inmediatamente de acuerdo a la secuencia del plan. Esto es porque la nivelación no puede imponerse a las actividades críticas.

b).- Las actividades no críticas, por otra parte, tienen una variación posible en su tiempo de iniciación, ésta es el márgen u holgura total. Por lo que el uso del márgen total debe ser utilizado de tal forma que se nivelen los recursos adecuadamente.

c).- Tipo de Recurso: Unico.-

Cuando tenemos este caso, que es el más sencillo, (H-H de una misma especialidad para la realización del proyecto). El objetivo primordial es mantener esa misma especialidad con un nivel fijo hasta los límites disponibles y si los requerimientos los rebasan, entonces habrá que adicionar;

d).- Dos recursos o más.-

El procedimiento como apuntamos anteriormente en c), deberá ser el mismo para cada tipo de recursos; siempre, claro, hasta donde sea posible.

e).- Fuerza de Trabajo Variable.-

Es posible tener variaciones en nuestra fuerza de trabajo (plantilla de personal), ya que como habíamos estudiado en la parte: Determinación del Costo Mínimo del Proyecto ---

aplicando CPM, hay una relación duración-costo de las activi dades, en la cual el costo normal de las mismas, tiene un - rango de duración en la cual no varía, por lo que entonces - es posible, de acuerdo a las necesidades y recursos disponi- bles, llevar a cabo la nivelación, variando nuestra planti - lla de personal.

Esto puede aplicarse ventajosamente, cuando exista el- rango del costo normal, de tal suerte que podremos 'meterle' recursos a nuestro proyecto y terminarlo inclusive en un -- tiempo más corto que el planeado originalmente, ya que los - costos indirectos decidirán favorablemente en el sentido de acortar el proyecto.

Este tipo de situaciones, puede aplicarse a proyectos- altamente prioritarios, o de suma importancia, aunado a que- el tiempo de los mismos no se extienda demasiado.

f).- Subcontratistas.-

Esta posibilidad suele darse a menudo, en empresas donde la complejidad de un proyecto es tal que para cumplir con el contrato establecido con el cliente, necesitan subcontra- tar a compañías del ramo, para que logren el objetivo trazado. En estas circunstancias, el contratista principal deberá crear un modelo de conjunto del proyecto, debiendo indi - car éste, todas las actividades que deban realizarse, independientemente de quien vaya a ejecutarlas. Creando este modelo, es relativamente sencillo asignar las actividades a va - rios subcontratistas. De aquí, con una estimación hecha por el responsable del proyecto (contratista principal), se contrasta con las estimaciones particulares de cada subcontra - tista, integrándose finalmente en un programa final del pro-

yecto que será el que rija el desarrollo del mismo.

g).- Necesidades de recursos Mixtos.-

Este aspecto involucra la inclusión de varios tipos de recursos para realizar una misma actividad. Por ejemplo, podríamos mencionar el caso de la construcción de la cimentación para un equipo mayor de proceso (podría ser una torre de destilación, un compresor centrífugo, etc.), para efectuar dicha actividad se necesita de los siguientes recursos:

i) Fuerza humana.
ii) Maquinaría pesada.
iii) Materiales diversos.

Por lo que, con relación a la clasificación de diversos tipos de recursos, se deben aplicar los siguientes principios:

1.- La asignación de hombres, máquinas y materiales, puede manejarse alternativamente con la misma técnica.

2.- La asignación de capital puede manejarse de la misma forma que la fuerza humana, con excepción de algunas actividades que requieren ser terminadas completamente para poder ser pagadas.

3.- El uso del tiempo, como un recurso, se puede programar estableciendo restricciones de terminación.

h).- Proyectos múltiples.

Este punto lo trataremos con mayor detalle, a continua-

ción en el siguiente subcapítulo (Método propuesto para programación de Multiproyectos), ya que es parte medular de nuestra propuesta, dadas las necesidades descritas en el Planteamiento del problema (Parte V).

CRITERIOS PARA ASIGNAR RECURSOS.-

Hasta el momento hemos planteado las bases bajo las cuales se realiza la asignación de recursos, así como los aspectos que considera. Sin embargo, es necesario, recalcar que en la programación no se tiene como objetivo la selección de la duración del proyecto o en la 'compresión' del mismo, ya que ésto es una función de la planeación (el presentar diversas alternativas, técnicamente viables), sino que el principal interés es ASIGNAR los recursos a DISPOSICION para realizar el proyecto.

Sólo se ha considerado a la nivelación de los recursos desde el punto de vista teórico (o ideal). Es necesario considerar criterios cuantitativos, de programas reales. Por lo que debemos determinar:

1).- El recurso total disponible, por tipo, según esté disponible para el proyecto completo.

Si tenemos por decir algo, una cuadrilla fija de 8 hombres asignada a un proyecto que dura 10 días, entonces el recurso total disponible es = 8x10, es decir: 80 días-hombre.

2).- El recurso total asignado según vaya a usarse a lo largo del proyecto. Esto es, según nuestras necesidades-las horas-hombre o días-hombre requeridos totales para realizar el proyecto.

3).- La relación entre 2) y 1), o sea, entre el recurso programado y el recurso disponible, es lo que llamamos comúnmente, Porcentaje de Fuerza Efectiva.

4).- La diferiencia entre el recurso disponible y el programado es el 'márgen del recurso'.

5).- El porcentaje de fuerza improductiva, es la relación entre el márgen del recurso y el recurso disponible.

6.- Consecuentemente, el porcentaje de fuerza efectiva y el porcentaje de fuerza improductiva suman 100%.

Teóricamente un programa será 'perfecto', cuando se tenga el valor más alto de porcentaje de fuerza efectiva, para la duración del proyecto más corta; además de la nivelación usada.

Finalmente con todos los aspectos teóricos y cuantitativos podemos decir que la Asignación de recursos debe ser restringida por:

a).- La nivelación.

b).- La duración mínima del proyecto.

c).- El costo total mínimo.

d).- El márgen de recursos mínimo, o el porcentaje de fuerza efectiva máximo posible.

EJEMPLO DE APLICACION

Trataremos de proceder a aplicar los conceptos mencionados, a la Asignación de recursos a un proyecto, con la premisa de que será considerando la nivelación de un recurso único con límite fijo; todas las actividades son continuas y no divisibles.

El proyecto está representado por el diagrama de la figura 4.27

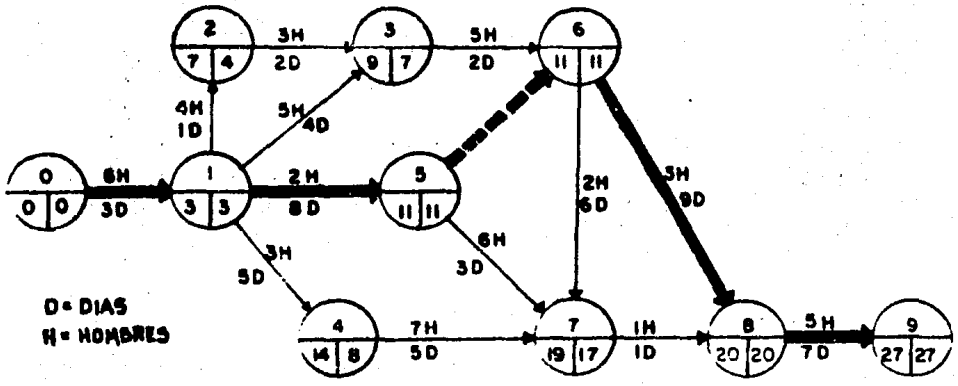


FIG. 4.27.- Proyecto en estudio '5000'

Suponiendo que este proyecto tiene prioridad, dada su importancia. Debido a ésto, tiene una asignación de recursos ilimitada, para que termine lo antes posible. De tal suerte que el programa resultante bajo éstas condiciones se presenta en la fig. 4.28.

Observando el programa (Fig. 4.28) vemos que las acti-

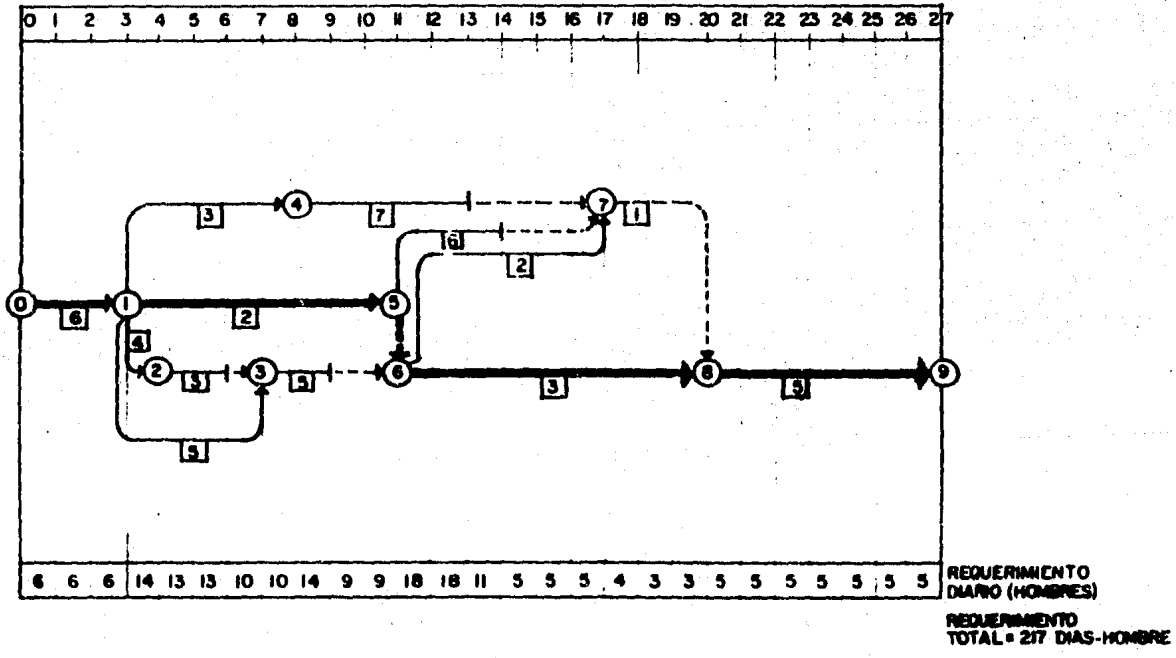


FIG. 4.28.- PROGRAMA DEL PROYECTO EN ESTUDIO '5000'

vidades en su totalidad, han sido asignadas para que inicien en sus tiempos tempranos. De esta forma, vemos algunas actividades que inicialmente eran no-críticas, han reducido sus holguras totales a cero, lo cual las traduce en críticas como es el caso de las actividades: (1,2), (1,3), (1,4) y (6,7).

Lo anterior (iniciación total en fechas tempranas), causa que el requerimiento diario de personal tenga muchas fluctuaciones, como puede verse en el diagrama de la fig. 4.28. Se advierte que existe una mala nivelación de los recursos, o de hecho, ésta ha sido nula, al no haber restricción de asignación.

Si deseamos mantener aún la duración del proyecto (27 días), pero a su vez, queremos un programa de proyecto, que aunque tenga los recursos a disposición sin límite, nos muestre una buena distribución de los recursos a lo largo de su ejecución, de tal forma que se minimicen los costos directos, debemos realizar las siguientes operaciones:

a).- Dividir los días-hombre de trabajo requeridos entre la duración del proyecto.

En nuestro caso sería: 217 días-hombre/27 días = 8.037 hombres.

Como queda un residúo, debemos seleccionar el número entero siguiente, es decir 9 hombre en promedio para trabajar durante los 27 días del proyecto en forma constante (teóricamente).

b).- Se da Prioridad a las actividades que tengan el -

mismo tiempo de iniciación. Se asigna precedencia de acuerdo a las siguientes pruebas, y en el orden indicado:

1.- Márgen total mínimo (o medida de la criticidad).

2.- Mayor necesidad de recursos en conjunto.

3.- Mayor tamaño de la cuadrilla.

4.- Código de secuencia.

Aplicando lo anterior a nuestro proyecto '5000' Fig. -- 4.27, tenemos que sólo hay una actividad que tiene inicio - en el tiempo o, es la actividad (0,1) por lo que es prioritaria en primer orden, además de que por ser la inicial y fuente de todo el proyecto, automáticamente por el método de la- Ruta Crítica,tiene márgen = 0 (Holgura total nula).

Pero, las siguientes actividades, tienen su inicio en- el tiempo 3 y son: (1,2), (1,3), (1,4) y (1,5). Aqui tenemos que aplicar la regla b).- quedando la prioridad de la siguiente manera:

CODIGO DE SECUENCIA	DURACION (DIAS)	HOMBRES	DIAS HOMBRE	MARGEN TOTAL	PRIORIDAD
(1,2)	1	4	4	3	3
(1,3)	4	5	20	2	2
(1,4)	5	3	15	6	4
(1,5)	8	2	16	0	1

Procedimiento de Programación.-

El primer paso, al programar, es crear o suponer un - 'mecanismo de cronometraje' que, inicialmente, se pone en el tiempo 0 y avanza en unidades de tiempo. El conómetro avanza en cualquiera de dos circunstancias: (1) Cuando no hay - trabajo y (2) cuando no existen recursos en la posición con-

siderada.

Recordemos que para nuestro proyecto '5000', nuestra disponibilidad es de 9 hombres por día en tiempo fijo.

Al programar, asignemos recursos a la actividad que tenga mayor prioridad en la posición considerada del cronómetro. Inicialmente, éste se pone en el tiemo 0, en el cual los nueve hombres están disponibles. La actividad (0,1), que requiere 6 hombres, puede iniciarse entonces,ya que tiene prioridad máxima por ser la inicial y no tener holgura:

La programamos iniciándose en el tiempo 0 y terminando en el tiempo 3, ésto se describe en la fig. 4.29.

El cronómetro se ha hecho avanzar hasta la posición 3,- ya que simultáneamente a la actividad (o,1), no había otra alguna que pudiera iniciarse aún cuando hubiera una disponibilidad de 3 hombres todavía del tiempo 0 al 3, es decir en este lapso ya no hubo más trabajo.

Lo anterior da origen a la siguiente regla:

c).- El cronómetro se pone inicialmente en el tiempo cero. Se hace avanzar por unidades de tiempo, cuando, ya sea el trabajo o los recursos se agotan en la posición considerada. El cronómetro avanza sin detenerse hasta que encuentra un punto donde: (1) existen recursos y (2) puede iniciarse algún trabajo.

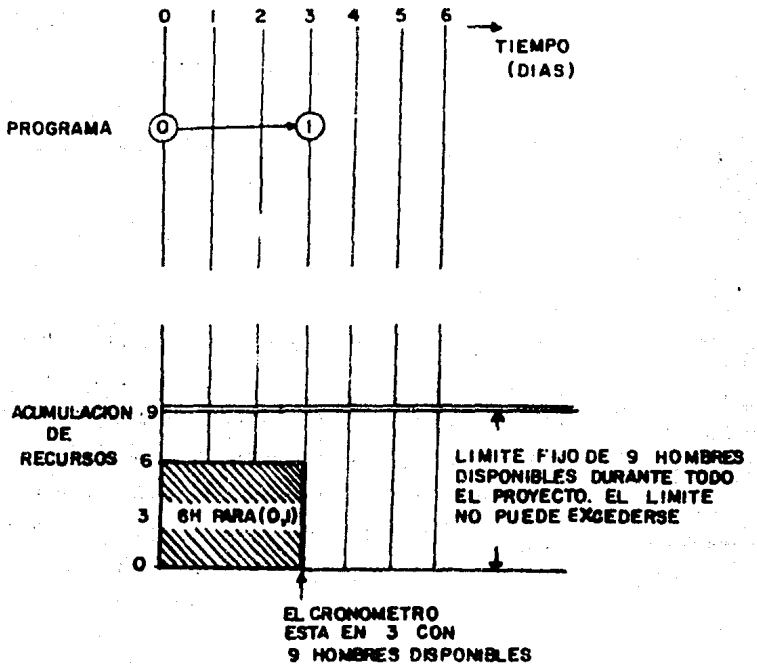


FIG. 4.29.- SITUACION EN EL TIEMPO 3 DESPUES DE PROGRAMAR LA ACTIVIDAD. (0,1)

En el tiempo 3, el cronómetro se detiene y entonces: hay recursos disponibles (fig. 4.29) y hay trabajo por efectuar: las actividades (1,2), (1,3), (1,4), (1,5) con prioridad 3,-2, 4 y 1; respectivamente,

Entonces la actividad siguiente a programar a partir - del tiempo 3 es la actividad (1,5), con 2 hombres durante 8-días, de tal forma que la siguiente actividad programada será la actividad (1,3) con 5 hombres durante 4 días; aún después de ésto, hay disponibilidad de iniciar todavía en el -

tiempo 3, alguna otra actividad que use 2 hombres. Si existe ésta posibilidad, deberá programarse inmediatamente, de acuerdo a las reglas establecidas, de otra forma el cronómetro avanzará irremediablemente; alargando quizá la duración del proyecto, más allá de lo planeado originalmente.

El procedimiento de programación se complementa con el seguimiento de las siguientes reglas:

d).- A medida que las actividades se programan y el reloj avanza, los tiempos de iniciación más próximos de algunas actividades, incluyéndose las ficticias, pueden resultar afectados por falta de recursos o por un retraso en la iniciación de alguna actividad precedente. En tales casos, deben cambiarse los tiempos de iniciación más próximos de todas las actividades afectadas; lo cual puede originar cambios en las marcas de los eventos.

e).- En cualquier posición del cronómetro, cualquier actividad ficticia que pueda 'iniciarse' (solamente son ligas) se programa inmediatamente, aún antes de considerar las prioridades de actividades reales. (Se supone que se ha ajustado el 'tiempo de iniciación' de la actividad ficticia, si es que ha resultado afectado por un retraso en la iniciación de alguna actividad precedente).

f).- En cada posición del cronómetro se asignan recursos de acuerdo a la prioridad. Si los recursos disponibles son suficientes para la actividad con prioridad 1, se programa esa actividad. Si los recursos son insuficientes, se asignan a la actividad con la prioridad siguiente y así sucesivamente

sivamente, hasta que una actividad se programe o el cronómetro avance. Si en una posición específica del cronómetro, los recursos son insuficientes para iniciar cualquiera de las actividades, entonces ninguna actividad puede iniciarse en ese posición o tiempo del cronómetro. Este hecho aislado es suficiente para hacer avanzar el cronómetro.

Inmediatamente después de cada asignación, se recalculan las prioridades, ya --- sea que el cronómetro haya avanzado o no.

Estos son los lineamientos básicos que rigen el problema de asignar recursos para un recurso tipo único, con límite fijo, que es el caso que ocupa el proyecto '5000' en estudio.

Aplicando éstas reglas y elaborando una TABLA DE ASIGNACION para vaciar el resultado de esta utilización (de las reglas), presentamos el programa del proyecto con los resultados más convenientes de acuerdo al límite de recursos disponible establecido, (Figs. 4.30 y 4.31).

RESULTADOS DEL EJEMPLO DE ASIGNACION (PROYECTO 5000)

Podemos decir, después de observar los dos programas, que el de la fig. (4.31) es más conveniente que el de la fig. (4.38):

a).- En principio, el programa sin límite de recursos (fig. 4.28), es 'ideal', ya que en la realidad, nunca los recursos están a disposición sin limite alguno; además la distribución es muy mala, no hay criterio de asignacion, el re-

[illegible]	D	H	D H	ES	EF	MARGEN TOTAL	PRIORIDAD
0,1	3	6	18	0	3	0	1
1,2	1	4	4	3,7	4,8	3,-1	3,2,1
1,3	4	5	20	3	7	2	2,1
1,4	5	3	15	3,7	8,12	3,-2	3,2,1
1,5	8	2	16	3	11	0	1
2,3	2	3	6	4,8	6,10	3,-1	3,2,1
3,6	2	5	10	7,10	9,12	3,-2	1
4,7	5	7	35	8,12,22	13,19,27	3,-2,-6	3,2,1
5,6	0	0	0	11	11	0	MAYORIA
6,7	3	6	18	11,15	14,18	3,0	3,2,1
6,7	4	2	12	11,15	15,23,32	3,-3	3,2,1
6,8	9	3	27	11,15	20,22	3,-2	3,1
7,8	1	1	1	18,27	19,28	3,-8	
8,9	7	5	35	20,28	27,35	3,-8	1
TOTAL	D H =		217	* FUERZA HUMANA			

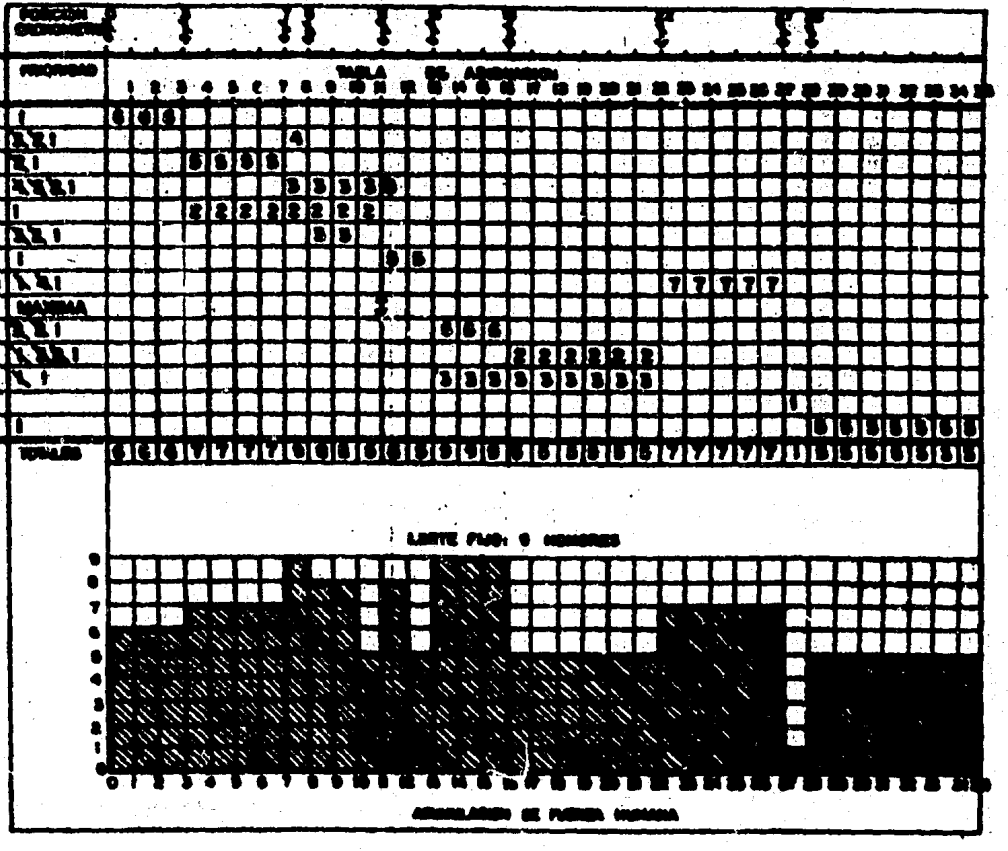


TABLA DE DATOS	
N2	TIEMPO DE [illegible]
0	0
1	3,7
2	4,8
3	7,10
4	8,12
5	11
6	11,15,18
7	15,18,20,27
8	20,28
9	28,35

SIMBOLOGIA

D = DIAS

H = HOMBRES

D H = DIAS - HOMBRES

ES = INICIACION TEMPRANA

EF = TERMINACION TEMPRANA

E = HOLGURA TEMPRANA DEL EVENTO

FUERZA DISPONIBLE = 24 + 20,5 + 20 = 64,5

% FUERZA EFECTIVA = 217 / 64,5 = 69 %

∴ % FUERZA HUMANA = 31 %

FIG. 4.20.- TABLA DE ASIGNACION PARA OBTENER EL PROGRAMA FINAL DEL PROYECTO "[illegible]"

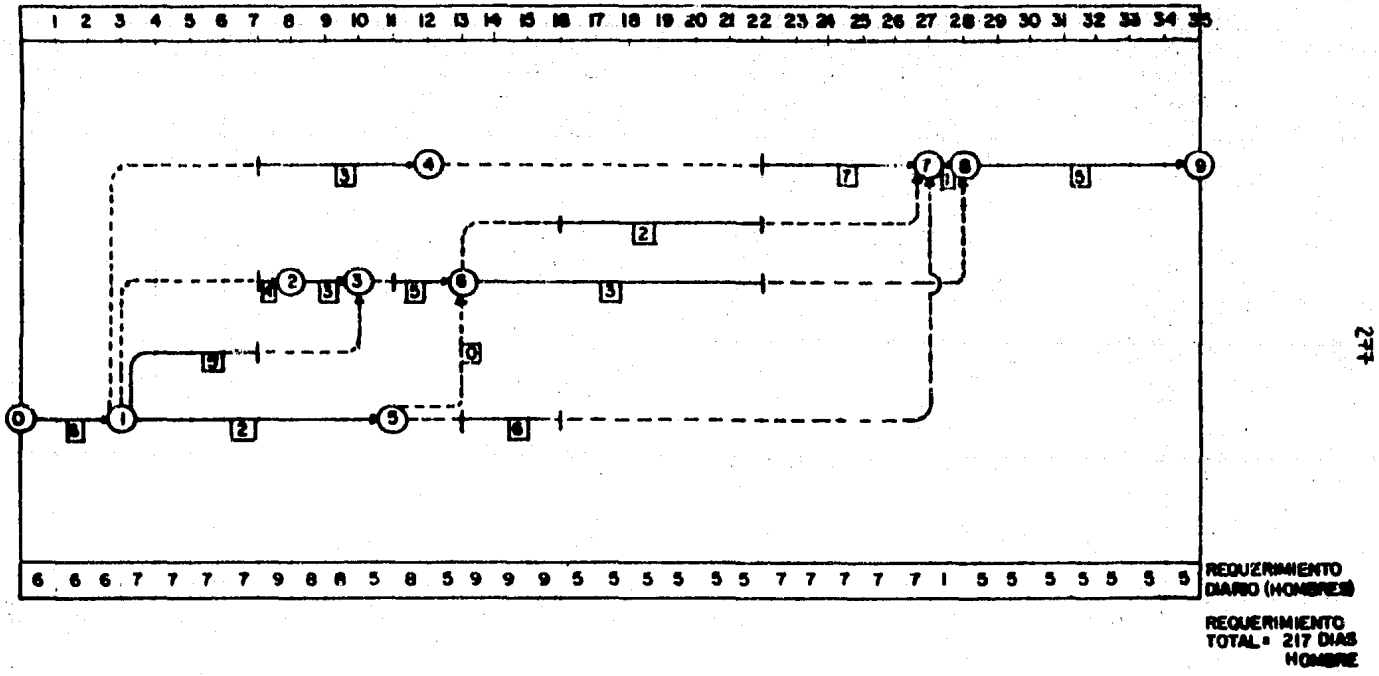


FIG. 4.31.- PROGRAMA DE PROYECTO '5000', CON LIMITE DE RECURSO FIJO (9 HOMBRES/DIA)

querimiento de mano de obra máximo es de 18 hombres, pero - hay variaciones muy grandes de personal diario, por lo que - el costo aunque el proyecto dure 27 días, puede ser muy alto en función de la entrada y salida constante de personal, que suponemos está 'parado' la mayor parte del tiempo dada la importancia del proyecto y la decisión de asignar los recursos que se requieran en cualquier instante.

b).- Por otro lado, el programa de la fig. 4.31, es más conveniente ya que tiene una limitante muy restrictiva: la - de desarrollar el proyecto con una base fija de 9 hombres. - De esta forma el proyecto nunca rebasa esta cuota de mano de obra, por lo que extiende su duración a 35 días, (8 días más que el programa sin límite de recursos). Sin embargo si observamos el porcentaje de fuerza efectiva, en la fig. 4.30,- el valor de 69% no es malo, teniendo en cuenta que las características de las actividades del proyecto en cuanto a necesidades diarias de recursos, es muy irregular, por lo que es más conveniente tener una plantilla de 9 hombres contratada- en forma permanente los 35 días de duración del proyecto, a- tener un número no definido de hombres parados sin tener 'idea alguna' de cuando van a ser utilizados.

Debemos señalar que los principios para asignar recursos son relativamente 'sencillos' de asimilar, sin embargo,- aplicarlos a un proyecto real compuesto de cientos o miles - de actividades y obtener un programa más o menos satisfactorio es una labor muy compleja, sobre todo cuando se tienen - que considerar en la nivelación, diferentes tipos de recur - sos, con todas sus variantes y sujetos a un sinnúmero de fac

tores que hacen de verdad sumamente interesante la labor del Ingeniero Programador del proyecto, como un elemento que pre - tende contribuir en lo que a él compete, a una buena Administración de los proyectos en los que es requerida su labor.

METODO PROPUESTO PARA PROGRAMACION DE MULTIPROYECTOS

Antecedentes.-

Intencionalmente hemos dejado este punto por separado del resto del capítulo, ya que precisamente la proposición que hacemos en este trabajo es aplicar la Planeación y Programación a todos los proyectos encomendados, y de esta manera hacerlos 'trabajar' adecuadamente con un sistema tal que permita alcanzar tal fin.

Hemos visto que la obtención de un programa, radica principalmente en la Asignación de los recursos, por lo que:

Cuando se llevan a cabo varios proyectos simultáneamente, quedan relacionados de la siguiente manera:

1.- Todo el trabajo debe manejarse con el total de recursos disponibles, formando un conjunto universal, el cual tratará de cumplir eficientemente con las necesidades de todos y cada uno de los proyectos.

2.- Los proyectos específico e independientes son entonces subfases de un 'Macro' o 'multi'-proyecto.

El objetivo primordial de este método que proponemos es la obtención de un sistema de planeación, programación y control de proyectos, que cumpla con los requisitos que se requieren actualmente en una firma de Ingeniería de Proyectos Industriales, (en específico satisfacer las necesidades de la Subdirección de Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales del Instituto Mexicano del Petróleo); para de esta forma tener una efectiva Administración de los proyectos.

El planteamiento del método para Programación de Multiproyecto está sustentado básicamente en las necesidades que se mencionan en el Planteamiento del Problema (Parte V de este trabajo) y que son principalmente: a).- Realizar una adecuada asignación de los recursos disponibles y b).- Contar con un Sistema dinámico de Programación de Proyectos.

El inciso a), ya está totalmente desarrollado, precisamente es el capítulo que con esta parte terminamos.

El inciso b), es contar con un sistema mecanizado, dada la complejidad, cantidad de información y número de proyectos que se maneja actualmente y cuyas fases de Planeación, Estimación, Programación y Control, deben estar integradas al mismo, cosa que por el momento se tiene independiente, es decir no trabajan integralmente; y por lo tanto no existe una secuencia lógica de operación continua durante el desarrollo del proyecto.

El sistema mecanizado es presentado detalladamente en el capítulo siguiente (Capítulo 5.- Integración de la Planeación y Programación a un Proyecto específico por medio del uso de un paquete de Computadora).

A continuación, presentamos el Planteamiento del Método en forma global y concreta.

PLANTEAMIENTO DEL METODO

El planteamiento del método para planear y programar un proyecto industrial fue detallado en la parte VII de este -- proyecto de Tesis, que se denominó justamente MATERIAL y METODO, por lo que aquí solamente adapteremos el concepto unitario a la Integración de todos los proyectos a un Sistema - Dinámico que permite no solo la Planeación y Programación sino también el Control que es la base para corregir desviaciones o aplicar modificaciones conforme el avance real del proyecto.

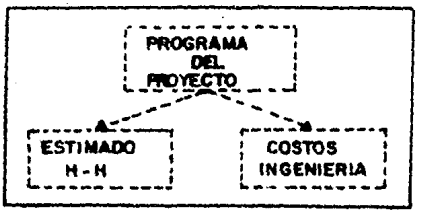
Para realizar lo anterior, debemos considerar que el - sistema actual tiene varias deficiencias:

1.- La Planeación, las Estimaciones y los Programas se realizan en forma hasta cierto punto independiente, guiados- tan sólo por el alcance del proyecto y sin compaginar cier - tos aspectos que al contrastarlos revelan incongruencias. - Es decir, no están integrados en un sistema global.

2.- Los procedimientos en cada uno de los puntos considerados, son llevados a cabo en una forma manual o semiautomatizada, ésto implica que los procesos de integración de in - formación, se soporten en su gran mayoría, en procedimientos manuales de captura de datos, lo cual dada la intención del- nuevo método, ocasiona una falta de oportunidad así como una lenta respuesta a los requerimientos de información (tratése de un estimado de Horas-Hombre, un programa de proyecto, o - bien un control de los Costos de Ingeniería).

3.- En la actualidad el sistema existente sólo conside

ra 3 aspectos básicos:



4.- Los controles, por consiguiente, no se hacen integrando los 3 componentes básicos, ésto es porque no existe un diseño modular del sistema, capaz de interactuar dinámicamente en cualquier instante requerido.

5.- Debido a la poca flexibilidad que se tiene en cuanto a la información generada, todos los trabajos se tienen que adaptar a esta condición, por lo que muchas veces para tener un listado de un programa, por ejemplo; hay que procesar una cantidad tremenda de información para esta sola emisión.

6.- Todo lo anterior debido a que en un principio, el sistema y los métodos en particular, fueron diseñados de tal forma que sólo dieran solución a la situación contemporánea, sin embargo, como toda empresa en expansión y desarrollo constante, las necesidades han aumentado enormemente de tal suerte que este aspecto no fué considerado, ocasionando las limitaciones mencionadas anteriormente.

7.- Debido a la necesidad imperiosa de generar los programas de proyecto, tan pronto como éste se inicia, siempre se ha efectuado sólo la planeación del mismo, sin considerar la disponibilidad real y la asignación de ésta al proyecto específico, creando muchos problemas, ésto, al grado de tener que hacer reprogramaciones periódicas permanentemente, sin objeto alguno.

Estructura del Sistema requerido.-

Debido a lo anteriormente expuesto, el sistema que proponemos deberá contener la información siguiente:

I.- PLANEACION DEL PROYECTO.-

Es la etapa de definición del proyecto, por lo que deberá contemplar los siguientes conceptos:

- Catálogo de Actividades y Proyectos.
- Sistema Estadístico de Estimaciones en Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales (Horas-Hombre, duraciones, costos de Ingeniería).
- Sistema de información.- (Control, Administrativo y Gerencial).
- Estructuras de redes-base de los Proyectos (Ingeniería Básica, Detalle, Adquisición de Equipo y Materiales, Construcción).
- Sistema de Cargas de Trabajo.- (Disponibilidad de la Empresa y Análisis de Recursos Requeridos).

II.- PROGRAMACION Y CONTROL DEL PROYECTO.-

- Sistema de Asignación de Recursos. (Criterios de asignación y especificación de prioridades).
- Sistema de Control de Costos (costos unitarios de recursos, por actividad).
- Sistema de Control de Avance de los Proyectos.

Y las caracteristicas del sistema propuesto deben proporcionar:

1.- Oportunidad y confiabilidad en la generación de la información.

2.- Secuencia lógica de operación continúa e interactividad completa.

3.- De fácil acceso a cualquier persona que lo requiera

4.- Que pueda integrarse con otros Sistemas enfocados a la Administración de Proyectos.

5.- Diseñarlo con posibilidad de modificación conforme a necesidades futuras.

Finalmente la Información que genere, deberá cubrir distintos niveles tales como:

1.- Estadística. (Banco de datos en lo referente a duraciones, recursos, costos).

2.- Control de Proyectos a nivel producción (Acción preventiva o correctiva).

3.- Administrativa (Nivel gerencial, Subdirección,etc.)

Por las necesidades y características, así como el alcance del Método propuesto para Programación de Multiproyectos es necesario contar con un sistema computarizado, capaz de satisfacer todos los requerimientos manifestados. A continuación en el siguiente capítulo presentamos un paquete de Administración de Proyectos que es la base principal para llegar a tener este Sistema propuesto .

La siguiente figura (4.32), complementa el método planteado en la fig. 1 de la parte VII (Material y Método), y contempla el aspecto de programar (Asignar recursos específicamente) a una cantidad de Proyectos que tienen que ser realizados simultáneamente.

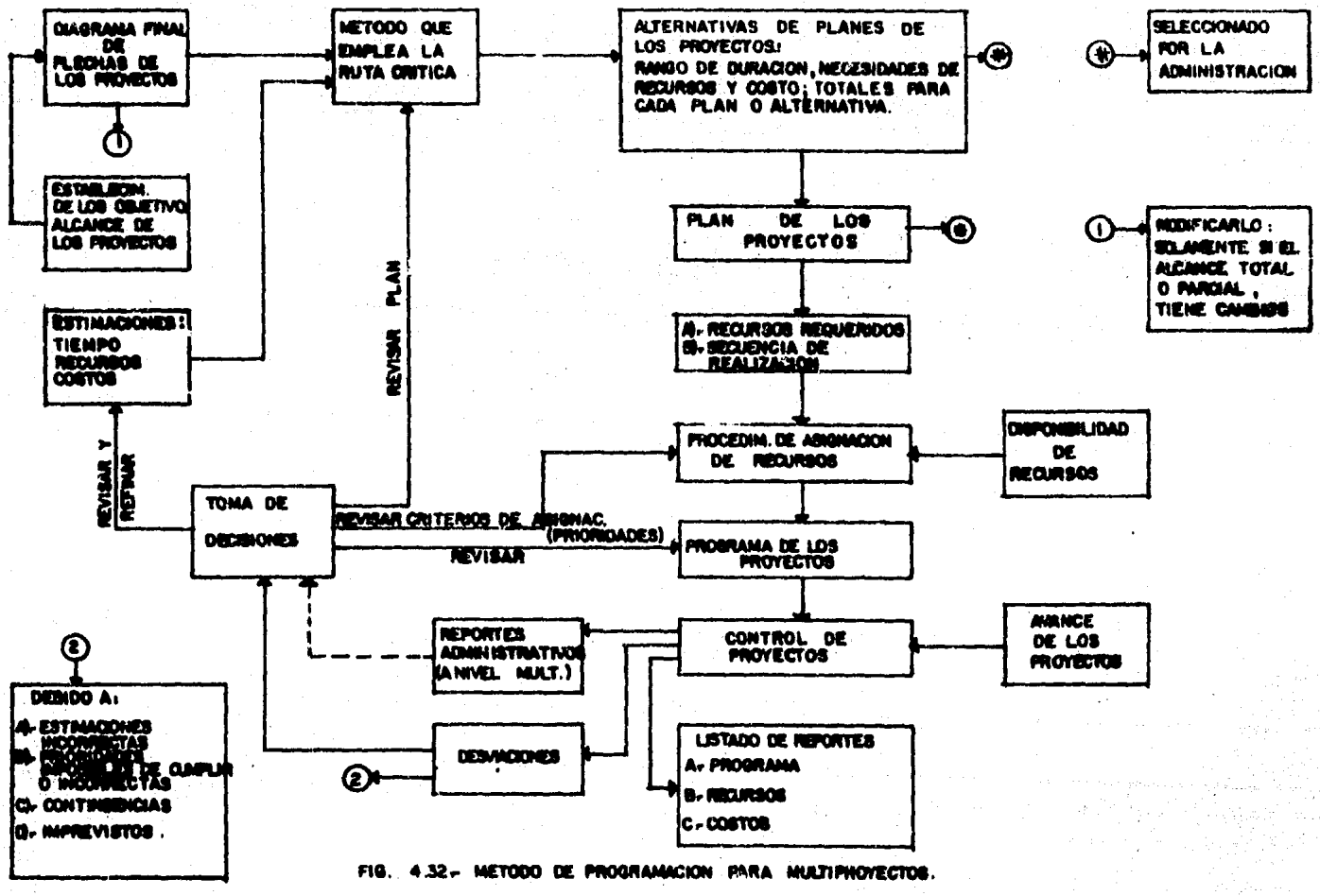


FIG. 4.32.- METODO DE PROGRAMACION PARA MULTIPROYECTOS.

CAPITULO 5.- INTEGRACION DE LA PLANEACION Y PROGRAMACION A UN PROYECTO ESPECIFICO POR MEDIO DEL USO DE UN PAQUETE DE COMPUTADORA.

SUMARIO.-

Introducción. Estructura del paquete. Suministro de datos. Listados de los diversos procesos.

INTRODUCCION

El uso de una computadora, está restringido a la verdadera necesidad de emplearla por los requerimientos del trabajo, o bien cuando su uso se justifique económicamente; (para investigación, diversiones, etc).

Hemos estudiado en el capítulo anterior (Programación de Proyectos) que el empleo de cualquier técnica de Planeación, Programación y Control, para presentar alternativas de Planes, Recursos o determinar costos directos, de los proyectos de Plantas Industriales, es necesaria la utilización de la computadora para cumplir de esta manera con los propósitos encomendados dado el volúmen de Información que hay que procesar para emitir documentos que servirán como guías para la buena Administración de los proyectos mencionados.

Bajo estas consideraciones el empleo de una máquina computadora, tendrá una importancia vital en:

1).- Determinar el costo directo del o los proyectos.

2).- Imponer restricciones de inicio y terminación.

3).- Establecer la asignación de recursos y de aquí, el programa de proyecto, una vez impuestos los límites.

4).- Medir desviaciones entre resultados planeados y los reales, cuando se tiene avance en el proyecto.

Aunque nunca debe olvidarse que los lineamientos en cuanto a definición del proyecto, deberá hacerse siempre en forma manual, así como el proceso de refinamiento: las Estimaciones.

Finalmente debemos una vez más, asentar que el empleo de la computadora es con el pensamiento de tener una herramienta poderosa en la solución de nuestras necesidades. Lo que decimos es que, si se dispone de una computadora no debe utilizarse, sin antes razonar, porque no es conveniente hacer un número exagerado de Procesamientos para generar un mar de listados, cuando toda la información pertinente se puede mostrar en un papel manualmente trabajado.

Concluyendo, el uso de una computadora se hará efectivo cuando:

1).- Se justifique económicamente.

2).- Produzca única y exclúsivamente aquella información que se emplea para la planeación, manejo y control de un proyecto.

ESTRUCTURA DEL PAQUETE

Descripción de un paquete de computadora.-

Un paquete de Administración de Proyectos, es un sistema modular integrado para planear y controlar proyectos basados en la teoría de redes (de actividades del proyecto). - Evalúa la ejecución de las tareas requeridas para cumplir - con los alcances de un proyecto,en un límite de tiempo predicho a un costo permisible.

La modularidad en su construcción, asegura una alta - flexibilidad, también como adaptaciones fáciles a aplicaciones sobre un amplio rango de tipos de proyectos.

Los siguientes elementos, existen en nuestro paquete de Administración de Proyectos (*):

1.- Datos del ambiente y definición de módulos de proceso.

2.- Módulos de Proceso.

3.- Módulos de almacenamiento en biblioteca.

4.- Módulos de actualización de la red.

Los de mayor interés, para nuestro estudio y enfoque,- son los dos primeros, por lo que a continuación describiremos brevemente.

(*):Aunado a que es el único paquete existente como recurso de software, los fines perseguidos en esta propuesta, son -- cumplidos mediante su utilización; ya que indudablemente - - existen otros paquetes con mayor flexibilidad y versatilidad para llevar a cabo otras funciones Administrativas no consi-

deradas en este trabajo como son: La contabilidad, nómina,- Evaluación y Análisis Económico; aparte de que nuestro pa - quete no cuenta con base de datos, como ARTEMIS, G/C CUE, - PROJECT II, etc., cuya capacidad es mayor y por lo tanto -- son mucho más costosos (su renta o adquisición), aclarando- que la finalidad no es la evaluación de paquetes de adminis tración de proyectos, sino utilizar el servicio de Cómputo, existente para resolver en parte y de forma inmediata la -- problemática planteada anteriormente.

ELEMENTOS PRINCIPALES

Básicamente el paquete en consideración consta de los siguientes módulos:

1).- Procesador de Análisis de tiempo. (TPC)

2).- Procesador de Análisis de Recursos. (RPC).

3).- Procesador de Análisis de costos. (CPC).

4).- Procesador de Asignación de Recursos. (APC).

5).- Procesador de Reportes. (REP).

6).- Procesador de Graficado de la red. (PLT).

7).- Procesador de Generación de archivos. (FGP).

8).- Módulos de entrada, de datos, de definición de -- proceso, y proceso de almacenamiento en archivos de biblioteca. (IPM).

Los cuales presentamos en la fig. 5.1 que ilustra un - Sistema de Flexibilidad, indicando caminos alternativos entre los módulos principales.

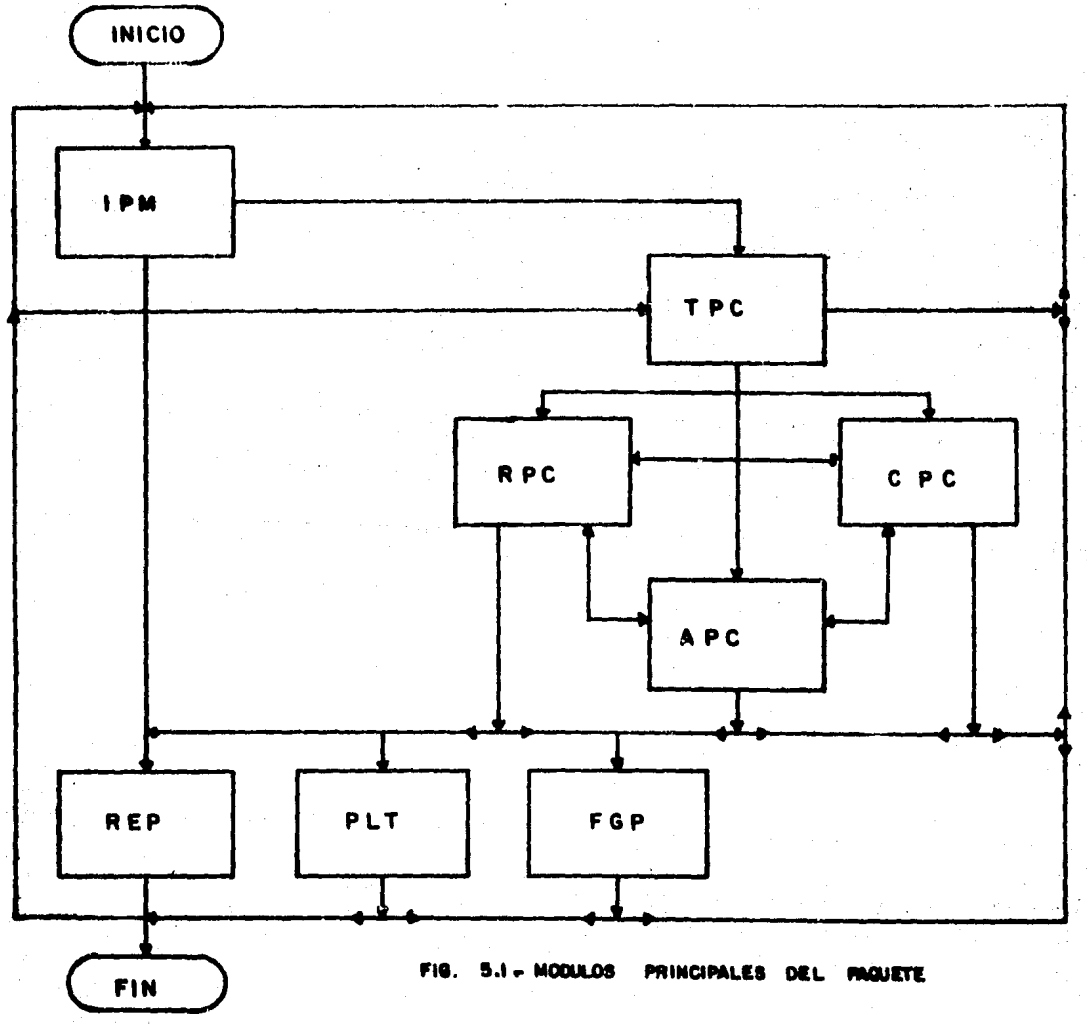


FIG. 5.1 - MODULOS PRINCIPALES DEL PAQUETE

FUNCIONAMIENTO DE LOS MODULOS DE PROCESO.

Son siete módulos de proceso (fig. 5.1), incluídos en el sistema, que ejecutan los procesos disponibles para el usuario. Los módulos de proceso trabajan total o parcialmente de los datos de ambiente introducidos en los archivos de la memoria de trabajo. Estos módulos procesadores ejecutan los procesos que han sido definidos y además requeridos en ese instante por el usuario.

Los módulos de análisos de tiempo (TPC), análisis de recursos (RPC), análisis de costos (CPC) y asignación de recursos (APC); están a disponibilidad del usuario por medio de la utilización de los procesadores de: Reportes (REP), graficación de la red (PLT) y generación de archivos (FGP).

Cada procesador está estrictamente separado de los módulos de definición de datos y cualquiera de los otros procesadores; ésto es en el sentido de que están siempre comunicados vía archivos de memoria de trabajo, especialmente diseñados para este propósito. La figura 5.2, ilustra el funcionamiento de los módulos de proceso.

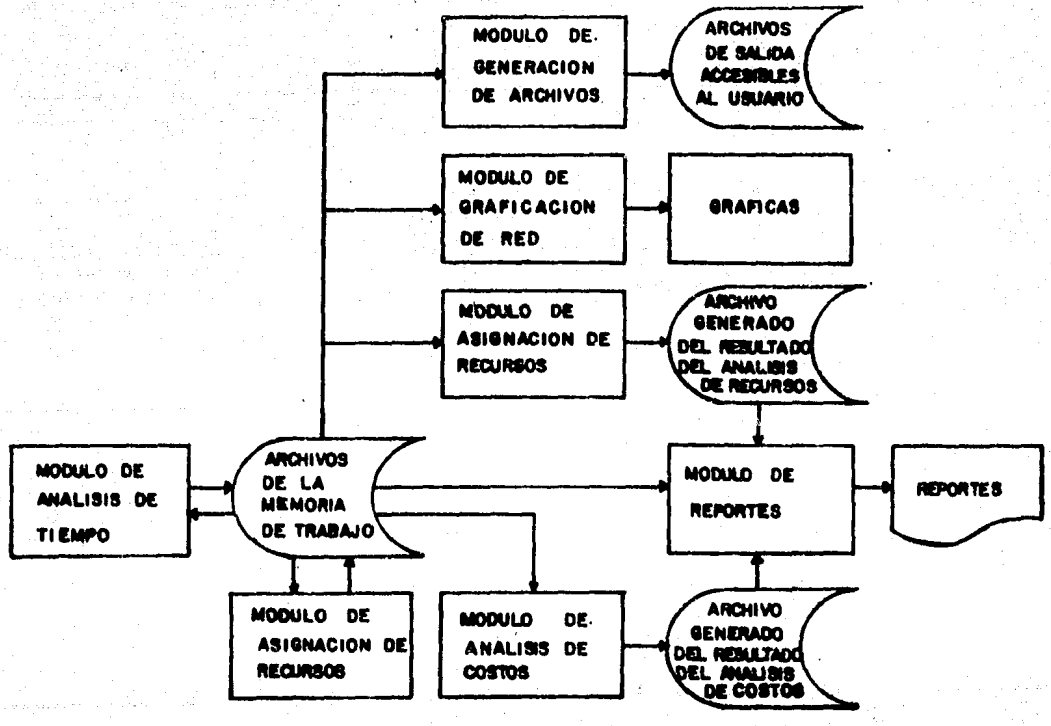


FIG. 5.2.- MODULOS DE PROCESO

ALCANCE DE LOS SERVICIOS SUMINISTRADOS POR EL PAQUETE

La planeación estratégica de un proyecto, está basada generalmente en la técnica de un plan a través de un diagrama de la red. El paquete determina fechas programadas, costos acumulativos y proyectados, y asigna recursos. Cada tarea requerida está incluída en un diagrama:una red,como una actividad que constituye una unidad de trabajo.

El paquete planea y controla proyectos basados en redes. Los elementos de un sistema basados en redes, incluyen:

- Un sistema, el cual está integrado de uno o más proyectos.
- Un proyecto, el cual está compuesto de una o más redes.
- Una red, que consta de actividades/eventos.

Interacción de Redes.-

Una característica importante del paquete es que puede hacer una integración de redes, de tal forma que interactúen totalmente entre sí, o sean procesadas en forma independiente.

El usuario puede fácilmente construir sus redes del proyecto, por interconexión de los componentes de las redes. Esta característica (referida como interacción de redes),-- suministra flexibilidad y simplificación en lo que se refiere a la construcción en general, y aún más cuando está relacionado con proyectos grandes.

La interconexión puede ser removida opcionalmente al-

tiempo de la corrida, y por lo tanto las redes componentes, pueden ser analizadas independientemente.

El sistema es capaz de procesar simultáneamente:

1.- Un múltiplo de redes totalmente independiente. (fig. 5.3A).
2.- Un múltiplo de redes interconectadas totalmente independientes (fig. 5.3B).
3.- Un múltiplo de redes totalmente independientes y -- grupos de redes interconectadas. (fig. 5.3C).

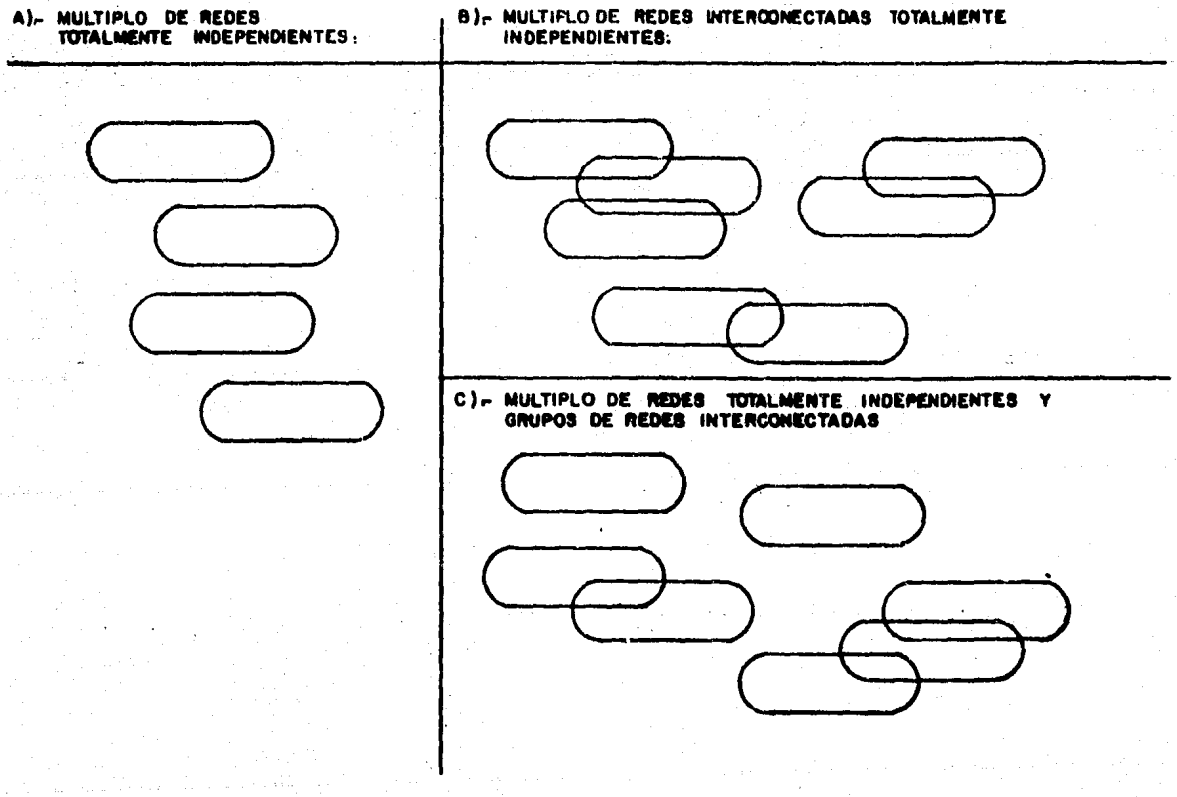


FIG. 5.3.- INTERACCION DE REDES.

Análisis de Tiempo.-

El paquete; por medio de las tarjetas de control del procesador de Análisis de Tiempo (TPC), definen las redes para las cuales un análisis de tiempo es deseado. Puede ser seleccionada una red únicamente o grupos de redes interconectados. Además para cada grupo seleccionado de redes, el usuario puede especificar modos diferentes de proceso. No todas las redes que han sido definidas en nuestros archivos tienen que ser procesadas.

Por medio de este análisis de tiempo y utilizando el método de la ruta crítica, se determina:

- Las fechas de Inicio y Terminación: a) Próximas y b) Tardías.
- Las Holguras: Libre y Total.
- El tiempo de duración por proyecto, especialidad, etc.

Este módulo procesador de Análisis de tiempo es la fuente originadora del procesamiento del paquete. Es decir, sin el no podrá sacar ningún reporte, ni realizar graficado alguno y mucho menos, tratar de utilizar los otros módulos procesadores. Además con la introducción de la actualización de redes y por medio del control de avance genera nuevas fechas (actualizadas), de acuerdo al desarrollo real del proyecto.

Análisis de Recursos.-

Este módulo de proceso, (RPC), realiza un análisis de los recursos requeridos por actividad, especialidad, proyecto o grupo de proyectos, con las actividades en las fechas-

proporcionadas por el análisis de tiempo (TPC) o por el procesador de Asignación de recursos (APC).

Proporciona:

- Tabla de recursos por período de tiempo (en la Unidad especificada). Esto es, de los recursos requeridos por cuenta definida (Especialidad, proyecto, etc.).
- Histogramas de recursos requeridos según el plan del proyecto.

Asignación de Recursos.-

Por medio de este procesador (APC), se hace la asignación de los recursos existentes para satisfacer la demanda del proyecto.

El proceso de asignación está basado en:

1).- Los resultados del proceso de análisis de tiempo: (TPC).
2).- Los requerimientos de recursos (RPC).
3).- Disponibilidad de recursos (RAV).

Empleando para hacer la asignación, ciertas políticas o criterios de Asignación de recursos:

a).- Límite de recursos (nivelación fija).

b).- Recursos alternativos (nivelación variable y combinada).

c).- Opción de realizar las actividades con un mínimo de recursos disponibles a asignar.

d).- Restricción primaria: 1) Límite de tiempo (recursos ilimitados).
2) Límite de recursos (recursos disponibles).

e).- Prioridad de realización: 1) Holgura total.
2) Fechas tempranas.
3) Secuencia de realización.
4) Cuadrilla mayor.

Nos proporciona diversas salidas, principalmente las siguientes:

- Generación del programa de proyecto, con nuevas fechas de acuerdo a la disponibilidad y criterios de asignación, impuestos.
- Tabla de recursos asignados por período de tiempo.
- Histograma de recursos asignados.

Análisis de costos.-

Este procesador (CPC), define el proceso necesario para las especificaciones de costo de redes seleccionadas por el usuario, a una forma que sea apropiada para el módulo - procesador de reportes (REP).

Todo ésto lo hace definiendo una estructura de costos del proyecto.

El procesador de análisis de costos, considera dos funciones realizadas por el paquete:

A).- Proyecciones de flujo de efectivo. (Fig. 5.4A).

B).- Reportes de Costos (Fig. 5.4B).

En A).- es una distribución de Gastos por unidad de - tiempo, en realidad, es una proyección de los gastos a efectuar a lo largo de la ejecución del Proyecto, por lo que las salidas correspondientes a este inciso pueden ser:

- Curva planeada para la información de gastos.
- Tabla de costos por unidad de tiempo.

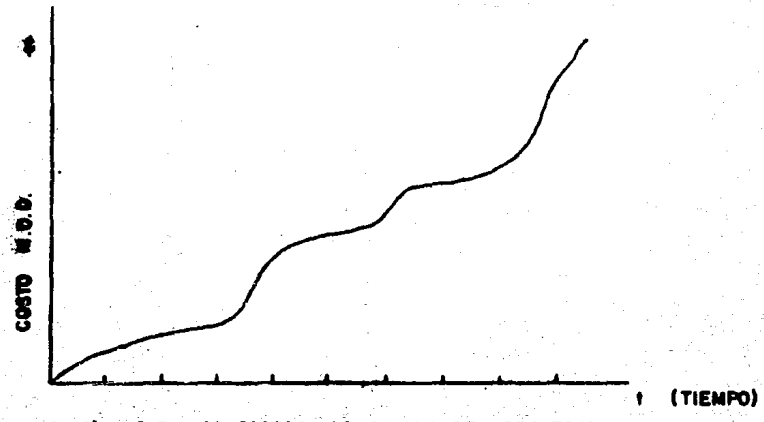
En 3).- todo se genera a través de una estructura de costos, definida en el Ambiente de nuestra red. Se refiere a los costos por cuenta, depto., proyecto global, etc., a través de diversos niveles. (Ver fig. 5.48).

Las salidas que proporciona son:

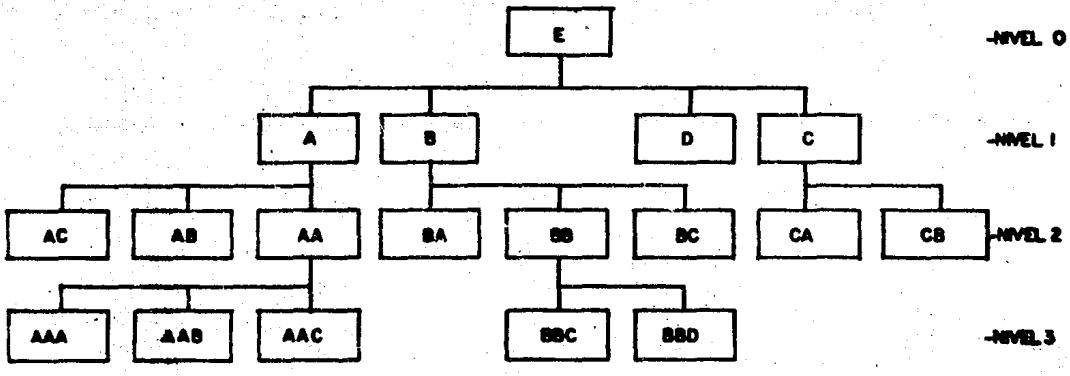
- Reportes de Costos por Actividad: por recursos unitarios y por el costo de la actividad intrínseca.
- Reporte por cuenta respecto a sí misma.
- Reporte por cuenta respecto a la estructura definida.

Liberación, Listados y graficado de archivos.-

Por medio de los procesadores de liberación y generación de Archivos (FGP), el procesador de reportes (REP) y el graficador de redes (PLT), podemos hacer que el paquete libere, enliste o grafique, cualquier red que tengamos declarada en nuestros archivos de memoria, de acuerdo al proceso que estemos solicitando que se ejecute.



5.4 A).- CURVA DE COSTOS ACUMULADA DEL PROYECTO
(MANO DE OBRA DIRECTA)



5.4 B) ESTRUCTURA DE COSTOS DEL PROYECTO.

NIVEL 0 = SUBDIRECCION
NIVEL 1 = GERENCIA
NIVEL 2 = DIVISION
NIVEL 3 = DEPARTAMENTO

FIG. 5.4.- PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE COSTOS

SUMINISTRO DE DATOS.

Generalidades:

La computadora es una máquina inerme, a menos que se le instruya. No tiene iniciativa alguna. Todo lo que hace, por maravilloso y sorprendente que parezca, fué pensado, estructurado e introducido a la computadora por el hombre.

El proceso de escribir la serie de instrucciones para que la computadora ejecute toda una secuencia de operaciones, hasta lograr un resultado deseado se llama programación y el resultado de ella: un programa.

Un programa normalmente maneja la entrada de información, que puede alimentarse por medio de tarjetas, o bien, suministrando por terminal directamente los datos necesarios, para procesarlos por el programa. En nuestro caso, los datos introducidos son manejados por el paquete, y son enviados al módulo IPM (Modulo de entrada de datos) en un archivo; el paquete lleva a cabo el proceso seleccionado y finalmente obtiene los resultados deseados, mismos que enviará a otro archivo o que imprimirá en un reporte o listado.

Asimismo, recordemos sin embargo, que la computadora tiene su propio lenguaje diferente al nuestro, de ahí la necesidad del primer elemento de una computadora: La entrada de datos: cuya misión consiste en convertir al lenguaje de máquina, los datos y las instrucciones que se proporcionan en el lenguaje del hombre.

A continuación exponemos la forma en que se deben introducir los datos (su secuencia y descripción), para que el paquete de computadora pueda ser operado eficientemente en cualquiera de los módulos procesadores que lo constituyen.

SECUENCIA DE INTRODUCCION.

Los datos que definen el ambiente,o a un proceso, son introducidos en una cantidad de grupos (y subgrupos), siendo precedidos por un comando de control apropiado. Estos - datos entran al sistema a través de los módulos de datos y de definición de procesos. Si la definición por alguna razón no fuera aceptable, mensajes auto explicables son generados.

Consecuentemente, la secuencia entre grupos es inmaterial. Cuando un módulo de datos o de definición de proceso ha completado su tarea, la definición asociada es dejada en los archivos de la memoria de trabajo, para uso subsequente (si es requerido).

Como está indicado en la fig. 5.5, los siguientes grupos de datos, pueden ser introducidos al sistema por la definición de módulos de datos:

A).- GRUPO DE DATOS QUE DEFINEN EL AMBIENTE:	COMANDO DE CONTROL:
Definiciones de Calendario.	($ CAL)
Definición de recursos, subdividida en:	
- Información General.	($ RDF)
- Funciones de disponibilidad de recursos.	($ RAV)
- Funciones de costos unitarios de recursos.	($ RUC)
Definición de la estructura de costos.	($ CBS)

D).- GRUPO DE DATOS DE DEFINICION DE LA RED:	COMANDO DE CONTROL
- Información General.	($ NTW)
- Definición de Estructuras y atributos de tiempo.	($ STD)
- Atributos del texto.	($ TXT)
- Requerimiento de recursos en el tiempo.	($ RTD)
- Distribución del costo en el tiempo.	($ CTD)
- Información del control de avance.	($ PGT)
- Información del control de avance de costos.	($ PGC)
- Información de actualización	($$ DEL)
	($$ NEW)
	($$ REM)
- Definición de conversiones corrientes.	($ CCR)

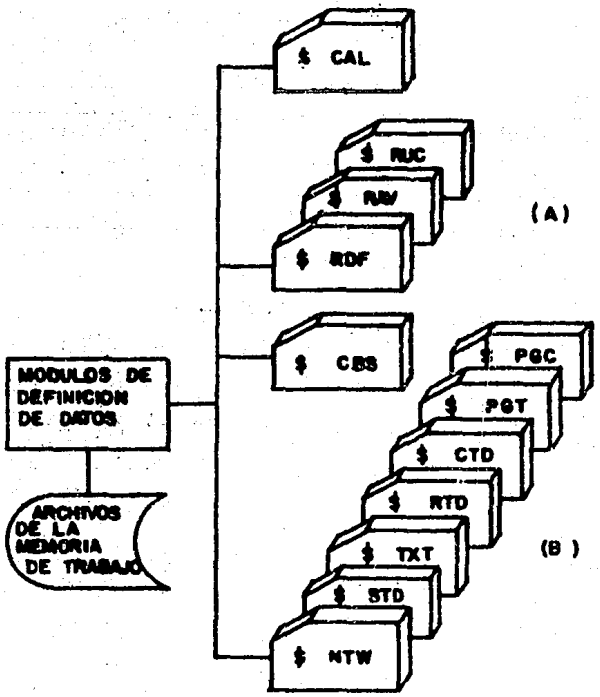


FIG. 5.5 - SECUENCIA PARA EL SUMINISTRO DE DATOS AL PAQUETE DE COMPUTADORA

DATOS DEL AMBIENTE

En la secuencia mostrada en la figura 5.5 vemos en la parte (A), los grupos de datos que definen el ambiente:

- $ CAL
- $ RDF
- $ RAV
- $ RUC
- $ CBS

Se describe a continuación la forma en que cada uno de este grupo de datos debe ser introducido:

Definición del calendario: ($ CAL).-

Las directrices de calendario, definen el eje de tiempo sobre el que se trabajará el proyecto y permiten al usuario en particular, especificar lo siguiente:

- Uno o varios calendarios a la vez para un mismo proyecto. Esto es útil cuando se maneja Ingeniería y Construcción a la vez, ya que los Calendarios para c/u de éstas fases, son diferentes.
- La unidad de tiempo: hora, día, semana o mes.
- Períodos de días extraordinarios (Hábiles, festivos etc.).

  En esta sección ($ CAL), el formato de entrada es libre.

Definición de Recursos: ($ RDF, $ RAV, $ RUC).-

Las tarjetas de definición de recursos, proveen la información sobre los diferentes tipos o subtipos de recursos a utilizar para la realización de algún proyecto.

Entonces se definen los recursos con el control ($RDF), siguiendo las siguientes características:

- Identificación de recursos (por clave con formato).
- Descripción del recurso utilizado (texto alfanumérico de hasta 36 caracteres).

A continuación y por medio del control ($ RAV), las tarjetas de disponibilidad de recursos, definen el rango posible de utilización del recurso definido en ($ RDF). Teniendo esta información, las siguientes características:

- Identificación del recurso (clave definida anteriormente).
- Puede ser usada por unidad de tiempo (Rate), o distribuirse en la duración de la actividad (total).
- Definir la fecha a partir de la cual se cuente con esa disponibilidad declarada.
- Niveles de recursos disponibles: normal y máxima.

Todos estos datos tienen que ser introducidos con un formato establecido.

Por último el control ($ RUC), define el costo unitario de los recursos definidos en ($ RDF). Se debe proporcionar la siguiente información:

- Identificación del recurso.
- Fecha de utilización del costo declarado.
- Costo del recurso unitario.

También esta información debe estar formateada.

Definición de la estructura de Costos: ($ CBS).-

Esta estructura, define la relación entre cuentas y - subcuentas sobre diversos niveles declarados. Esta información tiene formato libre y está asociada con el control - - $ CBS.; proporciona:

- Los diferentes niveles en los cuales se ubicarán - los costos del proyecto, de acuerdo a las cuentas - y/o subcuentas declaradas.

DATOS DE LA RED

Los grupos de datos que definen el ambiente de la red son:

($ NTW)
($ STD)
($ TXT)
($ RTD)
($ CTC)
($ PGT)
($ PGC)
($ DEL)

Veamos a continuación cada uno de ellos:

Definición de la red ($ NTW).-

Es la información general de la red del proyecto específico a trabajar. Se deberá suministrar la siguiente información:

- Identificación de la red.
- Indicador de la red orientada a actividades o a eventos.
- Tipo de calendario usado.
- Unidad de tiempo.
- Identificación de la actividad (clave declarada), en versión de 'X' número de caracteres.
- Formato de fechas a usar.
- Título de la red del proyecto.
- Inicio de la red (fecha)
- Terminación de la red (fecha).

Estructura de la red ($ STD).-

Es el conjunto de datos que conforma los atributos del

tiempo y sin el cual no se puede operar el paquete en ninguno de sus módulos de proceso. Deberá contener la siguiente información:

- Identificación de la actividad.
- Duración de la actividad.
- Fecha de inicio o terminación,fija.
- Dependencia de la actividad.

Descripción de las actividades ($ TXT).-

Este conjunto de datos define la descripción textual de cada una de las actividades o eventos de la red. Estas descripciones pueden servir como base para clasificar y seleccionar las actividades en los procesadores del paquete.- Su codificación es formateada y asociada con el control - - $ TXT. Parte del texto puede ser usado por el procesador - de asignación de recursos. Deberá proporcionar lo siguiente:

- Identificación de la actividad.
- Texto o descripción de la actividad (hasta 54 caracteres).

Distribución de los Recursos en el tiempo ($ RTD).-

Define las cantidades y tipos de recursos requeridos para cada actividad, así como el intervalo de tiempo válido. Una actividad puede requerir hasta 63 tipos de recursos y la distribución puede ser por períodos o global. Deberá proporcionar principalmente:

- Identificación de la actividad.
- Tipo de recurso requerido.
- Cantidad requerida (por tipo de recurso).
- Distribución lineal o asignada por unidad de tiempo.
- Código de la cuenta a la cual están asignados los recursos.

Distribución de los costos en el tiempo ($ CTD).-

Definen los gastos generales por actividad. Las distribuciones de costo-tiempo son separadas para cada actividad en cada red. Contienen información formateada asociada al control $ CTD y proporciona básicamente:

- Descripción de la actividad.
- Código de cuenta.
- Cantidad en costo de la actividad.
- Distribución en el tiempo: uniforme o lineal, al -- inicio, al final o por unidad de tiempo.
- Conversión corriente o tipo de moneda.

Información del control de Avance (PGT).-

Las tarjetas de avance en el tiempo, definen el estado de realización de cada actividad de la red. Están asociadas al control $ PGT y proporcionan la siguiente información:

- Identificación de la actividad.
- Estado de avance(iniciado o terminado).
- Duración remanente o % por completar.
- Fecha de inicio real.
- Fecha de terminación real.

Información del control de avance de costos (PGC).-

Las tarjetas de avance en costos, definen el costo -- real de las actividades. Contienen datos formateados y están asociadas al control $ PGC. Suministran la siguiente - información:

- Identificación de la actividad.
- Código de cuenta.
- Cantidad en costo de la actividad (real).
- Distribución real en tiempo del costo.
- Tipo de moneda.

Información de Actualización: ($DEL, $ NEW, $REM).-

Cuando las redes son recuperadas del archivo de biblioteca del paquete, alguna información puede ser suplida o actualizada por el usuario. Esto es posible usando los datos de avance de tiempo y costos para generar nuevos programas, así como distribuciones de recursos y costos. Los datos, cuando se quiere eliminar cierta información de la red, están asociados con el Control $ DEL; cuando se desea introducir nueva información se hace con $ NEW; y finalmente cuando se quieren modificar ciertos atributos en estructura, tiempo o recursos de alguna actividad, se utiliza el control $ REM.

Toda esta información de suministro de datos se comprenderá mejor, o un poco más, observando los listados que a continuación se presentan (tanto de datos, como procesos seleccionados).

DATOS DEL AMBIENTE DE LA RED.-

DEFINICION DE RECURSOS Y LA RED.

```
SSSSSS   PPPPPPP   EEEEEEEE   RRRRRRR   RRRRRRR   YY    YY                 UU    UU   NN    NN   IIIIIIII   VV    VV    AA    CCCCCC
SS    SS PP    PP  EE         RR    RR  RR    RR  YY    YY                 UU    UU   NNN   NN      II     VV    VV   AAAA   CC
SS       PP    PP  EE         RR    RR  RR    RR   YY  YY                  UU    UU   NNNN  NN      II     VV    VV   AAAA   CC
 SSS     PPPPPPP   EEEEE      RRRRRRR   RRRRRRR    YY  YY                  UU    UU   NN NN NN      II      VV  VV   AA  AA  CC
  SSSSS  PPPPPP    EEEEE      RRRRRR    RRRRRR     YYYY                    UU    UU   NN  NNNN      II      VV  VV   AA  AA  CC
     SSS PP        EE         RR  RR    RR  RR     YY                      UU    UU   NN   NNN      II       VVVV    AA    AA CC
SS    SS PP        EE         RR   RR   RR   RR    YY                      UUU  UUU   NN    NN      II       VVVV    AAAAAAAA CC
 SSSSSS  PP        EEEEEEEE   RR    RR  RR    RR    YY                       UUUUUU   NN    NN   IIIIIIII    VV     AA    AA  CCCCCC
  SSSS   PP        EEEEEEEE   RR    RR  RR    RR    YY                        UUUU    NN    NN   IIIIIIII    VV     AA    AA   CCCCCC
```

```
        0000    PPPPPP    TTTTTTTT   IIIIIIII   M      M     AA          11        11     0000 /    0000 /
      000000    PPPPPPP   TTTTTTTT   IIIIIIII   MM    MM    AA          111       111    00000//   00000//
     00    00   PP    PP     TT         II      MMM  MMM   AAAA         1111      1111   00   ///  00   ///
     00    00   PP    PP     TT         II      MMMMMMMM   AAAA           11        11   00  ////0  00  ////0
     00    00   PPPPPPP      TT         II      MM MM MM  AA  AA          11        11   00 ////00 00 ////00
     00    00   PPPPPP       TT         II      MM MM MM  AA  AA          11        11   00///  00 00///  00
     00    00   PP           TT         II      MM    MM  AA    AA        11        11   0///   00 0///   00
     00    00   PP           TT         II      MM    MM  AAAAAAAA        11        11   ///    00 ///    00
      000000    PP           TT      IIIIIIII   MM    MM  AA    AA     11111111  11111111  //00000  //00000
        0000    PP           TT      IIIIIIII   MM    MM  AA    AA     11111111  11111111  / 0000  / 0000
** MESSAGE ** INTIAL DEFAULT CALENDAR ZERO IS 010169
```

```
** END OF ** LOCAL    13 CARD(S)   0 WARNING(S)   0 ERROR(S)   0 FATAL ERROR(S)
*** DATA *** GLOBAL   18 CARD(S)   0 WARNING(S)   0 ERROR(S)   0 FATAL ERROR(S)
```

```
BUDGL    . RICARDO BECERRIL 05 10 82-13 24 51
OPTIMA  1100  6.2          (12APR83-12 11 44)
  190.   1.  HHHBFB    HORAS-HOMBRE DPTO.ING.DIS.DE PROCESO
  200.   2.  HHHSSS    HORAS-HOMBRE DPTO.ING. DE SISTEMAS .
  210.   3.  HHHDFD    HORAS-HOMBRE DPTO.ING.  MECANICA   .
  220.   4.  HHHEFE    HORAS-HOMBRE DPTO.ING.DE RECIPIENTES
  230.   5.  HHHGFG    HORAS-HOMBRE DPTO.ING. DE  CONTROL .
  240.   6.  HHHHHH    HORAS-HOMBRE DPTO.ING. DE  HORNOS  .
  250.   7.  HHHPPP    HORAS-HOMBRE DPTO.ING.CAMB.DE CALOR.
  260.   8.  HHHAAA    HORAS-HOMBRE DPTO.ADMON.DE PROYECTOS
```

A)- DEFINICION DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO.

```
** END OF ** LOCAL    8 CARD(S)   0 WARNING(S)   0 ERROR(S)   0 FATAL ERROR(S)
*** DATA *** GLOBAL  27 CARD(S)   0 WARNING(S)   0 ERROR(S)   0 FATAL ERROR(S)
```

```
BRAVGL   . RICARDO BECERRIL 05 10 82-13 24 51
OPTIMA  1100  6.2          (12APR83-12 11 44)
  240.   1.  HHHBFB  R  05ENE82   018   030
  290.   2.  HHHSSS  R  05ENE82   018   030
  300.   3.  HHHDFD  R  05ENE82   012   018
  310.   4.  HHHEFE  R  05ENE82   018   024
  320.   5.  HHHGFG  R  05ENE82   012   018
  330.   6.  HHHHHH  R  05ENE82   018   025
  340.   7.  HHHPPP  R  05ENE82   018   030
  350.   8.  HHHAAA  R  05ENE82   018   030
```

B)- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DEL PROYECTO.

```
*** DATA ***   GLOBAL        36 CARD(S)        0 WARNING(S)
```

```
BRUCAL        RICARDO DECERRIL 05 10 82-13 29 51
OPTIMA  1100  9.8            (12APR83-12 11 31)
     370     1.  MMMBBB        05ENE82   390
     380     2.  MMMSSS        05ENE82   368
     390     3.  MMMDDD        05ENE82   425
     400     4.  MMMEEE        05ENE82   393
     410     5.  MMMGGG        05ENE82   392
     420     6.  MMMMMM        05ENE82   378
     430     7.  MMMPPP        05ENE82   389
     440     8.  MMMAAA        05ENE82   470
```

C).- COSTOS UNITARIOS DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO

```
** END OF **   LOCAL          8 CARD(S)        0 WARNING(S)        0 ERROR(S)        0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL        45 CARD(S)        0 WARNING(S)        0 ERROR(S)        0 FATAL ERROR(S)

** END OF **   LOCAL          2 CARD(S)        0 WARNING(S)        0 ERROR(S)        0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL        49 CARD(S)        0 WARNING(S)        0 ERROR(S)        0 FATAL ERROR(S)
```

```
BRUCAL        RICARDO DECERRIL 07/09/83-13 59 53
OPTIMA  1100  9.2            (12APR83-12 11 31)
     500     1.  FINIC00I      1        05ENE82ES
     510     2.  ABEAA20I     10                          FINIC00I
     520     3.  ABEAB20I     21                          ABEAA20I
     530     4.  ABEAC20I     15                   SSE*   10TABEAB20I
     540     5.  ABEAD20I     14                          ABEAA20I
     550     6.  ABEAD21I     13                          ABEAD20I
     560     7.  ABEAE20I     10                          ABEAB20I
     570     8.  ABDAA20I     21                          ABEAB20I        &BEAE20I
     580     9.  ABDAB20I     21                          ABEAB20I
     590    10.  ABDAC20I     21                          ABDAA20I        &BDAB20I        C
     600    11.  ABDAC20I                                 ABDAB20I        &BEAC20I
     610    12.  ABDAD20I     21                          ABDAA20I        &BDAB20I        C
     620    13.  ABDAD20I                                 ABDAC20I
     630    14.  ABDAE20I     15                          ABDAB20I        &BDAC20I        C
     640    15.  ABDAE20I                                 ABDAD20I
     650    16.  ABDAF20I     20                          ABDAA20I        &BDAB20I        C
     660    17.  ABDAF20I                                 ABDAC20I
     670    18.  ABDAG20I     15                          ABEAB20I        &BDAA20I        C
     680    19.  ABDAG20I                                 ABDAD20I
     690    20.  ABDAH20I     10                          ABEAB20I        &BDAB20I
     700    21.  BCAAA20I     15                          ABEAD20I
     710    22.  BCAAB20I     15                          ABDAC20I
     720    23.  BCAAC20I     12                          ABDAB20I
     730    24.  BDCAA20I     63                          ABEAD21I
     740    25.  BDCAB20I     63                          ABEAD21I
     750    26.  ABCAA20I     21                          ABDAB20I        &BDAC20I
     760    27.  ABCAB20I     18                          ABCAA20I
     770    28.  ABAAA20I     73                          ABEAD21I
     780    29.  ABAAA21I     35                          ABAAA20I
     790    30.  ABBAA20I     84                          ABEAD21I
     800    31.  ABBAA21I     35                          ABBAA20I
     810    32.  FINGF00I      5                          BDCAA20I        BDCAB20I        C
     820    33.  FINGF00I                                 ABCAA20I        &BCAB20I        C
     830    34.  FINGF00I                                 ABAAA21I        &BBAA21I        C
```

D).- ESTRUCTURA DE LA RED DEL PROYECTO

```
                                                                    ABEAE201        ABDAE201        C
                                                                    ABDAF201        BCAAB201        C
   85•     36.  FINGPR01                                            ESE• FOTBCAAA201 BCAAC201
   86•     37.  FINGPR01

                                  *** KEY INFORMATION ***

•ACT.IDENT• •ACTIVITIES•.•PREDECESSORS• •EXTERNALS• SCHED.START• SCHED.FIN• • R E F E R E N C E D   C A L E N D A R S •
  8 CHAR.     79          81            0            YES            NO                1

•• END OF ••   LOCAL        37 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
••• DATA •••   GLOBAL       87 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)

STAT.L        • RICARDO BECERRIL 07/04/83-13 59 53
OPTIMA  1100  N.2            (12APR83-13 11 39)
   88•     1.  ABEAA201 BASES  DE  DISEMO. • BASES   DE    DISEMO          •    01
   89•     2.  ABEAB201 DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO      01
   90•     3.  ABEAC201 DIAG.RAL.SERV.AUX. DIAGRAMA RELACIONES SERVICIOS.     01
   91•     4.  ABEAD201 HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO     •     01
   92•     5.  ABEAE211 HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO 103T      01
   93•     6.  ABEAF201 LISTA DE EQUIPO  . . LISTA   DE   EQUIPO        •     01
   94•     7.  ABDAA201 PLANO DE LOC.GRAL. PLANO DE LOCALIZACION GENERAL      02
   95•     8.  ABDAB201 DTI'S DE PROCESO . DIAG.TUB.E INSTRUM.DE PROCESO.     02
   96•     9.  ABDAC201 DTI'S DE SERV.AUX. DIAG.TUB.E INSTR.SERVS.AUXIL.      02
   97•    10.  ABDAD201 DTI'S DE DESFOGUE. DIAG.TUB.E INSTR. DE DESFOGUE      02
   98•    11.  ABDAE201 LISTA DE LINEAS C7 LISTA DE LINEAS EDICION FINAL      02
   99•    12.  ABDAF201 H.D.INSTR.Y V.CONT H.D/TOS INSTRUM.Y VALV.CONTR.      02
  100•    13.  ABCAB201 HOJAS DATOS BOMBAS HOJAS DE  DATOS  DE  BOMBAS  .     02
  101•    14.  ABDAW201 INDICE  SERVICIOS. INDICE   DE   SERVICIOS      .     02
  102•    15.  BCAAA201 COMPRES.DE PROCESO REQ. DE COMPRESORES PROCESO  .
  103•    16.  BCAAB201 COMPRES.DE AIRE  . REQ. DE COMPRESORES DE AIRE  .
  104•    17.  BCAAC201 REQ.BOMBAS PROCESO REQ. DE   BOMBAS  DE  PROCESO
  105•    18.  BDCAA201 DISEMO RECIPIENTES DISEMO   DE   RECIPIENTES    .
  106•    19.  BDCAB201 DISEMO COLUM.DEST. DISEMO COLUMNAS DESTILACION  .
  107•    20.  BDCAW201 DIAGRAMAS INSTRUM. DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACION.
  108•    21.  ABCAW201 INDICE INSTRUMENT. INDICE   DE   INSTRUMENTOS   .
  109•    22.  ABAAA201 DISEMO CALENTADOR. DISEMO   DEL   CALENTADOR 70T
  110•    23.  ABAAB211 DISEMO CALENTADOR. DISEMO   DEL   CALENTADOR 103T
  111•    24.  ABBAA201 DISEMO CAMB.CALOR. DISEMO DE CAMBIADORES CALOR  .
  112•    25.  ABBAA211 DISEMO CAMB.CALOR. DISEMO DE CAMBIAD. CALOR 103T
  113•    26.  FINICO01 INICIO  PROYECTO . INICIO   DEL   PROYECTO      .
  114•    27.  FINGPR01 FIN ING. BASICA  . FIN   DE   INGENIERIA  BASICA .

•• END OF ••   LOCAL        27 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
••• DATA •••   GLOBAL      115 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)

STAT.L        • RICARDO BECERRIL 07/04/83-13 59 53
OPTIMA  1100  N.2            (12APR83-13 11 39)
  115•     1.  ABFAB201 HHHBBB  170T
  116•     2.  ABFAF201 HHHBFB  370T
  117•     3.  ABEAC201 HHHBBB  175T
  118•     4.  ABEAD201 HHHBBB  205T      118•
  119•     5.  ABFAB211 HHHBBB  205T
  120•     6.  ABFAF211 HHHBBB   60T
  121•     7.  ABDAB201 HHHSSS  360T
  122•     8.  ABDAC201 HHHSSS  610T
  123•     9.  ABDAD201 HHHSSS  470T
```

E): DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

F): DISTRIBUCION DE RECURSOS DEL PROYECTO.

```
1250.   10.  ABDAD2DI HHHSSS   350T
1260.   11.  ABDAF2DI HHHSSS   350T
1270.   12.  ABDAF2DI HHHSSS   450T
1280.   13.  ABDAG2DI HHHSSS    75T
1290.   14.  ABDAH2DI HHHSSS   100T
1300.   15.  BCAAA2DI HHHDDD   150T
1310.   16.  BCAAB2DI HHHDDD    75T
1320.   17.  BCAAC2DI HHHDDD    50T
1330.   18.  BDCAA2DI HHHEEE  1500T
1340.   19.  BDCAB2DI HHHEEE   950T
1350.   20.  ABCAA2DI HHHGGG   200T
1360.   21.  ABCAB2DI HHHGGG   250T
1370.   22.  ABAAA2DI HHHPPP  1700T
1380.   23.  ABAAA2II HHHPPP   700T
1390.   24.  ABBAA2DI HHHPPP  1850T
1400.   25.  ABBAA2II HHHPPP   800T
1410.   26.  FINICODI HHHAAA    15T
1420.   27.  FINOPRDI HHHAAA   100T

** END OF **   LOCAL      27 CARD(S)    0 WARNING(S)    0 ERROR(S)    0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL    143 CARD(S)    0 WARNING(S)    0 ERROR(S)    0 FATAL ERROR(S)
```

```
OPTIMA          . RICARDO DECERQUIL 07/04/83-13 59 53
OPTIMA  1100  0.2          (12APR83-11 31 01)
1440.   1.  ABCAA2DI PROCESO      1312T   F
1450.   2.  ABCAB2DI PROCESO      2850T   R
1460.   3.  ABCAC2DI PROCESO       968T   B
1470.   4.  ABCAD2DI PROCESO      2203T   B
1480.   5.  ABCAD2II PROCESO      2203T   B
1490.   6.  ABCAE2DI PROCESO       960T   R
1500.   7.  ABDAA2DI SISTEMAS     1335T   S
1510.   8.  ABDAB2DI SISTEMAS     2260T   S
1520.   9.  ABDAC2DI SISTEMAS     1671T   S
1530.   10. ABDAD2DI SISTEMAS     1119T   S
1540.   11. ABDAE2DI SISTEMAS     1298T   S
1550.   12. ABDAF2DI SISTEMAS     1671T   S
1560.   13. ABDAG2DI SISTEMAS      276T   S
1570.   14. ABDAH2DI SISTEMAS      371T   S
1580.   15. BCAAA2DI MECANICA     5975T   D
1590.   16. BCAAB2DI MECANICA     2715T   D
1600.   17. BCAAC2DI MECANICA     1810T   D
1610.   18. BDCAA2DI RECIPIENTES  6122T   E
1620.   19. BDCAB2DI RECIPIENTES  3878T   E
1630.   20. ABCAA2DI CONTROL      5293T   G
1640.   21. ABCAB2DI CONTROL      8707T   G
1650.   22. ABAAA2DI HORNOS       7089T   H
1660.   23. ABAAA2II HORNOS       2916T   H
1670.   24. ABBAA2DI CAMBIADORES  6980T   P
1680.   25. ABBAA2II CAMBIADORES  7073T   P
1690.   26. FINICODI PROYECTOS    1290T   A
1700.   27. FINOPRDI PROYECTOS    5710T   A

** END OF **   LOCAL      27 CARD(S)    0 WARNING(S)    0 ERROR(S)    0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL    171 CARD(S)    0 WARNING(S)    0 ERROR(S)    0 FATAL ERROR(S)
```

6).- DISTRIBUCION DEL COSTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

```
OPTIMA          . RICARDO DECERQUIL 07/04/83-13 59 53
```

```
OPTIMA   1100   4.2                (12APR83-12 11 42)
    172*      1.  ABAAA20I S   63    16MAR82
    173*      2.  ABBAA20I S   69    01MAR82
    174*      3.  ABEAA20I F                          19ENE82
    175*      4.  ABEAP20I F         01MAR82          28MAR82
    176*      5.  ABEAD20I F                          09FEB82
    177*      6.  ABEAD21I F                          26FEB82
    178*      7.  BCAAA20I F                          02MAR82
    179*      8.  BDCAP20I S   42    01MAR82
    180*      9.  FINICOOI F                          05ENE82

** END OF **   LOCAL        9 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL     181 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
```

H): CONTROL DE AVANCE DEL PROYECTO (TIEMPO).

```
SPECIAL        . RICARDO BECERRIL 07/04/83-13 59 53
OPTIMA   1100   4.2                (12APR83-12 11 44)
    182*      1.  ABEAA20I PROCESO          1312T          B
    183*      2.  ABEAP20I PROCESO          2854T          B
    184*      3.  ABEAD20I PROCESO          2203T          B
    185*      4.  ABEAD21I PROCESO          2203T          B
    186*      5.  BCAAA20I MECANICA         7875T          D
    187*      6.  BDCAP20I RECIPIENTES      3878T          E
    188*      7.  ABAAA20I HORNOS           7084T          M
    189*      8.  ABBAA20I CAMBIADORES      6980T          P
    190*      9.  FINICOOI PROYECTOS        1290T          A

** END OF **   LOCAL        9 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL     191 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)

** END OF **   LOCAL        1 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL     190 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)

*** NORMAL TERMINATION *** EARLY  ES/EF  ***

*** NORMAL TERMINATION *** LATE   LS/LF  ***

*** NORMAL TERMINATION *** FLOAT  TFL    ***

*** NORMAL TERMINATION *** FLOAT  FF1    ***

** END OF **   LOCAL        2 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL     199 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHBBB IS      88 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHSSS IS      87 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHDDD IS      10 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHEEE IS      40 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHH666 IS      19 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHHHH IS      24 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHFFF IS      23 IN THE EARLY LOCATION ****
**** MAXIMUM   USAGE   PER TIME UNIT FOR HHHAAA IS      20 IN THE EARLY LOCATION ****

** END OF **   LOCAL       12 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
*** DATA ***   GLOBAL     218 CARD(S)      0 WARNING(S)      0 ERROR(S)      0 FATAL ERROR(S)
```

I): CONTROL DE AVANCE DEL PROYECTO (COSTOS).

LISTADOS DE LOS DIVERSOS PROCESOS

Una vez definida la secuencia de alimentación de datos el paquete, así como el tipo de reportes que proporciona, a continuación presentamos los listados correspondientes a cada módulo de proceso. Esto se ha realizado utilizando la-- información suministrada para realizar la Ingeniería Básica, así como el diseño de Equipo para una Planta Industrial Petroquímica; resumidas éstas fases en las actividades principales que las representan.

Dichos listados incluyen reportes de:

- Análisis de tiempo.
- Control de Avance.
- Análisis de Recursos.
- Asignación de Recursos.
- Análisis de Costos.

ANALISIS DE TIEMPO

OPTIMA 1100 R.2 * * * T I M E L I S T I N G * * * PAGE 5 OF 8

PROJECT MANAGEMENT SYSTEM 27 OF 27 ACTIVITIES. TIME UNIT DAY

PROJECT NETWORK 05ENE82 - 25AGO82

DATE 12ABR83 NETWORK SEG PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA SELECTED 05ENE82 - 25AGO82

SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME	CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	P S	FLOAT TOT	FR
A9EAA2OI	BASES DE DISEÑO.	BASES DE DISEÑO	01	10	1 05ENE82	19ENE82			0	0
A9EAB2OI	DIAG.FLUJO PROCESO	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	01	21	1 23ENE82	18FEB82	10MAR82	12ABR82	39	0
A9EAC2OI	DIAG.BAL.SERV.AUX.	DIAGRAMA BALANCE SERV.AUXILS.	01	15	1 03FEB82	24FEB82	06MAY82	26MAY82	51	27
A9EAD2OI	HOJAS DATOS EQUIPO	HOJAS DE DATOS DE EQUIPO	01	14	1 23ENE82	09FEB82			0	0
A9EAD2II	HOJAS DATOS EQUIPO	HOJAS DE DATOS DE EQUIPO 1003	01	13	1 13FEB82	26FEB82			0	0
A9EAL2OI	LISTA DE EQUIPO	LISTA DE EQUIPO	01	10	1 12FEB82	04MAR82	13ABR82	26ABR82	39	0

1.- LISTADO DE TIEMPOS DEL PROYECTO:

A).- IDENTIFICACION DE LA ACTIVIDAD.
B).- DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.
C).- DURACION DE LA ACTIVIDAD.
D).- TIPO DE CALENDARIO.
E).- FECHAS TEMPRANAS (INICIO Y FIN)
F).- FECHAS TARDIAS (INICIO Y FIN)
G).- HOLGURA LIBRE Y TOTAL.

PREDECESSORS	F-RANK/ ACTIVITY /B-RANK	SUCCESSORS		
FINIC20I *	1/ ABEAA20I / 7 *	ABEAD20I	ABEAB20I	
ABEAA20I *	2/ ABEAB20I / 6 *	ABDAG20I	ABDAH20I	ABDAB20I
		ABDAA20I	ABEAE20I	SSE-ABEAC20I
ABEAB20I-SSE *	3/ ABEAC20I / 4 *	ABDAC20I		
ABEAA20I *	2/ ABEAD20I / 4 *	BCAAA20I	ABEAD21I	
ABEAD20I *	3/ ABEAD21I / 3 *	ABBAA20I	ABAAA20I	BDCAB20I
		BDCAA20I		
ABEAB20I *	3/ ABEAE20I / 5 *	FINGB20I	ABDAA20I	

2: LISTADO DE LA DISTRIBUIDORA DEL PROYECTO.
(PARA IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES EN LA GRAFICA DE LA RED DEL PROY.)

OPTIMA 1100 6.2 *** PREDECESSOR-SUCCESSOR REPORT *** PAGE 0 OF
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM 27 OF 27 ACTIVITIES. TIME UNIT DAY
PROJECT NETWORK DSENE82 - 25A5082
DATE 12AR83 NETWORK SEG PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA SELECTED 05ENE82 - 25A5082
SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES

	ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	DEP COD	LEAD /LAG	ACTIVITY TIME	CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	P S	FLOAT TOT	FR
**PRED	FINICOOI	INICIO PROYECTO . INICIO DEL PROYECTO			1	1	05ENE82	05ENE82				0	0
	ABLAA20I	BASES DE DISEÑO. . BASES DE DISEÑO	********		10	1	06ENE82	19ENE82				0	0
*SUCC	ABLAB20I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIP			14	1	20ENE82	09FEB82				0	0
*SUCC	ABLAB70I	DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE P			21	1	20ENE82	18FEB82	10MAR82	12MAR82		34	0
**PRED	ABLBA20I	BASES DE DISEÑO. . BASES DE DISEÑO			10	1	06ENE82	19ENE82				0	0
	ABLAB70I	DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE P	********		21	1	20ENE82	18FEB82	10MAR82	12MAR82		34	0
*SUCC	ABLBB20I	HOJAS DATOS BOMBAS HOJAS DE DATOS DE BO			15	1	06ABR82	28ABR82	13JUL82	02AGO82		67	0
*SUCC	ABDAA70I	INDICE SERVICIOS. INDICE DE SERVICIOS			10	1	23MAR82	05ABR82	13MAY82	26MAY82		34	0
*SUCC	ABDAB70I	DITPS DE PROCESO . DIAG.TUB.E INSTRUM.DE P			21	1	19FEB82	22MAR82	13ABR82	12MAY82		34	0
*SUCC	ABDAA20I	PLANO DE LOC.GRAL. PLANO DE LOCALIZACION G			21	1	05MAR82	05ABR82	27ABR82	26MAY82		34	0
*SUCC	ABLAL20I	LISTA DE EQUIPO . . LISTA DE EQUIPO			10	1	19FEB82	04MAR82	13ABR82	26MAY82		34	0
*SUCC	ABEAC20I	DIAG.BAL.SERV.AUX. DIAGRAMA BALANCE SERV.A	SSE	10 T	15	1	03FEB82	24FEB82	06MAY82	26MAY82		61	27
**PRED	ABEAB20I	DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE P	SSE	10 T	21	1	20ENE82	18FEB82	10MAR82	12MAR82		34	0
	ABEAC20I	DIAG.BAL.SERV.AUX. DIAGRAMA BALANCE SERV.A	********		15	1	03FEB82	24FEB82	06MAY82	26MAY82		61	27
*SUCC	ABDAC20I	DITPS DE SERV.AUX. DIAG.TUB.E INSTR.SERVS.			21	1	06ABR82	07MAY82	27MAY82	24JUN82		34	0
**PRED	ABLAA20I	BASES DE DISEÑO. . BASES DE DISEÑO			10	1	06ENE82	19ENE82				0	0
	ABLAD20I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIP	********		14	1	20ENE82	09FEB82				0	0
*SUCC	BCAAA20I	COMPRES.DE PROCESO REQ. DE COMPRESORES PRO			15	1	10FEB82	02MAR82	20MAY82	09JUN82		67	67
*SUCC	ABLAD21I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIP			13	1	10FEB82	26FEB82				0	0
**PRED	ABLAD20I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIP			14	1	20ENE82	09FEB82				0	0
	ABLAD21I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIP	********		13	1	10FEB82	26FEB82				0	0
*SUCC	ABEAA20I	DISEÑO CAMB.CALOR. DISEÑO DE CAMBIADORES C			44	1	01MAR82	30JUN82				0	0
*SUCC	ABEAA20I	DISEÑO CALENTADOR. DISEÑO DEL CALENTAD			73	1	01MAR82	15JUN82	16MAR82	30JUN82		16	0
*SUCC	BDCAB20I	DISEÑO COLUM.DEST. DISEÑO COLUMNAS DESTILA			63	1	01MAR82	31JUN82	24MAY82	18AGO82		56	56
*SUCC	BDCAA20I	DISEÑO RECIPIENTES DISEÑO DE RECIPIENTES			63	1	01MAR82	31JUN82	24MAY82	18AGO82		56	56
**PRED	ABEAB20I	DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE P			21	1	20ENE82	18FEB82	10MAR82	12MAR82		34	0
	ABEAE20I	LISTA DE EQUIPO . . LISTA DE EQUIPO	********		10	1	19FEB82	04MAR82	13ABR82	26MAY82		34	0
*SUCC	FINBBOOI	FIN ING. BASICA . FIN DE INGENIERIA BA			5	1	19AGO82	25AGO82				0	0
*SUCC	ABDAA20I	PLANO DE LOC.GRAL. PLANO DE LOCALIZACION G			21	1	05MAR82	05ABR82	27ABR82	26MAY82		34	0

3r REPORTE DE PRECEDENCIAS Y SECUENCIAS DEL PROYECTO.

```
OPTIMA  1100  V.2                    * * *   G A N T T   D I A G R A M   * * *                                PAGE    9 OF   16
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM                                                                  27 OF   27 ACTIVITIES.  TIME UNIT DAY
                                                   PROJECT                                                   NETWORK  05ENE82  -  25AGO82
DATE  12ABR83      NETWORK   SEG      PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA                                         TIMEAXIS 05ENE82  -  05ENE83
                                   SUPDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
 *   CRITICAL ACTIVITY      +   POSITIVE TOTAL FLOAT  D   DUMMY ACTIVITY        H   HAMMOCK              HORIZONTAL PART NO.    1
 A   ACTIVITY WITH FLOAT     *   FREE FLOAT            F   SPECIFIED HOLIDAY     G   TOTAL & FREE FLOAT VERTICAL   PART NO.    5
 -   NEGATIVE TOTAL FLOAT   C   CYCLIC NOT SIGN.      I   CHANGE OF TIME UNIT  P   ACT WITH PROGRESS  LOCATION                EARLY
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
  ACTIVITY                                                                  82      82      82      82      82      82      92
IDENTIFICATION                                                              05ENE   22FEB   12MAR   31MAY   19JUL   06SEP   25OCT
                                                                             *       *       *       *       *       *       *
AB1AA2U1     BASES DE DISEÑO. . BASES   DE    DISEÑO        .   31   HHH                  .                   .                   .
AB1AB2D1     DIAG.FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO    31   I AAAAA              .                   .                   .
AB1AC2D1     DIAG.BAL.SERV.AUX. DIAGRAMA BALANCE SERV.AUXILS.    31   I   AAAA             .                   .                   .
AB1AD2D1     HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO      .  31   I HHHH               .                   .                   .
AB1AE2D1     HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO INOX    31   I    HHH             .                   .                   .
AB1AF2D1     LISTA DE EQUIPO  . . LISTA   DE   EQUIPO      .    31   I     AAA            .                   .                   .
```

4.- DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO.

PROJECT MANAGEMENT SYSTEM • • • TIME LISTING • • •

PAGE 2 OF 3

DATE 12ABR81 NETWORK FIF PROJECT PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES

7 OF 27 ACTIVITIES. TIME UNIT DAY
NETWORK 05ENE82 - 25AGO82
SELECTED 05ENE82 - 25AGO82

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME	CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	FLOAT TOT	FLOAT FR
A9EA07OT	BASES DE DISEÑO. • BASES DE DISEÑO •	01	10	1 05ENE82	19ENE82			0	0
A9EA020I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO •	01	14	1 22ENE82	09FEB82			0	0
A9EA021I	HOJAS DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO 10DE	01	13	1 11FEB82	26FEB82			0	0

5.- ACTIVIDADES CRITICAS DEL PROYECTO.

CONTROL DE AVANCE

*** PROGRESS STATUS PREPARATION FOR TIME-ANALYSIS PROCESSOR ***

NETWORK	SEC	TIME-NOW	TEMPORIZ			USE	SRP*	AST*	PCC*	RWD*	ECT*	CRP*	ACT*	EAT*	ARP*	AAT*
REPORTED PROGRESS ON ACTIVITIES												REPORTED PROGRESS ON ASSOCIATED EVENTS				
FINICL01	S					C	05ENE82									
A6EAA201	S					C	19EFEB2									
A6EAB201	S	01MAR82				C	28MAR82									
A6EAD201	S					C	09FEB82									
A6EAD211	S					C	26FEB82									
BCAAA201	S					C	02MAR82									
BCCAB201	S	01MAR82		RD	82											
A6AAA201	S	16MAR82		RD	63											
A6BAA201	S	01MAR82		RD	69											

*** NORMAL TERMINATION *** REDUCE ***

6.- Estado de avance de las actividades, a la fecha de corte.

*** S U M M A R Y O F A C T I V I T I E S W I T H R E P O R T E D / D E D U C E D P R O G R E S S ***

NETWORK SFG TITLE PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA TIME-NOW 30MAR82

ACTIVITY IDENTIFICATION	ORG DUR	DUR NOW	CAL	PROGRESS STATUS	START TIMES NOW	START TIMES PREV. ES	START TIMES PREV. LS	FINISH TIMES NOW	FINISH TIMES PREV. EF	FINISH TIMES PREV. LF
FINICOOT	10	10	1	COMPLETED	05ENE82	05ENE82	05ENE82	05ENE82	05ENE82	05ENE82
ABLAA2OT	100	100	1	COMPLETED	06ENE82	06ENE82	06ENE82	19ENE82	19ENE82	19ENE82
ABCAR2OT	210	190	1	COMPLETED	01MAR82	20ENE82	10MAR82	26MAR82	16FEB82	12AB82
ABCAD2OT	140	140	1	COMPLETED	20ENE82	20ENE82	20ENE82	09FEB82	09FEB82	09FEB82
ABCAQ2OT	130	130	1	COMPLETED	10FEB82	10FEB82	10FEB82	26FEB82	26FEB82	26FEB82
BCAAA2OT	150	150	1	COMPLETED	10FEB82	10FEB82	20MAY82	02MAR82	02MAR82	09JUN82
BDCAR2OT	630	620	1	STARTED	01MAR82	01MAR82	24MAY82	31MAY82	01JUN82	18AB82
ABAAA2OT	720	720	1	STARTED	16MAR82	01MAR82	16MAR82	29JUN82	15JUN82	30JUN82
ABBAA2OT	840	840	1	STARTED	01MAR82	01MAR82	01MAR82	30JUN82	30JUN82	30JUN82

*** NORMAL TERMINATION *** EARLY ES/EF ***

*** NORMAL TERMINATION *** LATE LS/LF ***

*** NORMAL TERMINATION *** TFLOAT TFL ***

*** NORMAL TERMINATION *** FFLOAT FFL ***

** END OF ** LOCAL 35 CARD(S) 0 WARNING(S) 0 ERROR(S) 0 FATAL ERROR(S)
*** DATA *** GLOBAL 210 CARD(S) 0 WARNING(S) 0 ERROR(S) 0 FATAL ERROR(S)

7.- SUMARIO DE ACTIVIDADES CON AVANCE (REPORTADO O DEDUCIDO).

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION		ACTIVITY TIME	CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	P S	FLOAT TOT	FR
ABEAA2QI	BASES DE DISEÑO. .	BASES DE DISEÑO .	01	10	1 06ENE82	A19ENE82			C	3	0
ABEAB2QI	DIAG.FLUJO PROCESO .	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	01	19	1A01MAR82	A26MAR82	13MAR82	12ABR82	C	9	0
ABEAC2QI	DIAG.BAL.SERV.AUX.	DIAGRAMA BALANCE SERV.AUXILS.	01	15	1 33MAR82	21ABR82	05MAY82	26MAY82		26	16
ABEAD2QI	HOJAS DATOS EQUIPO	HOJAS DE DATOS DE EQUIPO .	01	16	1 23ENE82	A09FEB82			C	3	0
ABEAD2II	HOJAS DATOS EQUIPO	HOJAS DE DATOS DE EQUIPO 1'01	01	13	1 13FEB82	A26FEB82			C	3	0
ABEAL2QI	LISTA DE EQUIPO . .	LISTA DE EQUIPO .	01	10	1 33MAR82	16ABR82	13ABR82	26ABR82		5	0

B.- LISTADO DE TIEMPOS CON AVANCE (A LA FECHA DE CORTE)

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME DEL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	TOT FLOAT	FR
ABC[illegible]20T	DIAG.BAL.SERV.AUX. DIAGRAMA BALANCE SERV.AUXILS.	01 15	1 33MAR82	21ABR82	06MAY82	26MAY[illegible]	29	16
[illegible]2DY	LISTA DE EQUIPO . . LISTA DE EQUIPO .	01 10	1 33MAR82	19ABR82	13ABR82	26A[illegible]	8	0

9 LISTADO DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN LOS PROXIMOS DOS MESES (A LA FECHA DE CORTE)

ANALISIS DE RECURSOS

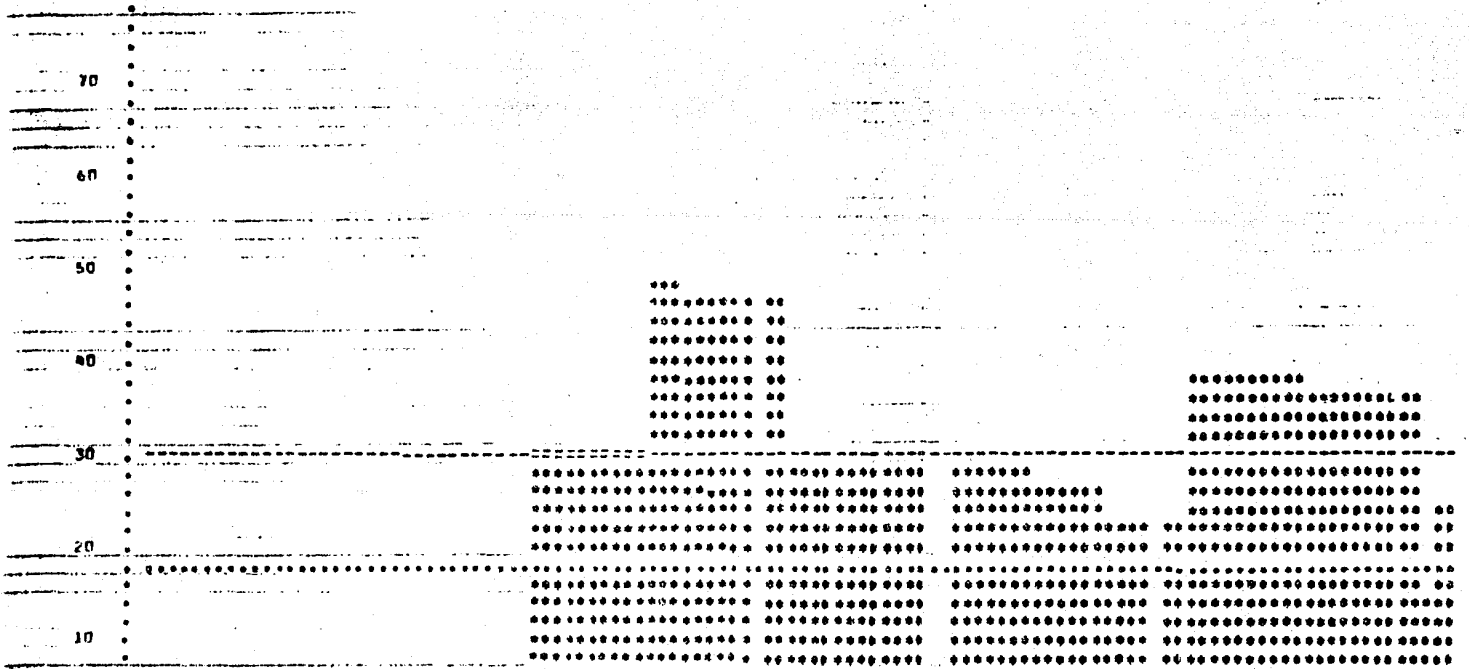
*** PLANEACION ORIGINAL ***

UNIT	DATE																ACCUM.
3657	05ENE82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3672	26ENE82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3687	16FEB82	0	0	0	0	30	29	29	29	29	29	29	29	29	47	47	385
3702	02MAR82	0	47	46	46	46	46	46	46	0	46	46	27	27	27	27	27	935
3717	30MAR82	0	27	27	27	27	27	27	27	0	0	27	27	27	27	27	27	1286
3732	20ABR82	0	27	26	26	26	26	26	26	21	21	21	21	0	21	21	38	1633
3747	11MAY82	0	38	38	38	38	38	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	2187
3762	01JUN82	0	36	36	36	36	36	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23	2583
3777	22JUN82	0	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2695
3792	13JUL82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2695
			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3912	28DIC82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**********	**********	**********	2695

10.- Tabla de recursos requeridos (en unidad de tiempo), del proyecto, para un tipo de recurso determinado.

PRIMA 1100 9.2 *** RESOURCE USAGE IN HISTOGRAM FORM ***
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESOURCE HHHSSS HOPAS-HOMBRE OPTO.ING. DE SISTEMAS *
*** PLANEACION ORIGINAL ***

DATE 12AGR82 TIME AXIS 05EN82 - 31DIC84 TIME UNIT DAY 2 UNITS PER LINE RETURNS(S) 1



ASIGNACION DE RECURSOS

PROCESO DE ASIGNACION DE RECURSOS

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION		ACTIVITY TIME	CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	P S	FLOAT TOT	FR
ABAAA201	CALENTADOR. DISEÑO DEL CALENTADOR 201		72	1	A15MAR82	29JUN82	16MAR82	30JUN82	S	1	0
ABAAA211	CALENTADOR. DISEÑO DEL CALENTADOR 100		35	1	33JUN82	17AGO82	01JUL82	18AGO82		1	29
ABBAA201	CAMB.CALOR. DISEÑO DE CAMBIADORES CALOR .		84	1	A01MAR82	30JUN82			S	0	0
ABBAA211	CAMB.CALOR. DISEÑO DE CAMBIAD. CALOR 100		35	1	01JUL82	18AGO82				0	28
ABCAA201	MAS INSTRUM. DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACION.		21	1	15JUN82	13JUL82	25JUN82	23JUL82		8	0
ABCAB201	INSTRUMENT. INDICE DE INSTRUMENTOS .		18	1	16JUL82	06AGO82	26JUL82	18AGO82		8	36
ABDAA201	DE LOC.GEAL. PLANO DE LOCALIZACION GENERAL	02	21	1	15MAY82	10JUN82	27ABR82	26MAY82		-11	0
ABDAB201	DE PROCESO . DIAG.TUB.E INSTRUM.DE PROCESO	02	21	1	12ABR82	12MAY82				0	0
ABDAC201	DE SERV.AUX. DIAG.TUB.E INSTR.SERVS.AUXIL.	02	21	1	11JUN82	09JUL82	27MAY82	28JUN82		-11	0
ABDAD201	DE DESFOGUE. DIAG.TUB.E INSTR. DE DESFOGUE	02	21	1	12JUL82	09AGO82	30JUN82	28JUL82		-8	23
ABDAE201	DE LINEAS 07 LISTA DE LINEAS EDICION FINAL	02	15	1	09SEP82	29SEP82	29JUL82	18AGO82		-28	0
ABDAF201	SIP.Y V.CONT H.DATOS INSTRUM.Y VALV.CONTR.	02	20	1	13AGO82	07SEP82	22JUL82	18AGO82		-13	15
ABDAG201	DATOS BOMBAS HOJAS DE DATOS DE BOMBAS .	02	15	1	13JUL82	02AGO82				0	0
ABDAH201	SERVICIOS. INDICE DE SERVICIOS .	02	10	1	13MAY82	26MAY82				0	11
ABEAA201	DE DISEÑO. . BASES DE DISEÑO .	01	10	1	05ENE82	A19ENE82			C	0	0
ABEAB201	FLUJO PROCESO .DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	01	19	1	A01MAR82	A26MAR82	10MAR82	12ABR82	C	0	0
ABEAC201	BAL.SERV.AUX. DIAGRAMA BALANCE SERV.AUXILS.	01	15	1	30MAR82	21ABR82	06MAY82	26MAY82		20	35
ABEAD201	DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO .	01	14	1	23ENE82	A09FEB82			C	0	0
ABEAD211	DATOS EQUIPO HOJAS DE DATOS DE EQUIPO 100	01	13	1	13FEB82	A26FEB82			C	0	0
ABEAE201	DE EQUIPO . . LISTA DE EQUIPO .	01	10	1	30MAR82	10ABR82	13ABR82	26ABR82		9	19
BCAAA201	S.DE PROCESO REQ. DE COMPRESORES PROCESO .		15	1	13FEB82	A02MAR82	20MAY82	30JUN82	C	67	0
BCAAB201	S.DE AIRE . REQ. DE COMPRESORES DE AIRE .		15	1	12JUL82	30JUL82	29JUL82	18AGO82		13	41
BCAAC201	MBAS PROCESO REQ. DE BOMBAS DE PROCESO		12	1	01AGO82	18AGO82				0	28
BCCAA201	RECTIFIERES DISEÑO DE RECTIFIERES .		63	1	01JUN82	26AGO82	24MAY82	18AGO82		-5	22
BCCAB201	COLUM.DEST. DISEÑO COLUMNAS DESTILACION .		62	1	A01MAR82	31MAY82	28MAY82	18AGO82	S	57	85
FINBB001	F. BASICA . FIN DE INGENIERIA BASICA .		5	1	23SEP82	060CT82	19AGO82	25AGO82		-28	0
FINICD01	PROYECTO . INICIO DEL PROYECTO .		1	1	05ENE82	A05ENE82			C	0	0

12.- LISTADO DE TIEMPOS GENERAL DEL PROYECTO, PERTURB. DEL PROCESO DE ASIGNACION DE RECURSOS (A LA FECHA DE CORTE).

OPTIMA 1100 V.2 * * * R E S O U R C E U S A G E T A B L E * * * PAGE 1
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM TIME UNIT DAY
DATE 12APR82 RESOURCE HOMBRES (CRAS-HOMBRE DEPTO.ING. DE SISTEMAS . 1 NETWORK(S). LOCATION EARLY
PROCESO DE ASIGNACION DE RECURSOS

UNIT	DATE																	ACCUM.
3657	05ENE82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3702	09MAR82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3717	30MAR82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	29	29	29	29	146
3732	20ABR82	0	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	0	29	29	29	552
3747	11MAY82	0	29	29	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	17	17	17	934
3762	01JUN82	0	17	17	17	17	17	17	17	17	22	22	22	22	22	22	22	1224
3777	22JUN82	0	22	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	15	1535
3792	13JUL82	0	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	1825
3807	03AGO82	0	14	14	14	14	14	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	2125
3822	24AGO82	0	22	22	22	22	22	22	0	22	22	21	22	24	24	24	24	2441
3837	14SEP82	0	24	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	0	0	2695
3852	05OCT82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2695
			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3992	08FEB83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	2695

TABLA DE RECURSOS ASIGNADOS AL PROYECTO.

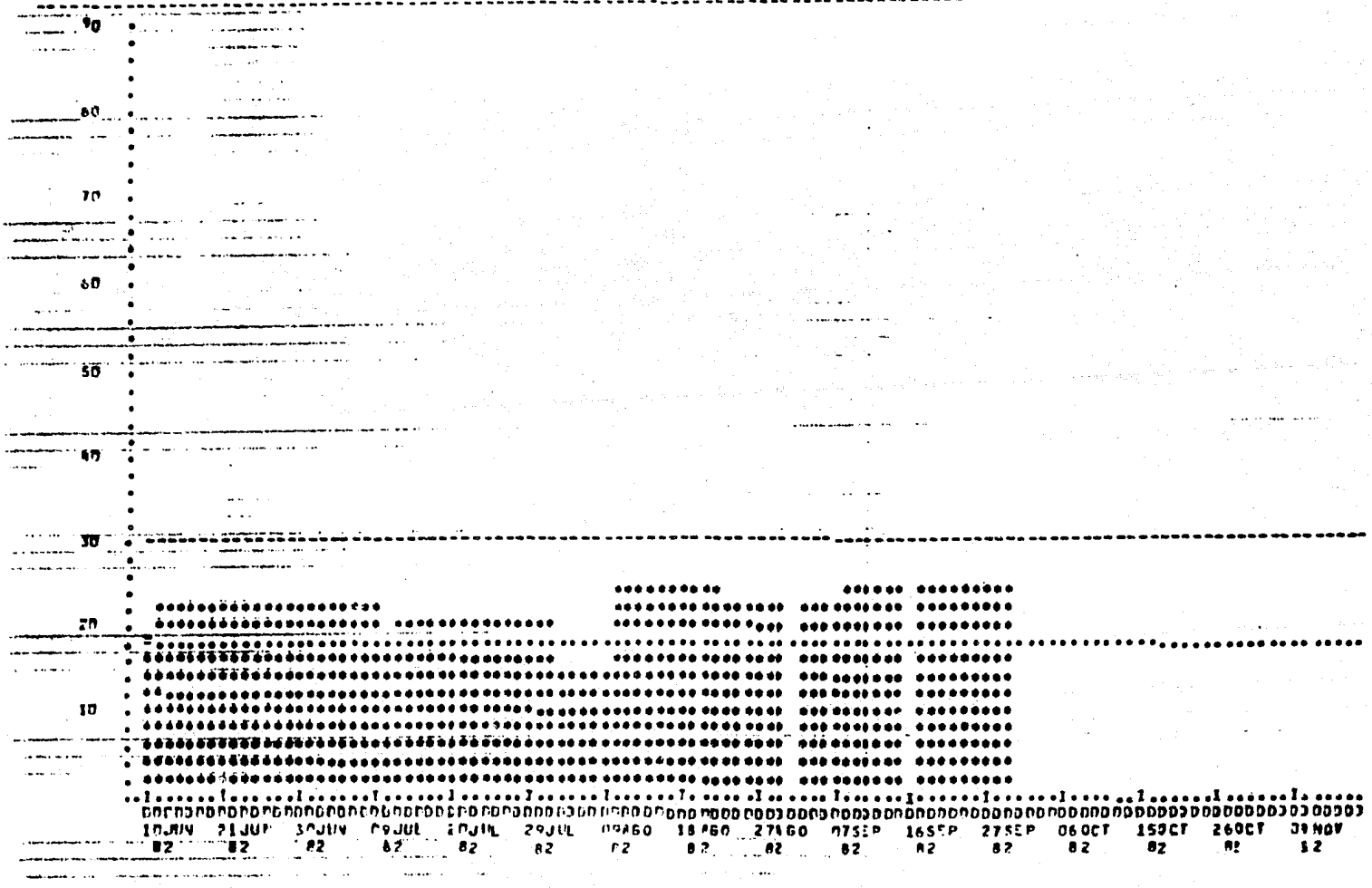
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM — RESOURCE HRHGSS HORAS-HOMBRE DPTO.ENG. DE SISTEMAS

PROCESO DE ASIGNACION DE RECURSOS

DATE 12AGR83 — TIME AXIS LEFTEFZ - 05MAY86 — TIME UNIT DAY — 2 UNITS PER LINE

POSITION EARLY

NETWORKS: 1



ANALISIS DE COSTOS

OPTIMA 1100 9.2 * * * A C T I V I T Y C O S T R E P O R T * * * PAGE # 1 OF 1

PROJECT MANAGEMENT SYSTEM 27 OF 27 ACTIVITIES. TIME UNIT DAY

NETWORK 05ENE82 - 25ABO82

SELECTED 05ENE82 - 25ABO82

PROJECT

DATE 12ABR82 NETWORK SEG PLANTA INDUSTRIAL PETROQUIMICA

**** PLANEACION ORIGINAL ****

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME	CAL	ES	RESOURCE COST	ACTIVITY COST	TOTAL COST
A9AAA20I	DISEÑO CALENTADOR.	73	2	01MAR82	642600	7384	693614
A9AAA21I	DISEÑO CALENTADOR.	35	2	16JUN82	269600	2916	257516
A9BAA20I	DISEÑO CAMB.CALOR.	94	2	01MAR82	719650	6980	726630
A9BAA21I	DISEÑO CAMB.CALOR.	35	2	01JUL82	311200	3023	318223
A9CAA20I	DIAGRAMAS INSTRUM.	21	2	10MAY82	179760	5293	185053
A9CAB20I	INDICE INSTRUMENT.	18	2	08JUN82	98000	4737	102737
A9DAA20I	PLANO DE LOC.GRAL.	21	2	05MAR82	132480	1335	133815
A9DAB20I	DTIS DE PROCESO .	21	2	19FEB82	224480	2264	226744
A9DAC20I	DTIS DE SERV.AUX.	21	2	06ABR82	165600	1671	167271
A9DAD20I	DTIS DE DESFOGUE.	21	2	10MAY82	110400	1114	111514
A9DAE20I	LISTA DE LINEAS 07	15	2	08JUN82	128800	1298	130098
A9DAF20I	H.D.INSTR.Y V.CONT	20	2	10MAY82	165600	1671	167271
A9DAG20I	HOJAS DATOS BOMBAS	15	2	06ABR82	27600	276	27876
A9DAH20I	INDICE SERVICIOS.	10	2	23MAR82	36800	371	37171
A9EAA20I	BASES DE DISEÑO.	10	2	06ENE82	66300	1312	67612
A9EAB20I	DIAG.FLUJO PROCESO	21	2	20ENE82	199300	2856	197156
A9EAC20I	DIAG.BAL.SERV.AUX.	15	2	03FEB82	98750	968	99718
A9EAD20I	HOJAS DATOS EQUIPO	14	2	20ENE82	111150	2203	113353
A9EAD21I	HOJAS DATOS EQUIPO	13	2	10FEB82	111150	2203	113353
A9EAE20I	LISTA DE EQUIPO .	10	2	19FEB82	23400	863	23863
A9EAA20I	COMPRES.DE PROCESO	15	2	10FEB82	63750	5475	69225
A9EAB20I	COMPRES.DE AIRE .	15	2	10MAY82	31875	2715	34590
A9EAC20I	REQ.BOMBAS PROCESO	12	2	29ABR82	21250	1810	23063
A9CAA20I	DISEÑO RECIPIENTES	63	2	01MAR82	589500	6122	595622
A9CAB20I	DISEÑO COLUM.DEST.	57	2	01MAR82	373350	3878	377228
PTNG6001	PER ING. BASICA .	5	2	19AGO82	45000	8710	53710
PTGIC001	INICIO PROYECTO .	1	2	05ENE82	6750	1290	8040
PAGE	ACCUMULATED				4774095	80003	4854095
TOTAL	ACCUMULATED				4774095	80003	4854095

15.- REPORTE DEL COSTO UNITARIO Y DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

OPTIMA 1100 V.2
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM
DATE 12ABR81 CURRENCY

* * * C O S T T A B L E * * *
SELECTED TIME-AXIS 05ENE82 - 25AGO82
PERIODS/LINE 1 10 PERIODS ACCUMULATED
**** PLANEACION ORIGINAL ****

NETWORKS: 1

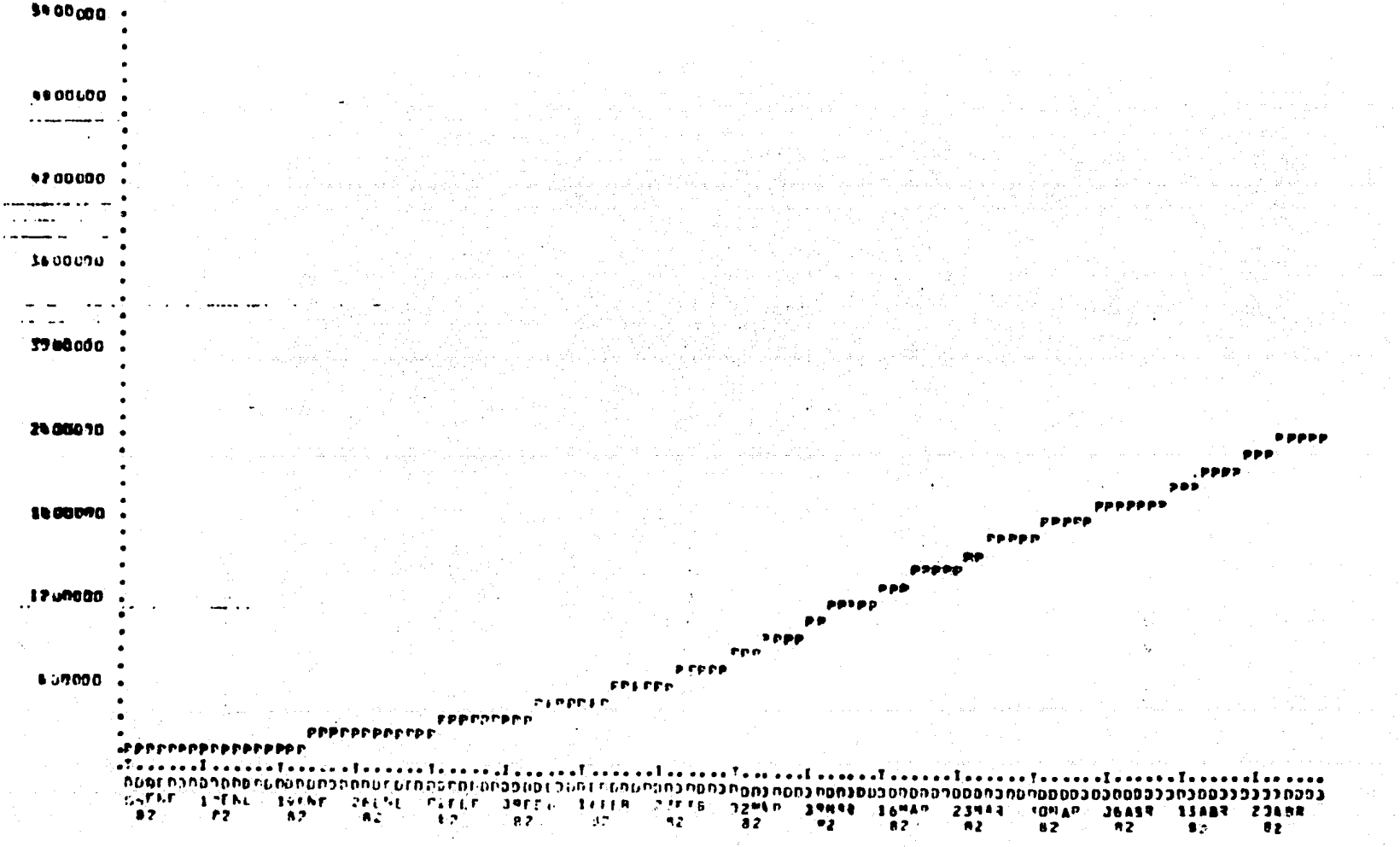
05ENE82	D	P	8091	
06ENE82	D	P	8762	
07ENE82	D	P	6762	
08ENE82	D	F	6761	
09ENE82	D	F	0	
10ENE82	D	F	0	
11ENE82	D	P	6761	
12ENE82	D	P	6761	
13ENE82	D	P	6761	
14ENE82	D	F	6761	55369
15ENE82	D	F	6761	
16ENE82	D	F	0	
17ENE82	D	P	0	
18ENE82	D	P	6761	
19ENE82	D	F	6761	
20ENE82	D	F	15508	
21ENE82	D	P	15508	
22ENE82	D	F	15508	
23ENE82	D	P	0	
24ENE82	D	F	0	122164
25ENE82	D	P	15508	
26ENE82	D	F	15508	
27ENE82	D	P	15113	
28ENE82	D	F	15113	
29ENE82	D	P	15113	
30ENE82	D	P	0	
31ENE82	D	F	0	
01FEB82	D	P	15113	
02FEB82	D	F	15113	
03FEB82	D	P	18688	247425
04FEB82	D	F	18688	
05FEB82	D	P	0	
06FEB82	D	P	0	
07FEB82	D	F	0	
08FEB82	D	F	18668	
09FEB82	D	F	18298	
10FEB82	D	P	23706	
11FEB82	D	P	23316	
12FEB82	D	P	23316	
13FEB82	D	F	0	373937
14FEB82	D	P	0	
15FEB82	D	F	23316	
16FEB82	D	P	23316	
17FEB82	D	P	23316	
18FEB82	D	P	23316	

16.- TABLA DE COSTOS DEL PROYECTO (POR UNIDAD DE TIEMPO).

COST TYPE PL CURRENCY * 1

**** PLANNED ON ORIGINAL ****

DATE 12APR83 TIME AXIS 05FEB82 - 25AUG82 TIME UNIT DAY NETWORKS 1



OPTIMA 1100 V.2 * * * ACCOUNT REPORT * * *
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM 9 OF 9 ACCOUNTS
DATE 12APR83 CURRENCY * 1 RECORDRESI 1

COSTOS DEL PROYECTO 9'85 * NO MONEDA *

ACCOUNT CODE	ACCOUNT DESCRIPTION		ORIGINAL PLAN	ACTUAL COST	VALUE OF PROGRS	REVISED PLAN	ORIG. PLAN VS. ACT	ORIG. PLAN VS. ACTUAL
TOTAL	COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	DC	33000	33279	19136	60865	- 18188	- 18183
PROYECTOS	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS	DC	13000	1290	1290	8710	0	0
PROCESO	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE PROCESO	DC	13000	8572	8572	1428	0	0
MECANICA	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE MECANICA	DC	13000	5475	5475	8525	0	0
RECIPIENTES	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE RECIPIENT	DC	13000	3878	1251	8789	- 2627	- 2627
CONTROL	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE ING.CONTR	DC	13000	0	0	10000	0	0
HORNOS	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE HORNOS	DC	13000	7084	886	9116	- 6199	- 6198
CAMBIADORES	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE CAMBS.CAL	DC	13000	6980	1662	8338	- 5319	- 5318
SISTEMAS	COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS	DC	13000	0	0	10000	0	0

** ERROR ** MASSRD NON-EXISTING FILE RPCFIL . REQUEST IGNORED

** FATAL ERROR ** FILE NAMED RPCFIL NOT FOUND

18: Reporte del estado de los costos del proyecto (por cuenta y total).

CAPITULO 6.- EVALUACION Y CONTROL DE PROYECTOS INDUSTRIALES.

SUMARIO:

Introducción. El control de proyectos. Método propuesto para control de Multiproyectos. Documentos de Control de Proyectos.

INTRODUCCION

Al volver hacia atrás, observamos que el objetivo fundamental es la proposición de una metodología que nos lleve a ejercer un control del proyecto que se está planeando y programando.

De hecho, en la figura 1, de la parte VII (Material y Método), se muestra una secuencia para la programación de un proyecto industrial y es ahí en el proceso de Actualización (Avance Real del proyecto), donde se pregunta: ¿hay reprogramación al proyecto?, si la respuesta es afirmativa quiere decir que ha habido una mala Administración del proyecto ya sea por una A).- Deficiente Planeación o porque B).- No se ha contrastado oportunamente los resultados reales contra los pronosticados originalmente, sin ejercer la acción correctiva inmediatamente; C).- Un hecho fortuito aconteció (ejemplo: una devaluación) que afectó al proyecto (ver figura 6.2 Factores Externos).

De esta forma podemos decir que el control,es básicamente verificar que se haya realizado lo que fué previsto.

Asimismo, aunado a la fig. 1 anteriormente descrita,- existe la fig. 4.32, en donde exponemos un método general para programación de Multiproyectos; en donde una vez obtenido el programa del proyecto respectivo y con el avance real se ejerce el CONTROL del proyecto. Donde a partir de desviaciones observadas por medio de Reportes Administrativos a niveles múltiples, se llega a la toma de decisiones para aplicar el medio correctivo necesario para seguir ejerciendo una buena Administración sobre el proyecto.

Por lo tanto, la realización de este capítulo es una-

reafirmación, ya que la metodología propuesta de Planeación y Programación, contempla implícitamente, el aspecto de control del Proyecto, al evaluar mediante el avance del proyecto con la correspondiente generación de reportes; el éxito de la planeación y programación propuesta, retroalimentando inmediatamente la acción correctiva mediante dicho método.

Describiremos brevemente que es el control de proyectos, específicamente como parte que cierra el ciclo administrativo de cualquier Proceso, definiéndolo; y describiendo los elementos y principios bajo los cuales está basado.

Proponemos a continuación un método para control de Multiproyectos que involucra obviamente nuestra técnica de Planeación, Programación y Control.

Finalmente, mencionemos los documentos de control de proyectos que mayoritaria y principalmente, son utilizados para alcanzar tal fin.

EL CONTROL DE PROYECTOS

Definición de Control.

El control es la función administrativa que nos ayuda a comparar los resultados obtenidos con los que se establecieron en la planeación. Las técnicas de control tienen como finalidad, detectar las posibles desviaciones que nos alejen de las metas previstas, para hacer el pronóstico de las causas y tomar las medidas correctivas adecuadas. Es así como, de esta manera, se retroalimenta el proceso de la Administración, (ver fig. 6.1).

Lo constituyen por lo mismo, tres etapas:

1.- Establecimiento de normas.- Para poder hacer la comparación que es la base de todo control.

2.- Operación de los Controles.- Es una función propia de los especialistas, en cada uno de ellos.

3.- Interpretación de resultados.- Es una función administrativa, que vuelve a constituir un medio de planeación.

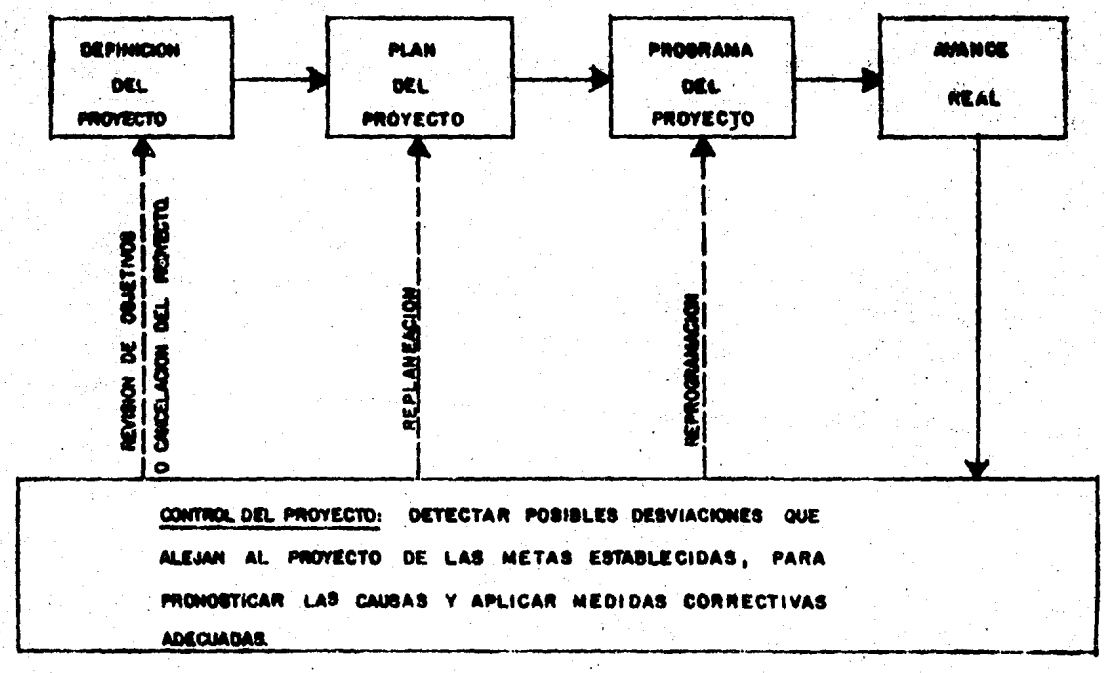


FIG. 6.1.- EL CICLO DE LA ADMINISTRACION SE CIERRA Y SE RETROALIMENTA POR EL CONTROL SOBRE EL PROYECTO.

PRINCIPIOS EN QUE SE FUNDAMENTA

Para efectuar un buen control de un proyecto determinado, debemos basarnos en tres puntos muy importantes y que debemos tener en cuenta:

1.- Nunca es posible predecir con exactitud, como se desarrollará realmente el proyecto, ésto es, las estimaciones, como pronósticos al fin, difieren de la realidad, pero entre más experiencia se tenga, mejores pronósticos o aproximaciones, se tendrán.

2.- La Administración debe estar consciente en los cambios que haya que realizar al proyecto conforme se vaya definiendo y realizando.

3.- Es importante poseer como Administrador de proyecto la habilidad suficiente, con el fin de reaccionar inmediatamente ante cualquier situación anómala o extraordinaria, tomando la decisión adecuada en el momento oportuno.

Principios de Control.-

A).- Del carácter Administrativo del control.- Es necesario distinguir:

'Las operaciones de control que son de carácter técnico, de la 'función' de control que es de carácter administrativo y es la respuesta al principio de la delegación.

B).- De los estándares.- El control es imposible llevar a cabo, si no existen estándares, y es mayor, cuando más precisos y cuantitativos sean éstos.

De acuerdo a lo anterior, se parte de una base preestablecida, ésta puede ser estadística (basada en experiencias previas), de ahí la regla de ir afinando paulatinamente, hasta perfeccionar en lo posible dichos estándares.

C).- Del carácter medial del control.- 'Un control sólo deberá aplicarse, si el esfuerzo o gasto que éste implique, justifique los beneficios que reportará'.[a]

Lo anterior significa que siempre el establecimiento de un control, debe contemplar la cuantificación de los recursos que se gastarán en él, para verificar la conveniencia de su implantación.

D).- Del principio de excepción.- Sólo deberán investigarse aquellos casos en que no se logró lo previsto, más bien que en los resultados que se obtuvieron como se había planeado. De esta manera el control es mucho más eficaz y rápido.

(a) VER REF. BIBLIOGRAFICA (14) CAPIT. VI.

CARACTERISTICAS DEL CONTROL DE PROYECTOS.

Un control del proyecto deberá tener las siguientes características:

1.- Mostrar sus diferentes etapas constituyentes.

2.- Reflejar la estructura de la Organización.

3.- Ser flexibles.

4.- Reflejar oportunamente las desviaciones.

5.- Ser claros para ser utilizados eficaz y rápidamente.

6.- Concretos al ser revisados por el Administrador General.

7.- Conducir a la acción correctiva por sí mismos.

Con los principios y características descritos anteriormente procederemos, a continuación, a proponer un método para control de multiproyectos.

METODO PROPUESTO PARA CONTROL DE MULTIPROYECTOS

El método propuesto en seguida plantea las necesidades y objetivos de un sistema de Planeación y Control, cuya explicación está indicada en un proceso delineado en el modelo esquemático, presentado en la figura 6.2.

OBJETIVOS DEL SISTEMA.

Los objetivos generales del sistema de planeación y control de proyectos (sobre todo el diseño de la Ingeniería de Plantas Industriales), son los siguientes:

1.- Proveer un sistema, tal que tenga un significado eficiente y organizado de medición, colección, verificación y cuantificación de datos que reflejen el avance y estado de las actividades del proyecto, con respecto al programa, costo, recursos y calidad del mismo.

2.- Proporcionar modelos (estándares), con los cuales, se mide o compare el avance y estado del proyecto. Ejemplos de éstos, incluyen, métodos de Ruta Crítica (PERT, CPM, PDM, etc.), control de presupuestos, programas de adquisiciones, especificaciones de control de calidad y planos constructivos.

3.- Contar con un sistema organizado, preciso y eficiente de conversión de datos de las operaciones, dentro de la información. El Sistema debe ser realista y reconocido en: a).- El modo de procesar la información (ésto es manual contra mecanizada); b).- Las habilidades disponibles y c).- El valor de la información comparada con el costo de obtenerla.

4.- Reportar la información correcta y necesaria en forma tal que pueda ser interpretada por el director del proyecto; y a nivel de detalle más apropiado a los demás Gerentes o Supervisores que estarán utilizando esta información.

5.- Introducir esta información a los Directores y Supervisores indicados, ésto es, aquellos en posición de hacer el mejor uso de ella.

6.- La información deberá ser recibida a tiempo, de manera que si es necesaria una acción correctiva, pueda ser tomada de aquellas operaciones que generaron los datos en primer lugar.

Siguiendo bajo los principios de la administración y control por excepción, los siguientes dos objetivos, deberán ser añadidos:

7.- Identificar y separar la información más importante y crítica, para una situación dada.

8.- Dar a la persona correcta la información, tan pronto como sea posible para su consideración, decisión y acción.

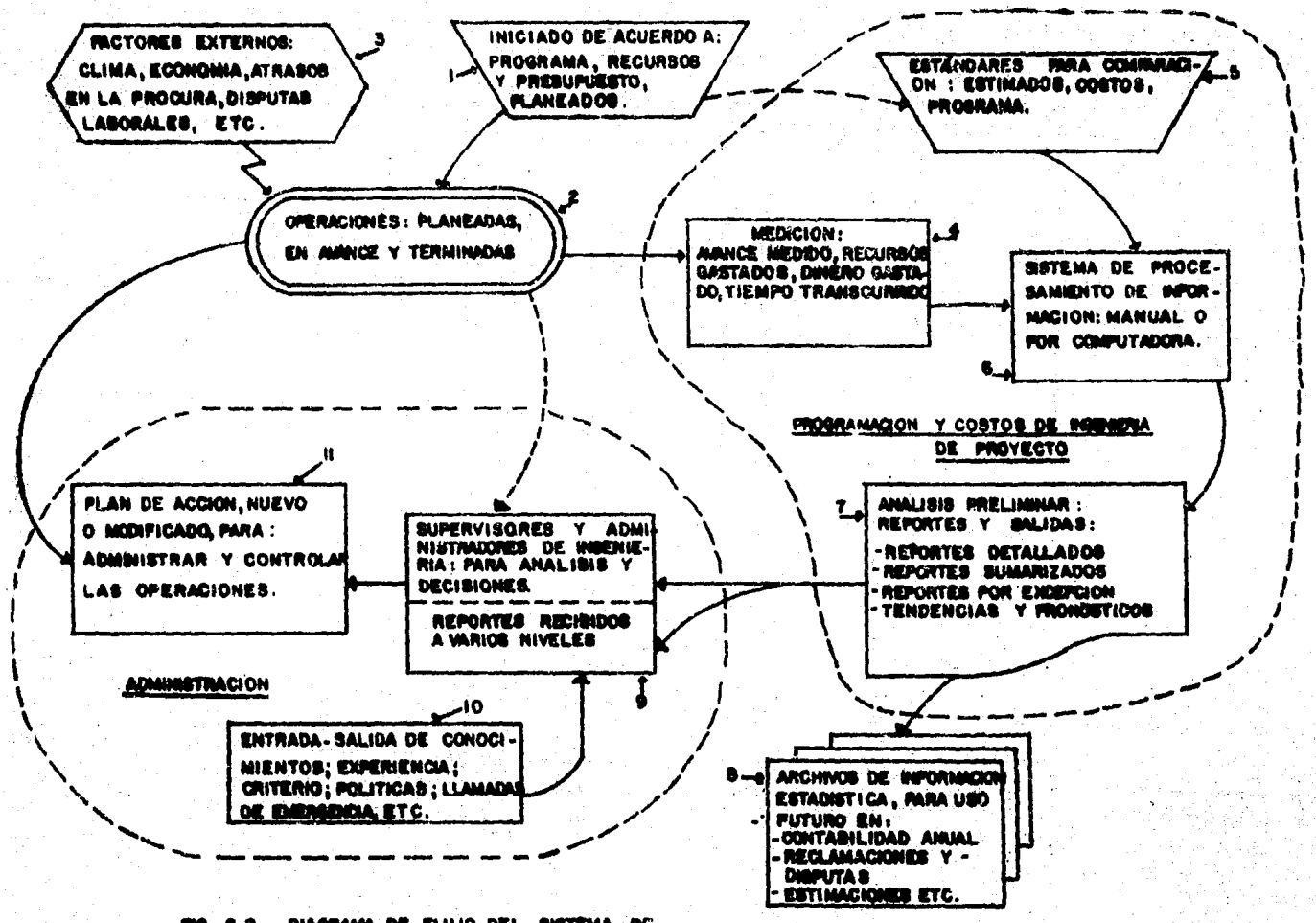


FIG. 6.2.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE MULTIPROYECTOS.

MODELO DE PLANEACION Y CONTROL DE PROYECTOS.

El diagrama de flujo trazado en la figura 6.2, modela, las operaciones, el flujo de información (1, 2, 3, ... hasta 11), y procesos de toma de decisiones, característicos de un sistema apropiado de control-retroalimentación, para un proyecto complejo de Ingeniería. Ha sido diseñado para reflejar en él, los objetivos establecidos en la sección precedente.

Hay que hacer notar que, el diagrama de flujo trazado, aplica igualmente bien en proyectos convencionales de ingeniería y construcción, donde las dos fases están separadas grandemente, un sistema de control de este tipo puede tener gran impacto en los modernos accesos, donde hay una fuerte paralelismo entre todos los aspectos del sistema: 1).- Concepción del proyecto; 2).- Diseño; 3).- Procura; y 4).- Construcción. Este acceso está especialmente latente en los grandes proyectos industriales, tales como refinerías, complejos petroquímicos, etc.

En el modelo propuesto, el proyecto es iniciado de acuerdo a un plan definido (cuadro 1), y las operaciones están en marcha (cuadro 2). Los planes también son modelos de referencia estándares, para propósitos de control (cuadro 5). Como continuas operaciones, los factores externos (cuadro 3), tales como estándares recientemente impuestos, o nuevos materiales disponibles en diseño, malas temporadas, huelgas de trabajo, pueden causar diferencias en dicho plan, o definitivamente mejorarlo. Las operaciones encaminadas generan indicadores o progreso (trabajo en el lugar; tiempo, dinero o recursos gastados) los cuales pueden ser medidos (cuadro 4) y alimentados a un sistema (cuadro 6) que produce infor-

mación para la toma de decisiones. En este sistema de información procesada, la referencia se hace con respecto a los estándares planeados (cuadro 5), tales como programas y costos, para mostrar desviaciones, varianzas y tendencias.- Esta información es analizada y puesta disponible a través de reportes (cuadro 7), la cual puede ser clasificada y archivada para futuras referencias (cuadro 8), o para que los Administradores y Supervisores de Ingeniería, puedan hacer análisis detallados, y así poder tomar decisiones (cuadro 9), o para ambos casos. Ellos comparan y combinan esta información con sus propios conocimientos, experiencia, políticas e información y juicio cantitativa y cualitativamente (cuadro 10), con el fin de producir planes modificados o nuevos para continuar y controlar las operaciones del proyecto (11).

Esto es un sistema de control de retroalimentación. - Opera continuamente a través de la duración de un proyecto. Asociado con ésto, existe un 'tiempo de retroalimentación'. Idealmente, el período de las partes 4, 6 y 7 debe ser lo más corto posible, ya que de esta manera los Administradores y Supervisores de Ingeniería, pueden recibir la información y detalles precisos a tiempo, para tomar decisiones y formular planes de acción y así tener un mayor impacto en el control de estas operaciones, las cuales están generando la información en primer término.

En un proyecto pequeño es posible un 'corto circuito' o 'loop' entre las trayectorias de 2 a 9 y proveer retroalimentación directa. Un planeador que es especialista, en elaborar planes para cierto tipo de proyectos en donde el proce-

so es simple y repetitivo, puede detectar inmediatamente si algo está equivocado y provocar el cambio a continuación.

En un proyecto grande y complejo, como el diseño, erección y operación de una planta petroquímice para producir - Etileno (del orden de 500 000 toneladas anuales), no es posible efectuar la operación anterior (retroalimentación directa). Se necesita de un grupo por proyecto y un sistema organizado para medir, precisar, analizar y reportar la información más importante, para la toma de decisiones. En - este tipo de proyectos de Ingeniería de diseño y construcción, es necesario contar con grandes grupos de Ingenieros de Programación y Costos. Sin embargo, la meta principal - es proveer la retroalimentación para la toma de decisiones en el mínimo tiempo y causar el máximo impacto en operaciones de control. Una mayor necesidad, en planeación y control de proyectos es significativamente conveniente, el mejorar y acelerar las operaciones representadas en los cuadros 4, 5, 6 y 7 de la fig. 6.2, para así ayudar a resolver estas dificultades y mejorar la calidad de información disponible; para aplicar acciones correctivas o decisiones pertinentes. En proyectos grandes, algunas improvisaciones -- son hechas a través de la utilización de aplicaciones computacionales.

APLICACION DE LA ACCION CORRECTIVA.

Cuando un reporte de control indica que 'algo' está 'equivocado', con una operación, ésto es, sus medidas son significativamente desviadas del plan, la dirección del proyecto deberá investigar primero, para encontrar y entender las razones detrás de los síntomas reportados. Asumiendo que el fondo del problema ha sido identificado, un curso alternativo de acción y a menudo el mejor, es esencialmente, no hacer nada excepto hasta la fecha del reporte para reflejar la realidad en el trabajo. De acuerdo con la dinámica de las operaciones en el proyecto, la situación que existe actualmente, es mejor en algunas formas que aquellas que fueron planeadas. De un día de avance, el equipo de proyecto tiene más información que la que se poseía originalmente. El punto fundamental aquí, es que no se debe tomar meramente la acción correctiva, para la seguridad de hacer un trabajo conforme a los planes originales. Esto es, presupuestos, programas y modelos tratados como estándares, son herramientas para ser usadas por la Administración. Esta debe usar su sistema de control como una guía, pero necesita flexibilidad y debe estar preparada para tomar ventaja; y adeptarse a condiciones nuevas que ellos originen.

DOCUMENTOS DE CONTROL DE PROYECTOS

SISTEMAS DE CONTROL PRINCIPALES

La Administración de Proyectos, contempla tres sistemas de control principales:

1.- Control Técnico.

2.- Control de Tiempo.

3.- Control de Costo.

DOCUMENTOS PRINCIPALES UTILIZADOS PARA CONTROL DE PROYECTOS.

1.- Control Técnico.-

Generalmente la responsabilidad de efectuar dicho control recae sobre el jefe de proyecto. Las actividades más comúnes desarrolladas en este control son las siguientes:

- Revisión de Documentos derivados de la adquisición de equipo y materiales del proyecto como: Requisiciones, Tabulaciones, Documentos de compra, Revisión de dibujos del fabricante.
  Todas éstas actividades son realizadas por el especialista designado para tal fin.

- Revisión de Documentos derivados del diseño de la Ingeniería del proyecto: Diagramas de Proceso, Planos de Tuberías, Isométricos de Tubería, Planos Civiles, Planos Eléctricos, Planos del diseño mecánico de equipo mayor de proceso.

2.- Control de tiempo.-

El control de tiempo sobre las actividades a desarro-

llar en un proyecto, es un factor esencial y cada firma de Ingeniería cuenta con una serie de documentos para efectuar dicho control; pudiendo ser las siguientes:

- Programas del proyecto.
  Visto este punto, en el capítulo 3 (Tipos de programas de actividades de Proy. de Plantas Industriales) así como los listados de computadora, en el control de avance del proyecto: (Capítulo 5), de este documento principal de control, se derivan muchos otros controles de tiempo como:

a).- Curva de avance de la Ingeniería del Proyecto.-- No es más que el consumo de recursos por unidad de -- tiempo, transformado a porcentaje acumulativo en función del tiempo trans urrrido. Este documento se vió al analizar los reportes que emite el procesador de - análisis de Costos del paquete de computadora descrito en el capítulo 5 (fig. 5.4A).

b).- Control de actividades a realizar en el mes próximo.

c).- Control de actividades críticas del proyecto.

Estos dos puntos b) y c) fueron tratados también en - el capítulo 5 (reportes del control de avance del proyecto).

d).- Gráfica de la red mecanizada del proyecto.-

Derivada del programa del proyecto y se muestra en la parte X.- Anexo, de este trabajo. (fig. 1).

e).- Programa condensado de avance.-

Es un documento de control de tiempo muy importante,-

ya que por medio de él se visualiza un panorama general del estado del proyecto; Describe las especialidades que participan en el proyecto, el porcentaje que representa cada una de ellas con respecto al total del proyecto, la cifra del porcentaje de avance programado, avance real y consumo de Horas-Hombre, hasta la fecha de actualización del proyecto. Todo éste para cada una de las especialidades así como el global del proyecto.

f).- Red condensada del Proyecto.-

Es un resumen de las partidas más importantes para la realización del proyecto. Objetivamente por medio de ellas, se observa el grado de avance del proyecto. Se suele dividir en tres partes: Ingeniería Básica, de Detalle y Procura de Equipo y Materiales. Trae indicadores de las fechas clave del proyecto, como referencia importante para entrega de información en las etapas críticas (clave) del desarrollo del proyecto. Se muestra también en el ANEXO, (parte X), fig.- 2.

g).- Histogramas de Consumo de H-H.-

Está presentado en la parte de los listados del Análisis y Asignación de recursos del capítulo 5 de este trabajo.

h).- Fechas clave del proyecto.-

Son las fechas que definen eventos críticos dentro de un proyecto; su objetivo primordial es establecer un criterio general para la definición de los eventos relevantes dentro del proyecto a realizar y de este manera, se tengan elementos de juicio para una mejor toma de decisiones en el cumplimiento de los programas.

Las fechas clave se obtienen de acuerdo a las actividades señaladas en un programa de proyecto. Los eventos sobresalientes que fijan las fechas clave de los proyectos, son los siguientes:

1).- Bases de Diseño para inicio de Ing. Básica o de Detalle.
2).- Recepción del estudio de Mecánica de Suelos.
3).- Información para inicio de Construcción.
4).- Terminación de la Ing. Básica o de Detalle del proyecto.
5).- Recepción de equipo y materiales críticos en campo.
6).- Final de construcción.

- Registro de dibujos del proyecto.-

Es una herramienta útil, al momento de actualizar el programa general del proyecto. Dicho registro se muestra en el anexo (parte X) en la fig. 3.

Es conveniente actualizar este control mensualmente a fin de conocer el estado en que se encuentran los dibujos y planos. Cada especialidad llena este documento; y es responsabilidad del jefe de proyecto, la actualización periódica de dicho documento.

- Registro de cambios en el proyecto.-

Este documento sirve al especialista y al administrador para tener pleno conocimiento de los cambios que sufre el proyecto (ver fig. 4, anexo), así como sus consecuencias en el programa y como afectan al costo del proyecto.

- Control de Horas-Hombre del proyecto.-

Este documento sirve para que el Administrador, tome en consideración las horas-hombre que consumirá cada especilidad. El Ingeniero de Programación actualiza con ayuda de una computadora y el reporte quincenal de tiempo del personal, un archivo que contiene número de dibujos o de actividades, así como el total de horas-hombre consumidas hasta el mes anterior, adicionando para aquellos números, las H-H que se consumieron en la quincena.

Cuando hay una reprogramación, probablemente cambien o se reprogramen algunas actividades, para lo cual se registra en este documento, los cambios correspondientes. Este documento se ilustra en la fig. 5 del Anexo.

- Gráficas de Horas-Hombre.-

El objetivo de construir este tipo de gráfica, es el de mostrar la cantidad de recursos programados y consumidos mensualmente. Esta gráfica se elabora en función de los avances programados que han de aportar cada una de las especialidades y de las horas-hombre programadas por número de dibujo o actividad; este documento se muestra en la fig. 6 del Anexo.

Al tener el consumo real de H-H, se registran dichos consumos en la gráfica y se compara contra lo que se tenía programado. La finalidad es el tomar medidas correctivas que ayuden al mejor uso de los recursos en el proyecto, así como el análisis estadístico, con objeto de que las estimaciones futuras sean más confiables y así el estimado de H-H sea cada vez más real.

- Control de Adquisiciones.-

Este documento sirve para el el Administrador del Proyecto vigile y controle los trámites del equipo y material- y que se realicen en fechas programadas. Se muestra en la- fig. 7 del Anexo.

3.- Control de Costo.-

El control de costo de un proyecto de diseño de la Ingeniería se divide en dos secciones, las cuales tienen como base el estimado de costo correspondiente.

- Control de costo de equipo y materiales.-

Debe ser elaborado de acuerdo a las codificaciones establecidas en el catálogo de cuentas, así como la lista de- equipo, permitiendo asentar los datos del estimado original y de los correspondientes valores del costo real, una columna donde se anoten los 'cambios', como son: diseño de equipo, capacidad, especificaciones de material de construcción, etc.

Al final permite estimar las desviaciones que los costos estimados tienen con respecto a los reales, que es conveniente indicarse por cuenta y total, con porcentaje de aproximación o desviación según el signo considerado; ésto permite un estimado mejor para proyectos futuros.

- Control de Costos de Ingeniería.-

Básicamente el objeto de llevar a cabo un control de- costos de ingeniería es el de contar con la información de- las horas-hombre consumidas, así como de las horas-hombre - de que se disponen para terminar el proyecto. Todo ésto -- acompañado del costo acumulado real a la fecha de corte de-

la mano de obra directa.

Y el costo de los indirectos son amparados por el control; y la aplicación de un factor mensual de facturación para el proyecto global.

IX.- CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

Es a través del ejercicio profesibnal, aunado a la -- realización de este proyecto de tesis, como se ha logrado - establecer las siguientes conclusiones:

1.- Reconocer la importancia que tiene la Planeación, Programación y Control de Proyectos en la realización ade - cuada de los proyectos encomendados.

2.- El conocimiento de la Ingeniería de proyecto como parte fundamental para determinar un buen plan del proyecto, así como las estimaciones del mismo, de tiempo, recursos y- costos a consumir, constituyen la cuantificación global del proyecto.

3.- Una vez que se toman en cuenta las restricciones- de recursos,muy frecuentemente se establece una nueva ruta- crítica; ésto es, debe hacerse una distinción entre los planes y los programas que son técnicamente factibles y los -- planes y los programas que son prácticos desde otro punto - de vista (por ejemplo: la acumulación rápida de capital).

4.- El Programa de Proyecto se logra por medio de la- utilización de la técnica propuesta, que utiliza el método- de la ruta crítica, así como de la Asignación de los recursos hasta el límite de disponibilidad. Y como documento -- principal de control, dicta los lineamientos a seguir en un principio (considerando el tiempo, los recursos y el costo- del proyecto), y posteriormente ejerce el control adecuado, aplicando medidas correctivas por medio de reportes detallados generados a través de él; sobre las actividades que constituyen el proyecto, de tal forma que éste se realice en el tiempo óptimo, con el costo y riesgo mínimos así como una - alta calidad dentro de las posibilidades existentes.

5.- Se ha logrado establecer una metodología que está basada en la experiencia obtenida en el campo profesional,- de tal forma que se ha propuesto un método para ejercer la- planeación y programación.

6.- Se han propuesto métodos para programación y control de multiproyectos orientados hacia la utilización de - un sistema mecanizado, lo que justifica el empleo de la computadora, desde el punto de vista necesidades; por la cantidad de proyectos y el consecuente manejo de la información- para suministrar los reportes procesados,con la oportunidad y eficiencia requeridas. De ninguna manera olvidemos en - tonces que,la máquina es una herramienta hecha por el hombre para agilizar la obtención de resultados; pero el problema- de la Administración de Proyectos depende substancialmente- de las virtudes del ser humano para el éxito de los mismos.

7.- El control de los proyectos de plantas industriales durante la fase diseño de ingeniería, se ve afectado por la organización del proyecto específico y más aún de la compañía, ya que la organización del proyecto está íntimamente relacionada con el tipo de contrato establecido por el cliente y la firma de Ingeniería, por lo que los controles a seguir estarán en función del tipo de organización seleccionado.

8.- Finalmente ya que la Ingeniería Química como profesión, tiene como finalidad la satisfacción de necesidades humanas, el campo de acción que tiene en la Ingeniería de - Proyecto es muy amplio, por lo que confiamos en que este -- texto sirva como guía para orientarlos de una manera global- en esta área tan interesante y versátil, para su desarrollo y realización profesional.

X.- ANEXOS.

ANEXO 1.- GRAFICA DE LA RED MECANIZADA DEL PROYECTO.

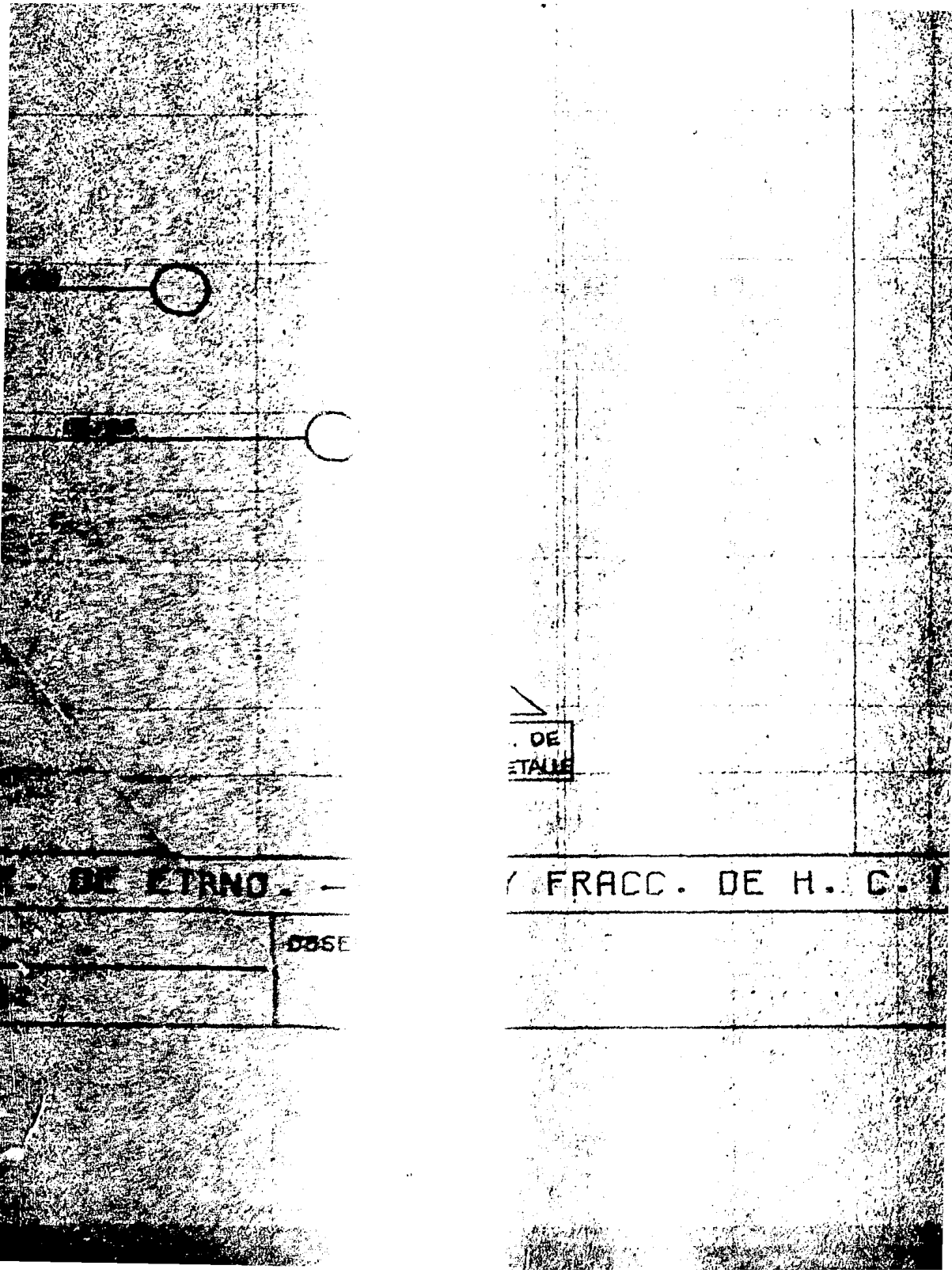
ANEXO 2.- RED CONDENSADA DEL PROYECTO.

D.E.A.

ION

ON AL

CC. DE H. C. II


DE
ETALLE
DE ETRNO.
FRACC. DE H. C.
DOSE

ANEXO 3.- REGISTRO DE DIBUJOS DEL PROYECTO

REGISTRO DE DIBUJOS

DIBUJO No.	TITULO DEL DIBUJO	INICIACION DIBUJO		EMITIDO PARA				FECHA DE EMISION DE LA REVISION						AVANCE %
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	1	2	3	4	5	[illegible]

CLIENTE ______________________ CONTRATO ______________

PLANTA ______________________ DEPTO. ______________

LOCALIZACION ______________________

REVISION DEL PROGRAMA No.

HOJA DE

ESTADO HASTA

ANEXO 4.- REGISTROS DE CAMBIOS EN EL PROYECTO.

DEPTO:

REGISTRO DE CAMBIOS Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PROYECTO

CONTRATO Nº

ORIGEN	DESCRIPCION DEL CAMBIO :	CAUSA(S)	Dibujos y/o Actividades Modificadas	CONSECUENCIA			APROBACION
				H-H ADICIONALES	Retrasos en Programa	COSTO	
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)
							(1)
							(2)

ANEXO 5.- CONTROL DE HORAS-HOMBRE DEL PROYECTO.

HOJA ______ DE ______

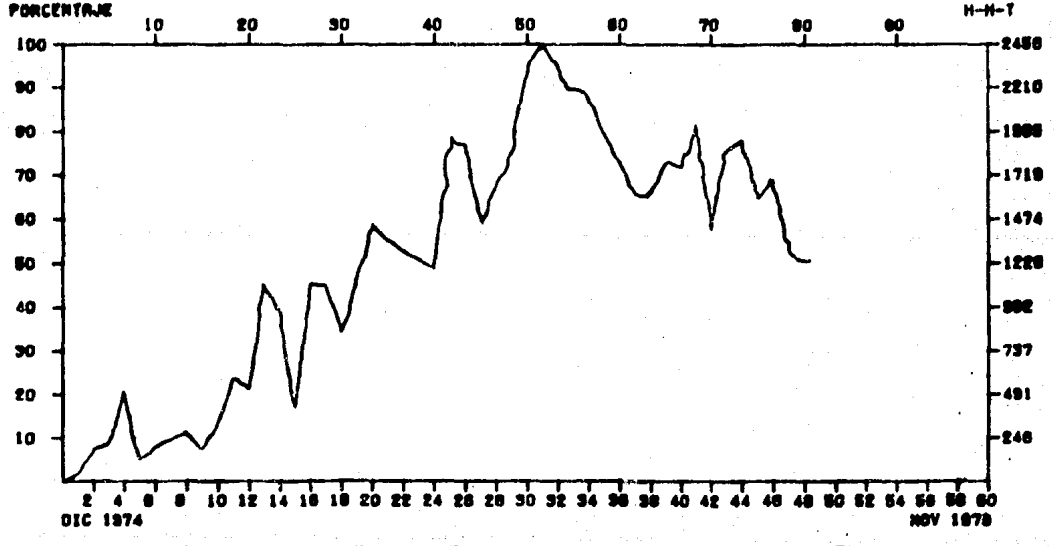
ESTIMADO DE HORAS HOMBRE Y REPROGRAMACIONES

DIBUJO O ACTIVIDAD		HORAS HOMBRE													OBSERVACIONES	[illegible]	[illegible]
ORIGINAL	ACTUAL	[illegible]	REPROGRAMADAS														
FIRMA JEFE DE PTO.															DEPARTAMENTO DE ______		
FECHA															CONTRATO		
FIRMA JEFE DE PROYECTO															______		

ANEXO 6.- GRAFICAS DE HORAS-HOMBRE.

CONSUMO TOTAL DE HORAS HOMBRE

CONTRATO 1111



HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIOS CADEREYTA,N.L.

ANEXO 7.- CONTROL DE EQUIPO Y MATERIALES.

PROYECTO Nº ______________ HECHO POR ______

DESCRIPCION ______________ APROBADO POR ______

LOCALIZACION ______________ HOJA ___ DE ______

CONTROL DE EQUIPO Y MATERIALES

REV	FECHA	REV	FECHA

GRUPO Nº	DESCRIPCION	REQ Nº		INF DE ING	ENV A COT	COT REC	TAB Nº	ENV. A CTE	APR CTE.	PROVEEDOR	ENVIO C.I. ó TELEX	OC ó RM Nº	ENVIO O C ó R.M	DIB PARA REV	APR. DIB.	RECEP DIB CERT.	FECHA EMBARQUE	ENTREGA EN OBRA	OBSERVACIONES
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																
			P																
			R																

XI.- BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA

1.- Boyd C. Paulos Jr.; Concepts of Proyect Planning and Control. Journal of the Construction Division. Stanford, Calif. Editor of Technical Publication, ASCE. 1976.

2.- Castro S. H. ; Análisis de un sistema de Información para la determinación del Costo de un Proyecto en Ingeniería. México. Tesis profesional. Fac. Ing.- UNAM. 1977.

3.- Gómez G H., Díaz C.G. ; Sistema de Planeación y Control de Proyectos de Ingeniería para la Industria del Petróleo. México. Tesis profesional. UPIICSA, IPN. 1981.

4.- IMP : Curso de Ingeniería de Proyecto en Administración de Proyectos. México Instituto Mexicano del Petróleo. 1981.

5.- IMP : Curso de Ingeniería de Proyecto en Ingeniería Económica. México. Instituto Mexicano del Petróleo. 1981.

6.- Martino R.L. ; Administración y Control de Proyectos. Tomo I.- Determinación de la Ruta Crítica. 1a. Ed. 4a. Reimp. México. Ed. Técnica S.A. 1974.

7.- Martino R.L. ; Administración y Control de Proyectos. Tomo II.- Planeación de Operaciones Aplicada. 1a. Ed. 1a. Reimp. México. Ed. Técnica S.A. 1967.

8.- Martino R.L. ; Administración y Control de Proyectos. Tomo III.- Asignación y Programación de Recursos. 1a. Ed. 3a. Reimp. México. Ed. Técnica S.A. -- 1975.

9.- Molina L.F. ; La Administración de Proyectos para Plantas Petroquímicas y de Refinación. México, Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Regional de-Morelia. 1980.

10.- Reyes P.A. ; Administración de Empresas 1a. Parte. 1a. Ed. 30a. Reimp. México. Ed. Limusa. 1983.

11.- Reyes P.A. ; Administración de Empresas 2a. Parte. 1a. Ed. 20a. Reimp. México.Ed. Limusa. 1982.

12.- Rodríguez C.M. ; Aplicaciones en Ingeniería de Métodos Modernos de Planeación, Programación y Control de Procesos Productivos. 1a. Ed. 6a. Reimp. México,- Ed. Limusa. 1982.

13.- Sperry Univac ; OPTIMA 1100 Project Management System. Programmer Reference. U.S.A., Sperry Rand Corporation, 1978.

14.- Uriegas C.T. ; Decisiones Económicas en la Ingeniería. 1a. Ed. Mexico, Facultad - de Ingeniería, UNAM. 1977.

15.- Wiest J.D., Levy F.K.; A Management Guide To Pert/CPM with GERT/PDM/DCPM and other networks. 2a. Ed. New York. U.S.A. Ed. Prentice Hall. 1977.

16. YU-Chuen-Tao L. ; Aplicaciones prácticas de Pert-y CPM, 5a. Ed. Bilbao, España.- Ed. Gestion-Deusto. 1974.