

00561  
I  
14



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

1300 1799

24510

**ADMINISTRACION Y CONTROL DE PROYECTOS DE  
\*0 PLANTAS DE PROCESO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN ADMINISTRACION INDUSTRIAL**

**P r e s e n t a :**

**JESUS ARTURO BUTRON SILVA**

México, D. F.

Septiembre 1981

AREA INDUSTRIAS - ORGANIZACION, CONTROL, ETC.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I	1
INTRODUCCION.	
CAPITULO II	7
ADMINISTRACION, ORGANIZACION Y GERENCIA.	
Principios Básicos.	
Relaciones de la Administración con la Economía, Definición de Administración. Organización y Gerencia.	
Divisiones de una Empresa.	
Autoridades Superiores, División Financiera, División Comercial, División Producción. Departamento de Investigación y Desarrollo e Ingeniería -Construcción.	
CAPITULO III	14
ELEMENTOS DEL SISTEMA.	
Naturaleza de los proyectos de Ingeniería/Construcción.	
Etapas de un proyecto de Ingeniería/Construcción.	
Investigación y desarrollo. Definición del proyecto. Decisión económica. Ingeniería detallada. Compras. Construcción. Operación inicial y arranque.	
Cualidades que se deben medir y controlar.	
Costo, Tiempo, Rentabilidad,	

## CAPITULO IV

## CICLO DE CONTROL DE COSTOS.

## Generalidades.

Estimaciones para estudios económicos.  
Estimaciones para comparación de procesos.  
Estimación final de control.  
Revisiones de la Apropiación.  
Apropiación aprobada.  
Reestimaciones de costos.  
Informes del control de costos.  
Informe final de costos.  
Archivos de los activos del proyecto.  
Datos de costos para estimaciones futuras.

## Catálogo de Cuentas del Proyecto.

Un lenguaje común para el proyecto.  
Consideraciones para estudios comparativos.  
Estimaciones.  
Estimaciones basadas en relaciones de equipo.  
Costos estándar,  
Costos por mano de obra.

## Estimaciones Definitivas.

Ajustes por la plaza, precios y salarios.  
Ajustes por tipo de edificios, sistemas de distribución y otras necesidades debidas al lugar de la construcción.  
Ajustes por las condiciones locales de precios de equipos y materiales.  
Ajustes por fletes, impuestos de importación y relación de cambio de monedas extranjeras.  
Salarios base por zona.

## Productividad.

Administración y supervisión de campo.  
Fuerza de trabajo en el campo.  
Condiciones físicas de trabajo.  
Programación y coordinación.  
Coordinación técnica.  
Otros factores que alteran la productividad.  
Uso de la hoja de condiciones de trabajo.

## Costos Indirectos.

Costo de la ingeniería.  
Costo aproximado de la ingeniería.

Conceptos considerados en el costo de la ingeniería.  
 Estimado definitivo de la ingeniería.  
 Costos indirectos de la ingeniería (overhead).  
 Influencia de las condiciones del proyecto en el tiempo-  
 para completa el diseño.  
 Gastos de Procuración.  
 Gastos de Campo.

#### Exactitud y Contingencias.

Errores y omisiones.  
 Imperfecciones en los métodos de estimación.  
 Accidentes durante la construcción.  
 Condiciones económicas y políticas.  
 Efectividad en el desarrollo del proyecto.  
 Desviaciones debidas a cambios en el alcance.  
 Base para la estimación de las contingencias.  
 Cálculo de las contingencias.  
 Reserva restringida.  
 Uso de la reserva restringida.  
 Contingencias para cotización.

#### Un Proyecto Típico.

Examen y planeación preliminares.  
 Inspección de campo.  
 Examen de los datos del proyecto.  
 Productos y subproductos.  
 División funcional.  
 Proceso.  
 Capacidad.  
 Localización.  
 Bases de estimación.  
 Tipos de estimación.  
 Definición de la calificación.  
 Partidas no listadas.  
 Índice de costos.  
 Productividad y eficiencia de la mano de obra,  
 Salario efectivo,  
 Preparación del terreno.  
 Equipo mayor,  
 Costo de diseño.  
 Reserva restringida,  
 Revisión.

## CAPITULO V

### CICLO DE CONTROL DE TIEMPO.

Planeación y Control de avances.

Establecimiento de la cadencia del proyecto.

Cadencia normal,  
 Cadencia moderada,  
 Cadencia acelerada.

Programas de Diseño.

Técnicas de Programación.

Gráfica de barras o de Gantt.  
 Método del camino crítico (CPM).  
 Método de Programación PERT.  
 Selección de la técnica de programación.  
 Programa preliminar de ingeniería y construcción.  
 Programa para la definición del proyecto.  
 Programa de ingeniería/construcción.  
 Programa de diseño.  
 Programa de inspección previo al arranque.  
 Comparación entre los métodos CPM y PERT.

## CAPITULO VI

114

CICLO DE CONTROL DE LA RENTABILIDAD.

Análisis Preliminar de la Rentabilidad,

Análisis preliminar,  
 Análisis comparativo de la rentabilidad.  
 Análisis definido de la rentabilidad.  
 Análisis de la rentabilidad para la solicitud de apro,  
 Revisiones a la apropiación.  
 Análisis de la rentabilidad a la fecha.  
 Informes de avance del proyecto.  
 Informe de producción inicial.  
 Obtención de datos para análisis futuros,

Predicción de la Rentabilidad.

Estimación del Ingreso.

Información sobre el cliente.  
 Información de la competencia.  
 Entorno político-económico.  
 Información publicada.  
 Cuestionarios.  
 Fuentes de información interna.  
 Síntesis de la información.

Estimación de los Costos de Operación.

Costos de operación.  
 Costos incrementales.  
 Grado de investigación.  
 Uso de computadoras.

Efectos del nivel de operación.  
Costos de materia prima y energéticos.  
Costos de servicios auxiliares.  
Mano de obra de operación.  
Mano de obra de mantenimiento.  
Supervisión.  
Costos indirectos de la nómina.  
Materiales de operación.  
Materiales para reparación y mantenimiento.  
Costos de laboratorio.  
Regalías.  
Contingencias.  
Gastos generales de la planta.  
Depreciación.  
Agotamiento de yacimientos.  
Amortización.  
Carga, empaque y embarque.  
Gastos administrativos, ventas y generales.

Estimación de la inversión total.

Inversión en capital directo.  
Servicios.  
Instalaciones generales.  
Transferencia de bienes existentes.  
Costos de operación del proyecto.  
Retiros forzosos.  
Créditos e incentivos fiscales.  
Capital de trabajo.  
Cuentas por cobrar.  
Cuentas por pagar.  
Activos.  
Otras partidas.  
Reserva de inversión.  
Recapitulación.

Riesgo.

Medición del riesgo,  
Riesgo y rentabilidad desde el punto de vista de accionista.  
Efecto de los arreglos financieros sobre la rentabilidad.  
Otras consideraciones sobre la rentabilidad.

Valores dinámicos de la rentabilidad.

Sensibilidad de la rentabilidad a los cambios en los costos y precios de venta.  
Sensibilidad de la rentabilidad a los cambios en el volumen de ventas.  
Sensibilidad de la rentabilidad respecto a los cambios en la inversión.  
Análisis detallado de sensibilidad.  
Variaciones en el capital de trabajo.

Variaciones en el volumen de ventas.  
Variaciones en otros parámetros.

CAPITULO VII

166

RESUMEN Y CONCLUSIONES.

CAPITULO VIII

169

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La profunda transformación que el país ha experimentado en los últimos años ha obligado a la realización de proyectos de ingeniería y construcción cada vez más grandes y complejos cuya adecuada administración y control son de gran importancia debido, entre otras razones, a las grandes sumas de dinero involucradas. En análisis económicos, el dinero es una medida conveniente de los recursos de una compañía, sin embargo, tiene la desventaja de que su valor no permanece constante a través del tiempo. En primer lugar su poder de compra tiende a disminuir, debido a la inflación y en segundo lugar el dinero es capaz de obtener un interés, el resultado es que una suma de dinero recibida hoy tiene un valor mayor que si se paga a un año de distancia.

Como se comprende, los sistemas y procedimientos de control para este tipo de proyectos son, por su misma naturaleza, bastante complicados. Con el tiempo se han desarrollado técnicas de administración y control muy sofisticados y poderosos, sin embargo, su aplicación se ha hecho por separado, sin tomar en cuenta las estrechas interrelaciones que existen entre las diferentes fases del proyecto, careciéndose de un sistema global que las interconecte. El objetivo de la tesis es integrar estas técnicas en un sistema dinámico total que incluya, prácticamente, a toda la organización, es decir, la alta gerencia, finanzas, mercadeo, producción, investigación y desarrollo, ingeniería/construcción y mantenimiento. Por esta razón, se ha creído conveniente presentar una idea de conjunto de la organización de una compañía industrial y destacar el lugar que ocupan los diferentes departamentos (Cap. II). Con el objeto de ligar actividades de todos los departamentos que representan puntos de vista muy diferentes y a veces en conflicto, se ha desarrollado una matriz de Control (Cap. III) constituida por las herramientas de que hecha mano el Gerente de Proyecto para guiar firmemente el desarrollo del trabajo, es decir de los métodos para:

- Control de Costos
- Control de Tiempo
- Control de Rentabilidad

ligándolos por medio de:

- Normas
- Sistemas y procedimientos.

y desarrollados por una:

- Organización creada específicamente para el proyecto.

El uso de la Matriz de Control, presupone el empleo de los controles de costos, tiempo y rentabilidad en cada una de las fases que componen un proyecto. De acuerdo con este sistema, la rentabilidad que el proyecto es capaz de generar, se verá reducida si se incrementa, por cualquier causa, el costo de las instalaciones. Del mismo modo, si el proyecto se ejecuta con menor velocidad de la programada, la fecha de arranque se difiere aumentándose el período no productivo del proyecto, con lo que también se disminuye la rentabilidad, debido a una entrada tardía al mercado y principalmente a las cargas financieras que en la actualidad son muy pesadas por el proceso inflacionario que se sufre. Aunque se reconoce que en tiempos de inflación es difícil desarrollar estudios económicos, es muy importante predecir o al menos tratar de predecir la tasa de inflación y hacer una provisión adecuada en los estudios. En situaciones como estas para lograr una rentabilidad aunque sea modesta en un número razonable de años, es esencial seleccionar proyectos que tengan períodos cortos de recuperación,

En el cuerpo de la tesis se detalla la profundidad y grado de exactitud de los métodos cuantitativos, que dependerán del tipo de proyecto, su tamaño y fase de desarrollo en que se encuentra. Con estos elementos fue que se construyó la Matriz de Control y en cada una de sus casillas se desarrolla un método que permita medir, en forma satisfactoria, cada una de las cualidades en esa etapa particular y compararla con su valor estimado al inicio del proyecto. Cuando se presenta una desviación, la metodología propuesta permite ejercer una acción correctiva.

Debido a la gran importancia que tienen para el desarrollo de un proyecto, se ha creído conveniente extenderse en los métodos para la estimación de los costos, ya que estos son la base para un correcto análisis de rentabilidad. En el Cap. IV se describen los métodos y procedimientos más adecuados a las distintas fases del proyecto, partiendo del catálogo de cuentas que es el documento clave para el control de los costos en particular y del proyecto en general.

Debido a que existe una literatura copiosa en cuanto a los métodos de planeación y cálculo, para los controles del tiempo y avances, no ha sido necesario extenderse demasiado en esta dirección y en el Cap. V se hacen comentarios solamente de las ventajas, desventajas y aplicación de los métodos que tradicionalmente se emplean en este tipo de trabajos. Lo mismo puede decirse del control de la rentabilidad que se desarrolla en el Cap. VI.

Una de las finalidades básicas de la tesis es la de proporcionar la mayor cantidad posible de información de índole práctica, obtenida de proyectos realizados en México, con personal que ha laborado en firmas de ingeniería nacionales y que representan, por lo tanto la realidad en que se mueven los proyectos en nuestro país. Se pretende que esta información sea de utilidad a los técnicos que trabajan en nuestro medio y no dispongan de datos estadísticos en que basar sus estimaciones,

Uno de los "subproductos" más importantes de un proyecto de ingeniería-construcción, es la información sobre tiempos de entrega, costos, fletes, etc., se va obteniendo durante el transcurso del trabajo. Esta información forma la base de las estimaciones para proyectos futuros y por lo tanto no es posible soslayar su importancia. Es experiencia del autor que, por lo general, toda esta información tan valiosa se desperdicia al no existir un procedimiento formal para su captación y clasificación, aunados a la falta de conciencia y preparación del personal que las maneja. Lo anterior es de particular importancia en un país como el nuestro en que no existen aún fuentes estadísticas confiables y adecuada a este tipo de trabajo tan especializado. Si además se tienen en cuenta la situación inflacionaria actual y el notable incremento en la actividad del sector construcción, se puede establecer el valor considerable de un archivo de costos bien organizado y puesto al día. Por esta razón en la tesis se describen los métodos y procedimientos que ayuden al manejo y conservación de toda la información relevante generada en el proyecto.

En la actual coyuntura económica mundial, que se ve azotada por un fuerte proceso inflacionario, sufrido también por las economías más fuertes, el empleo de herramientas más sofisticadas y poderosas para el desarrollo y control de los proyectos de inversión, son una necesidad imperiosa si es que se desea conservar y acrecentar el patrimonio de las empresas. Con vista en lo anterior es que se ha preparado el trabajo presente, fruto de la experiencia del autor en el desarrollo de más de treinta proyectos. Como es de esperarse en un trabajo de esta naturaleza, no se pretende originalidad en la descripción de los métodos y procedimientos, sino más bien en la organización y enfoque global entre todas las fases de un proyecto.

Aún cuando en el cuerpo de la tesis no se menciona la Ley de Transferencia de Tecnología, por la importancia que representa para el país, se ha creído conveniente hacer algunos comentarios, sobre los puntos de más interés,

En consideración a la experiencia obtenida en la compra de tecnología, se estableciera una serie de políticas para regular el mecanismo de su adquisición. Estas políticas se presentaron de acuerdo con los procedimientos y filosofía que regulan la inversión extranjera directa, ya que una gran parte de la tecnología contratada se hace a través de compañías de propiedad extranjera; Por lo que las políticas no se pueden analizar adecuadamente, sin una comprensión de las leyes que regulan las inversiones foráneas. La participación nacional progresiva en la propiedad de subsidiarios extranjeros que operan en México, permitirá a los inversionistas nacionales, participar cada vez mas en el uso de la tecnología.

Igualmente las políticas a las inversiones extranjeras y su contribución tecnológica en el país, se pueden comprender, sólo si se les coloca dentro de la política económica nacional. Esto a su vez, resulta en la formulación de nuevas políticas relacionadas -

con intercambios con el resto del mundo.

Así pues el análisis se circunscribe a los siguientes puntos:

- a) Estructura institucional para la importación de tecnología.
  - b) Manejo de la comercialización de tecnología.
  - c) Programas y políticas complementarios.
- a) Estructura institucional para la importación de tecnología.

Se refiere a la creación de agencias gubernamentales competentes y legislación, que regularán y ejecutarán todas las políticas de inversiones extranjeras. Las antiguas leyes que estaban rígidas principalmente hacia los efectos de la balanza de pagos, se amplían para incorporar consideraciones relativas a la comercialización de la tecnología e inversión extranjera. En el caso mexicano, esta nueva Ley de Invencciones y Marcas entró en vigor el 11 de Febrero de 1976 y que junto con el Registro de la Transferencia de Tecnología y el uso de Explotación de Patentes y Marcas, promulgada a su vez el 30 de Diciembre de 1972 y la nueva Ley de Invencciones y Marcas, están autorizadas a evaluar y autorizar todos los contratos de comercialización de tecnología y los relacionados con las licencias y privilegios de propiedad industrial (patentes, marcas y diseños industriales). Así pues el Gobierno podrá reforzar y complementar el poder de negociación de las firmas de propiedad nacional a través de los medios de aprobación del acceso de la tecnología extranjera en el mercado local. En la misma forma el gobierno representará los intereses nacionales en las negociaciones que se refieren a contratos de tecnología entre los subsidiarios de propiedad extranjera y sus matrices.

En el proceso de las negociaciones, la tecnología importada se dividirá en sus elementos v.gr. ingeniería básica, ingeniería detallada, asistencia técnica, etc. de tal forma que haga posible y facilite la evaluación por separado de cada uno de ellos.

#### b) Manejo de la Comercialización de Tecnología,

La importación de productos intermedios y bienes de capital en la comercialización de tecnología e inversiones directas extranjeras, se identificarán como elementos clave dentro de los programas de industrialización actuales. Como es lógico, se debe establecer un sistema de información y control que procurará establecer los precios de tales importaciones a niveles aceptables, lo más cerca posible a los precios internacionales. Al hacer ésto, las estructuras monopolíticas resultantes de la venta conjunta de productos atados a la tecnología y/o a las importaciones de capital, quedarán reguladas. En cuanto a las firmas nacionales, estas leyes aplicadas a productos normalizados de importación, tendrá importante efecto de negociación por medio de la exclusión de los

precios de los términos a negociar.

Para los productos altamente diferenciados que no se coticen en otros mercados, la progresiva participación nacional en compañías extranjeras, podría alcanzar resultados similares por vía de un proceso de regateo con los asociados extranjeros. La importación de tecnología es desde luego, compensada mediante el pago de regalías de las firmas de propiedad nacional a sus licenciados extranjeros. Para los subsidiarios extranjeros la compensación será por medio de un aumento de sus utilidades. Se prohíbe expresamente la capitalización del conocimiento importado. Por medio de este proceso se pretende restringir la des-nacionalización de la estructura de propiedad de las firmas nacionales. En años anteriores, tal desnacionalización, se llevó a cabo no por contribución directa a la inversión y/o traspaso de divisas a los países receptores, sino por la capitalización del conocimiento (participación en la propiedad de una empresa aportando tecnología), que ya estaban remunerados por los pagos de regalías. En cuanto a los subsidiarios de propiedad extranjera concierne, la capitalización del conocimiento encabeza, entre otros, a las reducciones de impuestos locales mediante depreciaciones de intangibles y reclamos de repatriación de capital. Así, pues la capitalización de la tecnología constituye una disminución directa del capital nacional por medio de la repatriación de "inversiones" y no una contribución a la formación de capital.

En otro de sus apartados, la Ley no permite el pago de regalías de una subsidiaria a su casa matriz o a sus afiliados. Tal práctica, usada también en otros países, nace del principio que el efecto de los insumos tecnológicos de una subsidiaria de propiedad extranjera debe reflejarse en sus utilidades declaradas en vez de transferirse a la jurisdicción fiscal de otro país. Los pagos de regalías entre afiliados logran reducir los impuestos en el país que paga regalías y podría también alcanzar una reducción total de impuestos para todo el sistema de la firma transnacional. El evitar impuestos, así como todos los asuntos políticos y económicos involucrados en la subdeclaración de las ganancias efectivas van claramente, contra los intereses de los países huéspedes de subsidiarios extranjeros.

Para aumentar la información disponible sobre la comercialización de la tecnología y aumentar el poder de negociación del país, así como mejorar las condiciones de su uso, se establece un sistema permanente para el intercambio de información con otros países en la compra de tecnología.

Esto se constituye bajo el principio "de la nación más favorecida". Con esto se tiende a neutralizar las ventas de monopolio que provienen de la segmentación de los mercados, con sus diferentes elasticidades en la demanda de tecnología, disponibilidad diferente de conocimiento y varios grados de poder de negociación de las firmas receptoras de tecnología.

También se establece la base legal para limitar las prácticas restrictivas del comercio resultante de la compra de tecnología y de las licencias de patentes y marcas.

Las restricciones de exportación, condiciones de amarre, control del tamaño y estructura de la producción, contratación de personal clave, uso de tecnologías alternativas, etc., son prohibidas expresamente en el articulado de la Ley.

### c) Programas y políticas complementarios.

La ausencia de una legislación antimonopolística que resulta de la falta de un análisis adecuado de los efectos de la concentración económica y de monopolio en los países en desarrollo (cuyos tamaños, por otra parte, conducen a menudo a la creación de monopolios), necesita una legislación específica dirigida hacia las prácticas restrictivas de comercio en la venta de tecnología.

La inadecuación del sistema de patentes y marcas existentes (reconocida aún por países como Estados Unidos de América y Alemania Occidental, entre otros) y los acuerdos internacionales que las regulan, cuyos fundamentos fueron introducidos en el último siglo bajo otras circunstancias y necesidades requieren de un tratamiento nuevo sobre estos asuntos. Los intereses de los países en desarrollo deben ser protegidos por lo menos en sus propias legislaciones.

Se establece también el importante principio de que cualquier controversia o conflicto en la venta de tecnología o de inversión extranjera directa, se deben tratar bajo la jurisdicción y competencia de las leyes y autoridades del país receptor.

La importancia de ésta posición puede también evaluarse en las contrapropuestas ofrecidas por organismos internacionales,

## CAPITULO II

## ADMINISTRACION, ORGANIZACION Y GERENCIA

## PRINCIPIOS BASICOS.

La creación de una fuente de trabajo acarrea responsabilidades de gran trascendencia, principalmente si se acepta que estará vinculada estrechamente a la supervivencia de un cierto número de personas que aumentará conforme se consolide la empresa.

El fracaso de una empresa no solo significa una pérdida material, sino que sus repercusiones afectan a terceros, a veces en forma injusta; además, en algunos casos, el fracaso de una empresa puede representar también el fracaso personal y permanente de sus integrantes.

La función principal del empresario es la creación de un organismo estable, en continúa superación y teóricamente perdurable. Para cumplir con estos objetivos se hará necesario que la empresa produzca beneficios, entendiéndose el económico tan solo como una forma de ellos, ya que además, debe producir estabilidad, oportunidades de superación, satisfacción y bienestar; es decir, constituyen el objetivo de la empresa en función del individuo.

Por otra parte, si se acepta que el hombre aislado no puede sobrevivir y que, para hacerlo crecer dentro de una comunidad, el objetivo de todo ser humano debiera ser el profundo estudio del desarrollo de grupos y su ordenación para alcanzar ser el profundo estudio del desarrollo de grupos y su ordenación para alcanzar metas comunes lo más rápidamente posible.

Desde el principio, el hombre al agruparse inició el proceso de alcanzar metas comunes desde el paleolítico hasta el grado de desarrollo actual, en que todos los pueblos han necesitado de planear, organizar, dirigir, medir y controlar los resultados y cuanto mejor realizaron este proceso, más pronto alcanzaron sus fines.

No se debe olvidar que un país está integrado por hombres y si la condición natural de estos es de grupo, toda mejoría deventrá, en particular, hacia el individuo y en general, hacia el conjunto de grupos que constituyen un país.

Es por esta razón que a microescala, se tratará de racionalizar estos principios naturales para aplicarlos al organismo al que pertenecemos y con esto cumplir con la superación personal y del país.

## Relaciones de la Administración con la Economía.

Adam Smith, considerado el padre de la Economía, asentaba que el acrecentamiento de la riqueza dependía principalmente de la eficiencia, habilidad y juicio con que se aplicará el trabajo. En su

doctrina estudia el "valor de uso" y el "valor de cambio" de los bienes: por otra parte, la producción es un fenómeno de carácter económico y dentro de su estudio, se concede gran importancia a la división del trabajo.

Con éstos antecedentes se perfiló ya la administración que regulará las actividades del trabajo en la producción de bienes, si bien sus normas abarcan poco el estudio de los fenómenos que corresponden al valor de cambio.

Es curioso observar que las mayores aportaciones a las técnicas administrativas no fueron hechas por economistas, sino por ingenieros, para comprobarlo bastaría citar los nombres de Taylor, Fayol, Mayo y otros; seguramente por que ellos, estaban en contacto directo con los trabajadores y dueños de las técnicas adecuadas, estuvieron capacitados para hacer investigaciones que culminarían en el establecimiento de los principios normativos de la Administración.

La síntesis del pensamiento de Taylor, es que la esencia de la administración científica resulta de la combinación de los cuatro principios fundamentales de la dirección:

- Desarrollo de una verdadera ciencia, esto es, investigación constante de carácter científico por el método inductivo
- Selección científica de los trabajadores
- Educación y desarrollo científicos de los trabajadores
- Íntima y amistosa cooperación entre la gerencia y los trabajadores

Con posterioridad otros autores desarrollaron sistemas administrativos basados en criterios diferentes. Analizando y resumiendo estos principios se llega a la siguiente:

#### Definición de Administración.

La administración es la función industrial que determina la política general de la empresa en sus relaciones tanto internas como externas, coordina sus finanzas, producción, distribución y control los resultados de sus actividades. La coordinación y el control implican la planeación y el establecimiento de una ORGANIZACIÓN para fijar el método al que deben sujetarse las actividades dictadas por la política y una GERENCIA o sea la fuerza que conduce, guía y dirige al elemento humano, para alcanzar la meta de la empresa.

Se debe subrayar, que la organización es un programa, por lo tanto es estática y tiene por objeto establecer un sistema. La gerencia es, por otra parte, la encargada de ejecutar el programa y-

es, pues, dinámica.

La Organización y la Gerencia son, entonces, las formas de expresión de la administración.

**Organización y Gerencia.**- Las unidades técnicas de una empresa son sus funciones, pero forzosamente necesitan de la existencia paralela de una Dirección que las encauce a través de una oficina que es la que los controla. El objeto de la oficina es por lo tanto, concentrar, distribuir y conservar los documentos con los cuales se han emitido las órdenes y recibido los informes.

Para establecer una empresa, se requiere la preparación de un estudio previo para determinar si es conveniente y responde a una necesidad social y una vez establecida, es necesario formular su plan general de administración o sea, establecer su sistema u organización y su régimen o gerencia.

El proceso para desarrollar la organización como parte del plan general, comienza cuando se analizan desde las divisiones primordiales de la empresa, hasta las actividades de cada grupo de obreros o empleados. El plan de la organización se complementa con gráficas y diagramas, los cuales se emplean para señalar las divisiones departamentales, Fig. 1

Por lo que hace a la gerencia se puede decir que su esencia es la dirección y está puede definirse como "la fuerza creada por una autoridad superior y que sostenida por una moral elevada y sólida capacidad técnica promueve, coordina, desarrolla, impone y controla la ejecución en todas sus fases la política de la Compañía". La dirección radica en una escala de jerarquías con jefes superiores y jefes subalternos.

La acción directiva da origen a los siguientes principios:

- División del trabajo
- Coordinación en la ejecución
- Delegación de autoridad
- Control

La síntesis de la función directiva debe ser el desarrollo del elemento humano mediante:

- Su educación moral y técnica
- Su mejoramiento físico
- Su comodidad
- Remuneración adecuada
- Reconocimiento de sus esfuerzos y estímulos adecuados
- Tacto al ejercer la disciplina

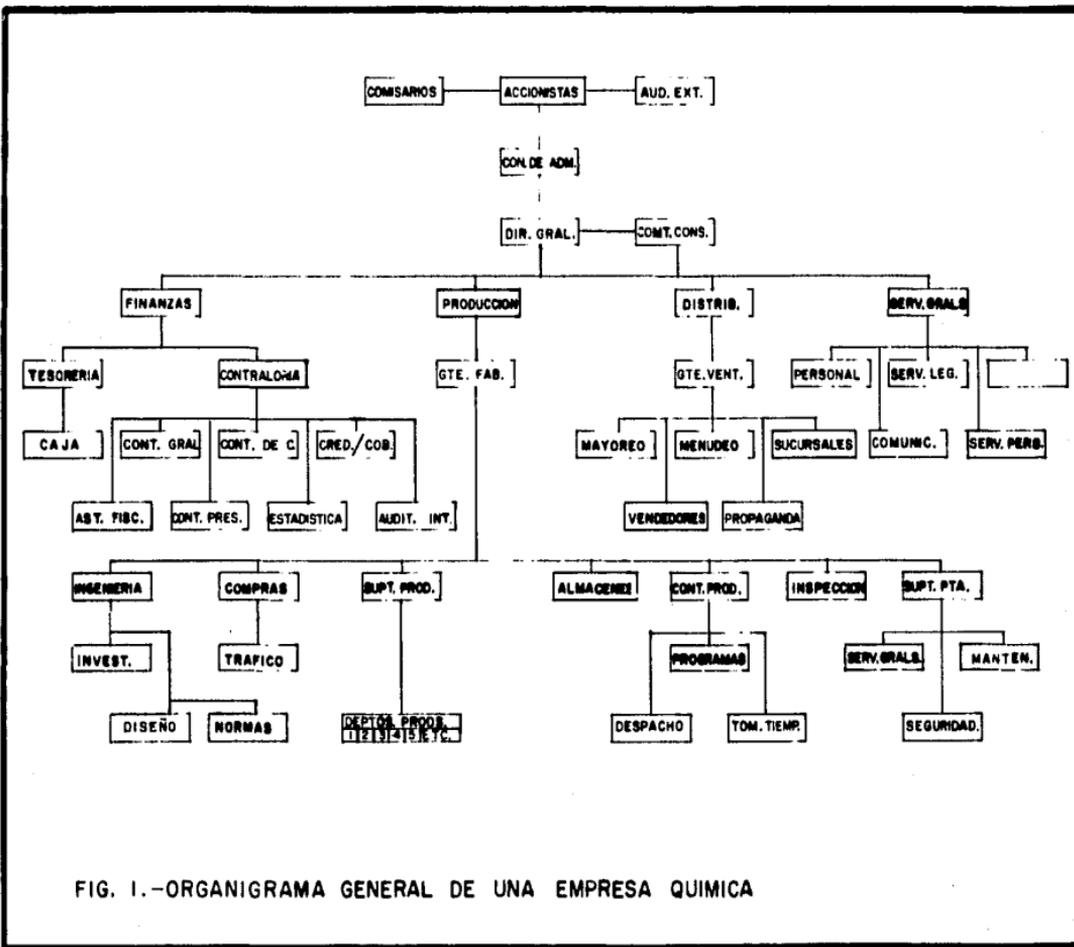


FIG. 1.-ORGANIGRAMA GENERAL DE UNA EMPRESA QUIMICA

## DIVISIONES DE UNA EMPRESA

Por lo que toca a las actividades, una empresa industrial - comprende las siguientes divisiones fundamentales,

- Finanzas, cuya esfera de acción es el manejo de los fondos
- Producción que se ocupa de crear los bienes, objeto de la empresa
- Mercadeo, es la encargada de la distribución de los productos elaborados
- Servicios generales, se ocupa de la administración interna y las relaciones con el medio externo

El desarrollo de estas actividades se encomienda a distintos departamentos que a su vez se subdividen en secciones cuyas funciones se describirán a continuación:

Autoridades Superiores - Están constituidas por:

- a) Accionistas  
Constituidos en asamblea son la autoridad suprema de la empresa. Delegan sus facultades en el:
- b) Consejo de Administración  
Que tiene a su cargo los más amplios aspectos de la política económica y administrativa de la empresa.
- c) Comisario  
Los accionistas designan a uno o más comisarios que funcionan como órganos de vigilancia y fiscalización de todas las operaciones. Sus funciones están reglamentadas por la Ley de Sociedades Mercantiles.
- d) Auditor Externo  
Legalmente tiene intervención forzosa para certificar - las balanzas cuando la empresa haya emitido obligaciones, solicite préstamo de cuantía a las instituciones de crédito, etc.
- e) Director General  
Designado por el Consejo de Administración o los accionistas, cuyas funciones son dar cumplimiento a los acuerdos del Consejo de Administración y desarrollar la política general de la empresa.
- f) Comités consultivos  
Son organismos creados por el consejo o por el Director General y que lo auxilian en la administración con estudios y recomendaciones de carácter general.

## División Financiera.

Las cualidades generales y personales de los directores de la compañía se hallan en estrecha relación con la organización de esta división. Si se pueden centralizar bajo un solo jefe los servicios de finanzas internas y de oficina, jefe al que se conoce generalmente con el nombre de controlador, se puede obtener mejor coordinación y eficiencia general. Sin embargo, puede ocurrir que el mejor hombre con que se cuenta para jefe de los servicios de finanzas no se halle en condiciones de actuar como director de las funciones generales de oficina. Por otra parte, un buen supervisor de la oficina general puede tener entrenamiento y una experiencia anterior muy limitada.

En semejante caso existen dos alternativas:

- 1) Puede nombrarse a una tercera persona para el puesto de contralor en el caso de que se cuente con una persona adecuada para este puesto, ya sea entre el personal actual de la compañía o contratándolo expresamente.
- 2) Puede dividirse la oficina general en varios departamentos, cada uno de los cuales se halla en contacto directo con el Director General.

Considerando la organización preferible, en la cual estas dos funciones se hallan reunidas en una sola división, puede establecerse una separación todavía mas refinada de las diversas funciones. Las funciones de las oficinas comprenden todos los servicios, como mecanografía, duplicación, archivos, correspondencia, teléfonos y mensajeros. El departamento de contabilidad asume la responsabilidad de las cuentas generales de la compañía y lleva su control. El Departamento de Costos sirve una función muy especializada y de importancia creciente como unidad independiente, a medida que la compañía aumenta en tamaño y crece el tipo de productos que fabrica. El trabajo de este departamento consiste en llevar registros y analizar los costos relacionados con las operaciones de la compañía. El Departamento de Crédito, tiene a su cargo la apreciación del crédito de los clientes y el cobro de las cuentas pendientes. Las cuentas por pagar y por cobrar son divisiones especiales de la contabilidad. El trabajo de los Departamentos de Nómina y de Impuestos se ha hecho, con el tiempo, particularmente importante, debido a los numerosos tipos de impuestos y a las deducciones que se cargan a las cuentas de los empleados y a las utilidades de las compañías.

División Comercial.

Esta división por lo general se haya formada por dos Departamentos, el de Ventas y el de Promoción. En caso de que la compañía fabrique productos que exijan la prestación de servicio; se agrega a los dos anteriores un Departamento de Servicio.

Se considera que la promoción es una función especializada, - que requiere de personal calificado para el manejo de toda clase - de publicidad y de las relaciones con la clientela. Desde luego - se realiza una cantidad considerable de promoción efectiva gracias al trabajo de los agentes de ventas. Por tanto, no se pueden sepa - rar completamente las funciones de Promoción y de Ventas.

#### División de Producción.

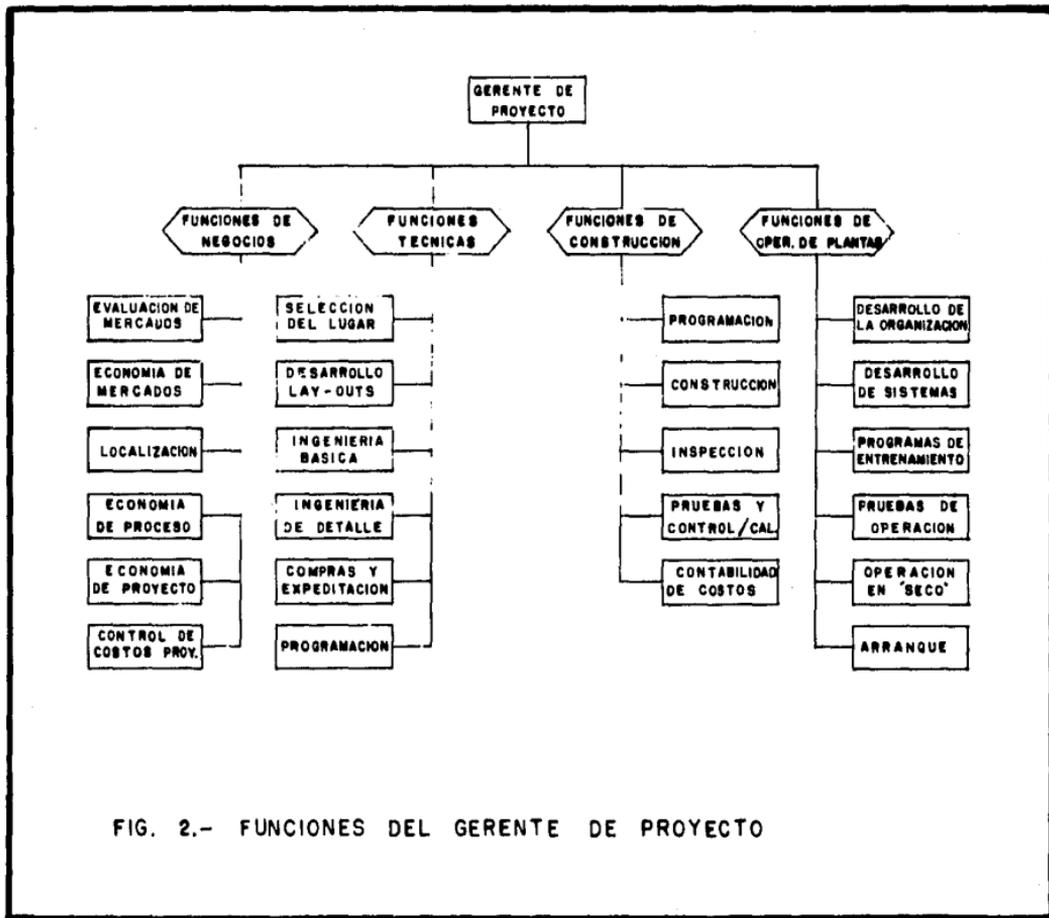
El Vicepresidente o Director de Producción tiene bajo su de - pendencia a todos los departamentos que se relacionan directamente con la fabricación del producto. Los jefes de los departamentos - se hayan en contacto directo con este funcionario. Esta organiza - ción varía ampliamente de una compañía a otra, dependiendo de la - capacidad del personal que se halle al frente de la producción y - de los otros departamentos, así como de las condiciones peculia - res del personal. Como regla general, el volúmen y el tamaño de - un departamento en una compañía, será también un factor importante para decidir si se coloca directamente bajo las órdenes del Vice - presidente Ejecutivo o del Director de la planta.

Departamentos de Investigación y Desarrollo e Ingeniería - - Construcción. El lugar de los departamentos de Investigación y - Desarrollo e Ingeniería-Construcción dentro de la organización de - la compañía queda determinado en gran parte por la naturaleza de - los productos. Cuando se trata de productos que requieren de in - vestigación compleja y estudios de ingeniería extensos, es preferi - ble que se establezca una división por separado que informe direc - tamente al Vicepresidente Ejecutivo. Esta división puede dividir - se en departamentos, de acuerdo con las necesidades de la firma. - Cada departamento realizará una función bien determinada y las ac - tividades del conjunto quedarán coordinadas por un Vicepresidente - que funje como Jefe de la División.

Partiendo de la posición que tiene el Departamento de Inge - ñiería-Construcción dentro de la empresa, la Fig. 2 muestra la or - ganización que se dá al grupo especializado en la administración y control de los proyectos.

Aunque la gerencia de proyectos es un concepto muy generali - zado en los negocios, el énfasis se hace aquí para los trabajado - res que se realizan en las industrias de proceso. Así el Gerente - de Proyecto es una persona que debe tener una amplia perspectiva - de los aspectos técnicos, administrativos y de negocios que le per - mitan reconocer las interrelaciones esenciales que existen entre - las miles de actividades y problemas sencillos y complicados que - ocurren durante el desarrollo del proyecto.

Ahora bien, el Grente de Proyecto puede trabajar normalmente en la sección de ingeniería de una industria de proceso o ser em - pleado de una firma de ingeniería.



En cualquiera de los casos, debe tener la experiencia y autoridad necesaria para mantener el proyecto bajo control,

En los capítulos que siguen, se tratará, fundamentalmente la Fase de Control en el Ciclo Administrativo para Proyectos.

## CAPITULO III

### ELEMENTOS DEL SISTEMA

#### Naturaleza de los Proyectos de Ingeniería-Construcción

Una de las primeras obligaciones de cualquier organización, es la administración y control de las inversiones que crean su capacidad productiva. Estas inversiones convierten parte de los recursos financieros de la organización en equipo e instalaciones que producirán artículos necesarios y por lo tanto vendibles con una utilidad razonable. La administración de esta conversión de dinero en capacidad productiva es crítica para el desarrollo adecuado de una empresa. La conversión es por otra parte irreversible, es decir, debe hacerse bien la primera vez. Esto es especialmente cierto en aquellos negocios e industrias en los que la inversión por puesto de trabajo es grande y se requiere como consecuencia de un diseño e instalaciones altamente especializados. Al mismo tiempo, la eficiencia de las instalaciones para producir en grandes volúmenes, hecho palpable y debido a los mercados siempre en expansión, ha forzado la construcción de plantas cada vez más grandes. Los proyectos de ingeniería y construcción son bastante conspicuos y por lo tanto tienen un fuerte potencial para ser grandes éxitos o grandes fracasos. Además, debido a la competencia y a las sumas substanciales pagadas por intereses, los proyectos deben completarse lo más pronto posible. En forma paralela y debido al rápido avance en todas las ramas de la tecnología las instalaciones son cada día mas complejas.

El efecto neto de todo lo anterior ha sido la dificultad e importancia de administrar y controlar adecuadamente los proyectos de capital.

Las técnicas para el control de proyectos son:

**CONTROL DEL COSTO.**- Estimación y control del dinero invertido.

**CONTROL DEL TIEMPO.**- Planeación, programación y vigilancia de todas las actividades para realizar un progreso adecuado y finalizar el proyecto dentro de lo programado,

**CONTROL DE LA RENTABILIDAD.**- Predeterminar y controlar las rentabilidad de acuerdo a la inversión, costos de operación y riesgo,

Estas técnicas se realizan por medio de:

#### PROCEDIMIENTOS:

Para establecer los mecanismos de estimación y control para cada una de las etapas que componen el proyecto, y

## ORGANIZACION:

El ordenamiento de los recursos internos y disponibles fuera de la organización con el objeto de efectuar el proyecto en forma adecuada,

Los tres grupos de técnicas para el control de proyectos y sus procedimientos asociados están interrelacionados, por lo tanto, se requiere de un conocimiento profundo de los sistemas de control en su conjunto. La aplicación adecuada de los principios del control es esencial para llevar a buen puerto un proyecto sin importar su tamaño, se puede decir que los principios son los mismos, el tamaño y el tipo de las herramientas es lo que cambia. Se entenderá entonces que las fases de ingeniería y construcción deben realizarse pronto y tan efectiva y económicamente como sea posible.

Es obvio que las grandes cantidades de dinero involucradas deben tener un objetivo a la vista. Para la mayoría de los proyectos, este objetivo es una rentabilidad adecuada, la recuperación del capital inicial, más un interés razonable durante el tiempo en que se use el dinero, más un "premio" que cubra el riesgo asociado a la empresa. Esta rentabilidad no es, pues, una cantidad fija para todas las empresas, sino que depende de las condiciones de riesgo entre la falla y el éxito del proyecto en particular. La rentabilidad cuando se liga con el monto de la inversión y el riesgo ponderado, es una medida del valor del proyecto.

## ETAPAS DE UN PROYECTO INGENIERIA-CONSTRUCCION

El progreso de un proyecto desde su origen hasta su conclusión, se puede dividir en etapas, cada una de las cuales tiene características únicas y presenta problemas diferentes de control. La serie completa de las etapas de un proyecto incluye:

**Investigación y Desarrollo.**- Durante la cual se crean nuevos productos o se mejoran los existentes, se desarrollan características específicas del producto y se descubren mejores caminos para la producción de los bienes.

**Definición del Proyecto.**- Es la etapa durante la cual se organiza, planea, programa y optimiza el proyecto, estableciendo por tanto las características del producto, las materias primas los mercados y los parámetros clave de las ingenierías básica y detallada. En la definición del proyecto generalmente se incluye la determinación de la capacidad de la planta, las fuentes y calidad de las materias primas, los tipos y calidad de los productos, el mercado y los métodos de distribución, la localización de la planta, los diagramas de flujo, los diagramas de distribución en planta y elevación, la lista de equipo con especificaciones y tamaños, los diagramas de tubería e instrumentación, especificaciones de materiales clave de construcción, especificaciones de tuberías y válvulas, especificaciones de instrumentos clave y las necesidades de desarrollo del terreno.

**Decisión Económica.**- Es por lo general una fase que "corre" separadamente de las fases puramente técnicas y es marcada por una solicitud de Apropiación (SDA), en la cual se evalúa el proyecto - desde un punto de vista crítico, antes de seguir con las etapas - posteriores en las que se comprometen sumas cada vez más importantes de dinero. Aún cuando se han considerado con cierto detalles - en etapas anteriores los mercados, materias primas, tecnología y - know-how, costos, rentabilidad y riesgo, su definición debe ser me - jor y más confiable al llegar a esta etapa. Se debe establecer - con claridad que el riesgo de abandonar el proyecto es mínimo des - pués de gastar sumas considerables de dinero en ingeniería detalla - da, compra de equipo y materiales, construcción y en la operación - inicial de la planta.

**Ingeniería Detallada.**- En esta fase se completa la ingenie - ría básica desarrollada durante la definición del proyecto y se - ejecuta la ingeniería detallada efectuando los cálculos, desarro - llando los planos, especificaciones y listas de material y defi - niendo por completo el proyecto que estará listo para efectuar las - compras de equipo y materiales y arrancar la construcción de la - planta.

**Compras y Construcción.**- En esta etapa se compran e insta - lan los elementos individuales de la planta y quedan listos para - su operación.

**Arranque, Pruebas de Operación y Operación Inicial.**- En esta etapa se selecciona y entrena a los operadores, se produce por pri - mera ocasión y se resuelven y/o mejoran las actividades pendientes durante el diseño y construcción. Se empieza la optimización de - la planta, la mejoría de la calidad del producto y se hace más efi - ciente la operación.

Un proyecto puede o no pasar por todas las etapas señaladas, dependiendo de su tipo y el estado en que se encuentre el conoci - miento de las variables que intervienen en el momento en que se - aprueba. Los proyectos originados por el personal de operación, - por ejemplo, rara vez necesitarán de una investigación formal se - guida de desarrollo, ingeniería detallada, etc. Sin embargo, to - dos los proyectos necesitarán de una revisión de su factibilidad - económica, definición de alcance y rentabilidad, tal como se preci - sa en la etapa de decisión económica.

En proyectos en los que una decisión inmediata es vital, co - mo aquellos relacionados con productos nuevos y altamente competi - tivos, se pueden traslapar varias etapas. Esta ejecución concu - rrente magnifica los problemas de control y en casos extremos hace que los proyectos sean bastante difíciles. En caso como estos, es cuando se prueba la calidad de un sistema de control de proyectos.

Figura 3

MATRIZ DE CONTROL DE PROYECTOS DE INGENIERIA/  
CONSTRUCCION

ETAPA DEL PROYECTO	COSTO	TIEMPO (PROGRESO)	RENTABILIDAD (Y RIESGO)
INVESTIGACION Y DESARROLLO	Estimaciones para estudios Económicos.	Informe de Progreso de Investigación y desarrollo.	Análisis preliminar de rentabilidad.
DEFINICION DEL PROYECTO	Estimaciones para diseños comparativos.	Informe inicial de progreso y programación preliminar.	Análisis de rentabilidad preliminar (optimización).
INGENIERIA DE PROCESOS	Estimaciones comparativas de tecnologías alternativas.	Informe de progreso.	Análisis de rentabilidad (optimización).
DECISION DE LA APROPIACION	Estimado definitivo.	Programa definitivo.	Análisis definitivo de rentabilidad.
INGENIERIA	Reestimación de costo corriente (fase de control de diseño).	Informes de progreso en Ingeniería (fase de diseño).	Análisis de rentabilidad a la fecha (según se necesite).
COMPRAS Y CONSTRUCCION	Reestimación de costo corriente (fase de compromiso y gasto).	Informe de progreso (secciones de compras y construcción).	Análisis de rentabilidad a la fecha (según se necesite).
OPERACION INICIAL	Informe final de costo de capital.	Informes de arranque.	Informe de aceptación final y análisis de rentabilidad esperada en términos de los resultados obtenidos en la operación de la planta.

### CUALIDADES QUE SE DEBEN MEDIR Y CONTROLAR

Como se dijo anteriormente, las cualidades que se deben medir y controlar en un proyecto de ingeniería-construcción son:

- COSTO - Es decir cuanto va a costar el proyecto
- TIEMPO - Que tan pronto empezará a producir
- RENTABILIDAD - Cuales serán los ingresos esperados del proyecto - en relación con el riesgo y la inversión planeados

La rentabilidad es desde luego la cualidad esencial en el sistema propuesto. Puesto que la rentabilidad de un proyecto está íntimamente relacionada con el costo y el tiempo, cualquier variación en estos elementos repercutirá inmediatamente en aquella.

Las etapas de desarrollo de un proyecto forman una matriz - como la muestra la Figura 3. Cada bloque tiene su sistema de control que requiere de una comparación con valores aceptables y previstos con anterioridad. Cualquier desviación desfavorable, requiere una acción correctiva. Todos los bloques de la matriz forman un sistema completo para el control adecuado de los proyectos. Se hace incapié en que los parámetros que se van a controlar, requieren para ser operativos, de la ayuda de procedimientos y estar dentro de una organización específica para el proyecto.

## CAPITULO IV

## CICLO DE CONTROL DE COSTOS

## GENERALIDADES

Con el objeto de proporcionar una visión general del sistema de control de costos y sus interrelaciones con los otros elementos, a continuación se describen las etapas mas importantes que deben cubrirse en el desarrollo de un proyecto.

Las estimaciones hechas de acuerdo al programa de construcción de la compañía, se preparan por el Departamento de Ingeniería de Costos cuyas funciones principales son:

- Preparar o verificar la estimación
- Preparar la carta de Transmisión de la Estimación que indica el tipo de la estimación, su nivel de exactitud, las bases de diseño, etc.
- Reconciliar con las estimaciones anteriores
- Obtener las aprobaciones necesarias, v.gr, se debe obtener el concurso del Director de Construcción en la aprobación de todas las estimaciones en que intervenga el uso de tiempo extra en campo
- Mantener en el archivo las estimaciones aprobadas por el Departamento de Ingeniería
- Ninguna de las estimaciones se enviarán fuera del Departamento de Ingeniería hasta que haya sido revisada por Ingeniería de Costos y pase a ser una "Estimación Aprobada por Ingeniería". Los cambios mayores en los proyectos los debe manejar Ingeniería de Costos en forma similar

Los procedimientos anteriores no se aplican a estimaciones hechas para la selección de alternativas que no afectan el alcance oficial o el costo del proyecto. Cuando se usan fuera del Departamento de Ingeniería, estas estimaciones no se deben relacionar con el costo total del proyecto.

El último costo asentado en las actas del Consejo de Administración, se considera como la estimación Oficial del Proyecto y sólo se podrá cambiar cuando el Consejo autorice una estimación oficial nueva,

La estimación oficial del proyecto normalmente se basa en una estimación aprobada por el Departamento de Ingeniería de Costos, aunque no siempre es así, como ocurre cuando el proyecto contempla la interrupción de la producción o una ampliación mayor en-

algún departamento en operación; entonces es necesaria la aprobación del Gerente de Producción.

**Estimaciones para Estudios Económicos.** - Este tipo de estimaciones se hacen durante la etapa de Investigación y Desarrollo o en otras etapas iniciales de un proyecto y sirven como base de estudios para conocer su rentabilidad potencial. Se prepararan métodos rápidos, de bajo costo y con el mínimo de información de que se dispone en ese momento. En estas condiciones se tienen que tolerar límites muy amplios de exactitud. En este caso, se aceptan estimaciones en que el 80% de los datos caen dentro de  $\pm 25\%$  del costo final estimado tomando en cuenta los índices de inflación. Aunque las estimaciones tengan esos límites de exactitud tan amplios, es indispensable tratarlas con la máxima seriedad y realismo, es decir, deben incluir todos los elementos de costo que se vayan a desarrollar en el proyecto, en otra forma, existe una gran probabilidad de crear confusión y fricciones a medida que el proyecto avance.

**Estimaciones para Comparación de Procesos.** - Las estimaciones para comparación se usan para preparar estudios de rentabilidad, que son parte de la optimización del proyecto. También son base para la preparación de programas preliminares que a su vez se utilizan para los estudios de rentabilidad. Se preparan durante el período de definición del proyecto. Generalmente se tiene una buena cantidad de información, sitio definido, capacidad conocida, diagramas de flujo razonablemente desarrollados, lista de equipo mayor, plano preliminar de distribución de equipos, tamaño y calidad de los edificios, diagramas de servicios y unifilares, etc. En esta etapa no se necesitan dibujos ni especificaciones detallados.

Por lo general, en esta etapa se necesita más de una estimación, considerando alternativas de lugar, distribución, procesos, capacidades, etc. Esto es necesario si se quiere lograr el menor costo consistente con la calidad esperada y optimizado con respecto a los costos de operación y distribución. También se analizan en esta forma segmentos grandes del proyecto.

No es necesario insistir en que la creatividad y el ingenio desarrollados en la ingeniería básica y el análisis económico en esta etapa, tienen una importancia enorme en la eficiencia, calidad, productividad y rentabilidad finales del proyecto. En esta etapa se pueden generar ahorros considerables en el costo de construcción y operación de la planta. Es en esta etapa en la que la cooperación entre los grupos de estimación y diseño es mas necesaria y a la vez mas fructífera.

Los límites de estimación quedan comprendidos entre  $\pm 15\%$  y el 80% de las partidas, tomando en cuenta los índices de inflación, quedarán dentro de este límite. Esta exactitud debe lograrse con un mínimo de tiempo y personal, compatibles con el objetivo de proporcionar la información en el tiempo adecuado para los estudios comparativos.

Estimación Final de Control.- Es la versión final y la mejor de las estimaciones comparativas preparadas por el grupo de diseño/costo durante el período de definición del proyecto. Su exactitud es del orden de  $\pm 12\%$  a  $\pm 15\%$ . Durante su preparación debe revisarla y aprobarla el Departamento de Ingeniería y Diseño para las etapas iniciales del proyecto, el equipo de construcción y el personal de producción que será el responsable de operar la planta. Estas revisiones aseguran, por un lado, el aprovechamiento del conocimiento acumulado durante la investigación y desarrollo del producto y el conocimiento práctico del personal de construcción y operación. Todas estas personas mejoran la validez y confiabilidad de la estimación como guía en el desarrollo del proyecto.

La estimación definitiva se emplea en la preparación del programa y la evaluación finales del proyecto. Los tres documentos cuando son revisados y aprobados formalmente por los funcionarios responsables como parte de la Solicitud de Apropiación, constituyen la autorización oficial para las fases de ingeniería detallada, compras y construcción. Estos documentos proporcionan las guías básicas para el control de costos, tiempo y rentabilidad del proyecto. El Propósito de la Estimación Final de Control es:

- Establecer el costo más probable del proyecto después que se ha llegado a un avance en el diseño de ingeniería básica del 90%
- Proporcionar las bases para una administración de costos efectiva durante las fases de ingeniería detallada, compras y construcción

La meta es establecer una exactitud de  $\pm 12\%$  a  $\pm 15\%$  ó mejor para el 80% de las partidas estimadas.

Revisiones a la Apropiación.- Estas actividades son esenciales para un adecuado control del proyecto. Puede decirse que si todas las condiciones externas e internas permanecieran sin cambio durante todo el proyecto y si el personal y los métodos fueran perfectos, no serían necesarias las revisiones. Sin embargo todos los proyectos requieren de cambios y adiciones al alcance original, como consecuencia de lo cual se deben prever revisiones a la apropiación original. Los cambios en capacidad en especificaciones de productos y materias primas, en instalaciones para almacenamiento, etc., pueden representar cambios importantes en el costo, programa y rentabilidad del proyecto. Con lo anterior no se quiere decir que en toda ocasión que haya un cambio se debe revisar la apropiación, sino más bien, acumular una serie de pequeños cambios o bien una modificación substancial al alcance original, para promover una revisión de la apropiación, programa y alcance, si se quiere mantenerlos como guías aceptables para el control del proyecto.

Cuando se considere un cambio en el alcance, deben tenerse presentes las posibles consecuencias en pérdidas de tiempo, confusión, errores e ineficiencias. Un proyecto a la mitad de su carrera ha adquirido un tremendo momentum y en consecuencia un cambio de dirección representará un gasto considerable en tiempo y costo. Con frecuencia se puede constatar que el costo de un cambio de este tipo, no se compensa con los beneficios derivados de la acción. Es mejor, por lo general, completar el proyecto de acuerdo al plan original, haciendo las modificaciones necesarias a su terminación.

**Apropiación Aprobada.**- Es la cantidad aprobada de acuerdo a la estimación original, que en algunos casos se modifica según las revisiones sugeridas por el Consejo de Administración. Se usa para establecer el programa y la rentabilidad aprobados. Es la base para comparar los Informes de Control de Costos.

**Reestimaciones de Costos.**- Son revisiones realistas y actualizadas de cual va a ser el costo del proyecto con base al desarrollo en esa fecha. En el momento de la apropiación el costo es la cantidad anotada en la estimación final, ya que es la mejor cifra que se tiene hasta ese momento. Con el desarrollo de la ingeniería y la preparación de listas de materiales, los valores de las requisiciones y órdenes de compra de equipos y materiales se van sustituyendo por los valores respectivos en la estimación anterior. Esta actividad se verifica constantemente, por lo que las reestimaciones van mejorando en forma continua. Todos los detalles de la preparación deben definirse y entenderse por completo, de otra forma, el Gerente de Proyectos puede encontrar una serie de problemas en la evaluación y el control del proyecto. Se pueden encontrar de repente sorpresas sumamente desagradables, como sobrecostos, grandes de cuentas por pagar que aparecen misteriosamente, cláusulas de escalamiento, transferencias entre plantas, etc.

El análisis de rentabilidad a la fecha, se prepara cada vez que el estimado se desvía mucho de la cantidad apropiada.

**Informes del Control de Costos.**- Este documento resume y compara para la reestimación corriente con la cantidad apropiada. Para que sean de utilidad, estos reportes se entregarán regularmente a través del proyecto, representan una "fotografía" al día, razonablemente exacta de los costos actuales y el estimado para terminar, tal como se desarrollan al tiempo del reporte. Para proyectos grandes, lo anterior significa informes mensuales, incluyendo todos los datos recabados hasta el día de corte, 3 ó 4 días antes de su distribución. Debido a la velocidad que toman las actividades en el campo, las diversas especialidades se reportan por semana. Los informes internos de mano de obra en construcción, costos de equipo y cuentas por pagar hasta el último sábado, los deben tener los residentes el lunes en la tarde, a más tardar.

Rapidéz es la esencia de un control de costos efectivo.

Casi todos los valores en los informes de control de costos, por fuerza, estimados. El punto importante es asegurarse que los reportes reflejan todos los desarrollos rápidamente, de forma que permitan una acción correctiva inmediata para que sea efectiva. Los sobrecostos son inevitables en algunos casos, pero una señal a tiempo puede evitar un problema serio al sistema financiero de la organización. Con mucha frecuencia, se pueden eliminar los problemas cuando los signos de dificultad aparecen a tiempo y se atacan con celeridad.

**Informe Final de Costos.**- Es el resumen de todos los costos oficiales del proyecto. Por alguna razón, quizá por el cansancio natural de la terminación y arranque de la planta, estos resúmenes no siempre tienen la calidad ni la precisión que debían tener. Muchas compañías a un año o dos de haberse terminado el proyecto, se encuentran con cajones llenos de papeles, facturas, etc., pero pocos serán los que puedan usarse como documentos para preparar los costos reales del proyecto para desarrollar estimaciones aceptables. El problema es serio, ya que se ha empleado una gran cantidad de dinero en su preparación, y se requiere solo de un pequeño esfuerzo adicional para arreglarlos y que sirvan en la preparación de estimaciones futuras. A medida que el proyecto se va acabando, la recolección de datos es menos frecuente y el personal se va relocalizando, la tarea de conservar y colocar bien los planos y otros documentos, se hace muy difícil, tanto, que con frecuencia son imposibles de arreglo. Un buen informe final de costos, es la mejor y más barata fuente de información de costos para estimaciones futuras.

**Archivos de los Activos del Proyecto.**- Se van preparando a medida que se desarrolla el proyecto y se usan por el Departamento de Contabilidad en formas diseñadas para el efecto. La contabilidad por lo general, necesita otra forma de agrupamiento de los datos a la que se utiliza para propósitos de control y estimación del proyecto. La distribución y reagrupamiento de los datos se hace un poco después que se ha enviado al campo y se ha capitalizado la información. La capitalización de secciones grandes del proyecto, tan pronto se hacen operativas, permiten iniciar rápidamente los cargos por depreciación, con los beneficios consiguientes de una disminución inmediata de los impuestos.

**Datos de Costos para Estimaciones Futuras.**- Si se ha llevado en forma organizada la información de costos de un proyecto, los datos obtenidos se pueden usar como base para estimaciones de proyectos futuros. Los archivos de una compañía son, en muchos casos, la única fuente confiable y completa de este tipo de datos. En estos archivos debe estar la información de como y de que manera se gastó el dinero, en forma de un catálogo de cuentas, que contiene además información sobre impuestos, administración, las convenciones contables que se usaron, etc. Tengase presente que si la información anterior es bastante difícil de encontrar en los archivos de una compañía, es imposible obtenerla en los datos publicados por otras.

Los datos para estimaciones se deben tabular, organizar y - combinar con información obtenida de otros proyectos con el objeto de que sean de utilidad inmediata y completa en proyectos futuros. Su organización debe hacerse con miras a utilizarlos en diferentes niveles, y.gr., estimaciones preliminares, definición de proyectos, apropiación, etc.

La consolidación de los datos de Gastos del Proyecto para - uso en estimaciones futuras, completa el Ciclo de Control de Cos-- tos. Estos datos son necesarios para estimaciones hechas en las - etapas iniciales de un proyecto como son investigación y desarro-- llo y se van mejorando a medida que se avanza en el trabajo.

### CATALOGO DE CUENTAS DEL PROYECTO

Un lenguaje común para el Proyecto.- Una de las caracterís-- ticas fundamentales del Ciclo de Control de Costos, es la gran can-- tidad de personas que trabajan en un proyecto. En un proyecto - grande, el número de personas que generan y/o reciben información-- de costos puede ser de cientos y aún de miles. El grado de prepa-- ración profesional y su nivel es muy diverso; contadores, estimado-- res, ingenieros de diseño, personal de construcción, compradores, - tomadores de tiempo, residentes de construcción, etc., son algunos de los puestos que necesitan de esta información y que provienen de diferentes partes de la estructura de una empresa, cada uno con su propio campo de interés y manera de pensar. En la mayoría de - los casos, pertenecen a más de una organización y en estos días de especialización, cada grupo tiende a desarrollar un vocabulario es-- pecial y aún darle a las palabras un significado propio. Este per-- sonal con experiencia conocimientos y responsabilidades tan diver-- sas, necesitan un lenguaje común para tratar con los elementos de-- control de costos del proyecto, en otras palabras, se requiere de un Catálogo de Cuentas que proporcione un lenguaje común al perso-- nal asignado. También será la base para organizar, manejar y ha-- cer de utilidad la gran cantidad de datos de costos que se genera-- rán en el proyecto.

Consideraciones.- Para establecer un Catálogo de Cuentas. - se deben considerar las necesidades de cada una de las etapas de - desarrollo del proyecto, es decir:

- Durante los estudios comparativos de diseño, los costos se deben agrupar por secciones funcionales, de tal manera que los costos de capital y de operación, se puedan segregarse - examinar y optimizar al terminar una parte de la operación total.
- Al preparar estimaciones definitivas para solicitudes de - Apropiación, las secciones funcionales se resumirán en uni-- dades de operación significativas. El listado de las se-- cciones funcionales proporciona una visión rápida y precisa del alcance global del proyecto y reduce la posibilidad de omitir alguna actividad necesaria para el buen funciona--

miento de la planta.

- Para el control de costos de material durante el diseño y las compras y para formar un índice de costos. El sistema debe proporcionar una clasificación adecuada por tipo y clase de equipo y materiales.
- Para un sistema de reportes y control exacto de los costos de construcción, los números de cuenta representarán especialidades y tipos de trabajo que se deben segregar correcta y rápidamente en el campo. Las especialidades se clasifican de acuerdo a la práctica normal de construcción v.gf. concreto, tubería, etc.
- Para archivos de la compañía. En este caso se necesitan datos de costo de equipo instalado, que proporcionen los "Valores en Libros" de elementos que en un futuro serán separados, vendidos o transferidos. El Catálogo de Cuentas proporcionará datos adecuados para un prorrateo razonable.
- Los datos de costos se proporcionarán con suficiente detalle y en forma tal que se puedan organizar y analizar en información para estimaciones futuras al nivel de estudios comparativos, apropiaciones, etc.
- La información de costos debe servir para el control de costos indirectos, como ingeniería, compras, expeditación, ingeniería de campo, control de costos, supervisión, equipo de construcción, construcciones temporales, etc.

En adición a estos y otros requerimientos similares dictados por el ciclo de control de costos, se consideran otras necesidades que debe cubrir el Catálogo de Cuentas, sin olvidar que la numeración se debe seguir durante todas las fases del proyecto. Esto elimina la necesidad de aprender varios "lenguajes" durante el mismo proyecto y aumenta substancialmente la utilización y el valor del sistema de numeración. Algunos de los usos adicionales del Catálogo son:

- Como base para los sistemas de numeración de los planos y Listas de Material.
- Como base para la numeración de requisiciones y órdenes de compra.
- Para la identificación de las actividades en la planificación y programación total de las fases de ingeniería, construcción, compras y arranque.
- Como ayuda en la planificación, programación y control detallados de todas las fases del proyecto, con este fin las cuentas deben ser capaces de reagruparse en tal forma que-

trabajos del mismo tipo desarrollados por individuos con iguales o similares habilidades, pueden planearse y programarse en forma lógica.

- Para la organización del archivo durante todo el proyecto.

Además de todos estos objetivos, el sistema también será capaz de desarrollar las características siguientes:

- Podrá usarse en sistemas de tarjetas perforadas, para reducir el costo de obtención, análisis, resumen y distribución de la información de acuerdo al sistema global CTR.
- Debe ser lo más simple posible, en consonancia con el gran número de datos que se clasificarán y para la finalidad que deben servir.

Los dígitos a la derecha del decimal de "clase, se pueden usar para subdividir. La extensión en que se pueden usar estas clasificaciones secundarias depende del detalle en que se planea, programa, estima y controla el proyecto en particular.

El primer dígito después del punto se puede usar para cada tipo de gasto, por ejemplo:

- .0 Compras de Material en campo.
- .1 Compras de material en oficina.
- .2 Mano de obra, en combinación con otro dígito para indicar la especialidad,
- .3 Mano de obra por horas extra y/o destajo con un segundo dígito, idem al anterior,
- .4 Salarios,
- .5 Pasajes y viáticos para el personal del proyecto,
- .6 Rentas.
- .7 Fletes en general,
- .8 Impuestos y gastos similares.
- .9 Servicios.

Se pueden desarrollar otras subdivisiones de acuerdo a la naturaleza del proyecto.

Este método permite una libertad considerable en el establecimiento de tantas subdivisiones como sean necesarias para el Catálogo de Cuentas del proyecto. De ser necesario se pueden estable-

cer números por separado para cada tipo de trabajo a realizarse con cada equipo, material y mano de obra en el proyecto. Sin embargo, si se exceden las divisiones, se reduce la exactitud de la distribución de costos en el campo y aumenta, en algunos casos considerablemente, el costo del trabajo de recolectar y procesar los datos durante el proyecto.

Por estas razones es deseable minimizar el número de cuentas, limitando las unidades funcionales y secciones a aquellos que proporcionan grupos de proceso y que sean fácilmente identificables en los dibujos y en la planta. Cuando se tiene el caso de que haya más de un equipo de una misma clase, se deben asignar números separados. El equipo mayor se puede identificar fácilmente y no es necesario extenderse mucho en los números de cuenta.

Cuando se necesita una distribución de costos más detallada para registro de activos, el departamento de contabilidad hará la distribución de los costos registrados, ayudado por los ingenieros de costos del proyecto en base estimativa al finalizar el proyecto. Esto es más económico que llevar los costos extra a través de todo el proyecto y generalmente es más exacto.

En resumen, el número de cuentas se debe mantener al mínimo razonable, y cada cuenta representará claramente toda unidad cuyo valor sea significativo en la ejecución y control del proyecto,

#### ESTIMACIONES PRELIMINARES

Ahora que se ha presentado el ciclo de control de costos y discutido los elementos del Catálogo de Cuentas que ligan las partes, se procederá a describir las características principales del Control de Costos. La Estimación Preliminar, se hace sin la ayuda de dibujos ni especificaciones detalladas,

La mayoría de las estimaciones hechas por las compañías operativas caen bajo esta denominación. Las estimaciones para el control en las etapas de ingeniería, y para diseño y construcción son, necesariamente, de este tipo.

Las Estimaciones Preliminares son de calidad muy variable, dependiendo de la información disponible en varias etapas del desarrollo y del estado del ciclo de control de costos del proyecto, los tipos más usados son:

- Estimación para Estudios Económicos.
- Estimación para Estudios Comparativos.
- Estimación definitiva.

En los párrafos que siguen se describirán las características más importantes de estas categorías.

TABLA I  
CATALOGO DE CUENTAS

AREA	CUENTA	AREA	CUENTA
00	PREPARACION DEL TERRENO	70	EDIFICIOS DE SERVICIOS
01	Movimiento de tierras	71	Oficinas
02	Espuelas	72	Laboratorios
03	Pavimentos, calles y accesos	73	Baños y vestidores
04	Cerca perimetral	74	Cocina y comedores
05	Básculas	75	Talleres de mantenimiento
06	Estacionamientos	76-79	Disponible
07	Jardinería y obras de ornato	80	OBRAS DIVERSAS
08	Drenajes sanitarios	81	Caminos
09	Drenajes industriales	82	Muelles
10-13	Disponible	83	Diques
20	SERVICIOS	84	Campos deportivos
21	Casa de fuerza	85-98	Disponible
22	Subestación principal	99	Indirectos.
23	Sistema contra incendio		MANEJO DE LOS CARGOS
24	Suministro de agua	1	Mano de obra. Lista de raya
25	Torres de enfriamiento	2	Destajos
26	Tuberías exteriores	3	Materiales comprados por obra
27	Sistemas de gas	4	Equipos comprados por obra
28	Tratamiento de agua	5	Materiales comprados por oficina Central
29	Tratamiento y eliminación de desperdicios	6	Equipos comprados por oficina Central
30-39	Disponible	7	Subcontratos
40	PROCESO		CUENTAS
41-59	Disponible		OBRA CIVIL
60	ALMACENES		
61	Almacenamiento materia prima	10	Preparación y movimiento de tierras
62	Almacenamiento producto terminado	11	Cimentaciones
63	Almacenamiento de combustible	12	Estructuras de concreto
64-69	Disponible	13	Estructuras diversas

14	Albañilería y acabados	60	OBRA ELECTRICA
15	Varios	61	Tierras y pararrayos
16-19	Disponible	62	Fuerza alta tensión y subestaciones
	OBRA MECANICA	63	Fuerza baja tensión y control
20	Equipo de ventilación y aire	64	Alumbrado y contactos monofásicos
	Acondicionado,	65	Sistema de comunicación, señales y alarmas
21	Equipo de refrigeración	66-69	Disponible
22	Compresores y sopladores	70	INSTRUMENTACION
23	Ventiladores	71	Aparatos de control y/o medición
24	Agitadores	72	Tableros de control
25	Bombas	73	Conductores de señales
26	Plantas de tratamiento de agua	74	Líneas de alimentación
27	Calderas	75	Elementos finales de control
28	Deaeradores	76-79	Disponible
29	Cambiadores de calor	80	ADMINISTRACION
39	Torres de proceso	81	Estudios Generales
31	Tanques, recipientes y tolvas	82	Ingeniería y Diseño
32	Hornos	83	Construcción
33	Secadores	84	Técnico Administrativo
34	Filtros	85	Estudios y proyectos especiales
35	Transportadores	86	Compras, expeditación e inspección
36	Elevadores	87	Varios
37	Equipo Móvil y gruas	90	INDIRECTOS
38	Molinos y trituradores	94	Honorarios
39	Separadores y clasificadores	95	Contingencias y escalación
40	Eyectores y sistemas de vacío		
41	Sistemas de seguridad y venteos	CUENTA	SUBCUENTA
42	Sistema motrices	31	00 TANQUES, RECIPIENTES Y TOLVAS
43	Evaporadores		(ATMOSFERICOS Y A PRESION)
44	Cristalizadores		10 Acero al carbón
45-49	Disponible		20 Acero Inoxidable
50	TUBERIAS Y ACCESORIOS		
51	Válvulas		
52	Ductería		
53	Aislamiento térmico		
54	Sopotería		
55	Pintura		
56-59	Disponible		

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO	CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	30	Aleaciones especiales		30	De rodillos
	40	Aluminio		40	De rastras
	50	Cobre y aleaciones		50	Neumáticos
	60	Recubiertos		60	Vibratorios
	70	Madera		70	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los <u>an</u> teriores).
	80	Especial (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores)			
32	00	HORNOS	36	00	ELEVADORES
	10	Rotatorios		10	Gadenas
	20	Pirolisis		20	Canjilones
	30	Banda		30	Carga
	40	Carro		40	Paletas
	50	Charolas		50	Personal
	60	Eléctricos		60	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los <u>an</u> teriores).
	70	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los <u>an</u> teriores)	37	00	EQUIPO MOVIL Y GRUAS
34	00	FILTROS		10	Gruas viajeras
	10	De cartucho		20	Radiales
	20	De hojas		30	Monorrieles
	30	De discos		40	Camiones y camionetas
	40	De charolas		50	Montacargas
	50	Prensa		60	Diablos
	60	Rotatorios (discos y tambor)		70	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los <u>an</u> teriores).
	70	Colectores de polvo de bolsas			
	80	De arena y de carbón			
	90	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los <u>an</u> teriores).	38	00	MOLINOS Y TRITURADORES
				10	De quijada
				20	De martillos
				30	De bolas
				40	De barras
				50	De cilindros
				60	Micropulverizadores
35	00	TRANSPORTADORES			
	10	De banda			
	20	De gusano			

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO	CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
11	00	CIMENTACIONES		40	Madera (incluye montaje
	10	Excavaciones y aceros (incluyendo carga)		50	Techos diversos (incluye todo los tipos excepto los de concreto).
	20	Relleno (incluyendo compactación)	14	00	ALBAÑILERIA, CANCELERIA Y ACABADOS.
	30	Plantillas		10	Muros (incluye todos los tipos de muros, excepto los de concreto.)
	40	Cimbras y obra falsa (incluyendo -habilitación, albrado y descimbrado.		30	Cadenas y castillos
	50	Acero de refuerzo y presfuerzo (incluyendo habilitación y servicios de presfuerzo)		40	Pisos (incluye todos los recubrimientos y los acabados en pisos)
	60	Anclas y orfiles ahogados (incluyendo fabricación y colocación)		50	Plafones
	70	Concretos		60	Refractarios
	80	Bases de equinos		70	Recubrimientos y acabados - (no incluye el recubrimiento de pisos, pero si el de muros, plafones y otros).
	90	Misceláneos (incluye pilas, pilotes, tabicaciones, etc. y todos los conceptos que no se indican en la sub-cuenta anterior).			
12	00	ESTRUCTURAS DE CONCRETO	15	00	VARIOS
	10	Cimbras y obra falsa (incluyendo habilitado, albrado y descimbrado).		10	Instalación sanitaria y muebles
	20	Acero de refuerzo y de presfuerzo (incluyendo habilitación y servicios de presfuerzo).		20	Herrería
	30	Anclas, placas y perfiles ahogados (incluyendo fabricación y colocación)		30	Cerrajería
	40	Concretos		40	Impermeabilización
	60	Precolados		50	Carpintería
	70	Preforzados		60	Aislamiento
	80	Misceláneos (incluye todos los conceptos que no se indican en las sub-cuentas anteriores).		70	Vidriería
				80	Drenajes
					OBRA MECANICA
			20	00	EQUIPO VENTILACION Y AIRE CONDICIONADO.
13	00	ESTRUCTURAS DIVERSAS		10	Aire acondicionado (unidades tipo ventana)
	10	Cimbras y obra falsa		20	Aire acondicionado (sistemas)
	30	Rejillas y placas metálicas (incluye colocación)			

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO	CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	30	Calefacción (sistemas		30	Planta de tratamiento de agua
	40	Es ciales (los que son de fabri-		40	potable
		cación específicos y no están in-		50	Planta de tratamiento de agua
		cluidos en los anteriores).			de deshecho
21	00	EQUIPO DE REFRIGERACION			Especiales (los que son de fa-
22	00	COMPRESORES Y SOPLADORES			bricación específicos y no es-
	10	Compresores centrifugos	27	00	tán incluidos en los anterior-
	20	Compresores reciprocentes			res).
	30	Turbo sopladores		10	CALDERAS
	40	Especiales (los que son de fabri-		20	Calderas tubos de agua
		cación específica y no están in-		30	Calderas tubos de humo
		cluidos en los anteriores).		40	Desareador
23	00	VENTILADORES		50	Calderas de recuperación
24	00	AGITADORES			Especiales (los que son de fa-
	10	Tipo ancla	28	00	bricación específica y no es-
	20	Tipo disco			tán incluidos en los anterior-
	30	Tipo paletas			res).
	40	Tipo propela	29	00	CANBIADORES DE CALOR
	50	Tipo turbinas			Acero al carbón
	60	Especiales (los que son de fabri-		10	Acero inoxidable
		cación específica y no están in-		20	Aleaciones especiales
		cluidos en los anteriores).		30	Aluminio
25	00	BOMBAS		40	Aluminio
	10	Centrifugas		50	Cobre y aleaciones
	20	Rotatorias		60	Especiales (los que son de fa-
	30	Reciprocentes			bricación específica y no están
	40	Especiales (los que son de fabri-	30	00	incluidos en los anteriores).
		cación específica y no están in-			TORRES DE PROCESO
		cluidos en los anteriores).			Acero al carbón
26	00	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		10	Acero inoxidable
	10	Planta de tratamiento de agua para caldera		20	Aleaciones especiales
	20	Planta de tratamiento de agua para servi-		30	Aluminio
		cios.		40	Aluminio
				50	Recubiertas
				60	Madera

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO	CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	70	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores).		50	Turbine de vapor
				60	Reductores
				70	Transmisiones
39	00	SEPARADORES Y CLASIFICADORES		80	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores)
	10	Ciclónicos para gases	43	00	EVAPORADORES
	20	Ciclónicos para líquidos			
	30	Centrífugas	44	00	CRISTALIZADORES
	40	Electrostáticos			
	50	De gravedad	50	00	TUBERIAS Y ACCESORIOS
	60	Cribes (Clasif. de mallas)		10	Acero al carbón
	70	Clasificadores de barras		20	Acero inoxidable
	80	Clasificadores centrífugos		30	Cobre y bronce
	90	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores).		40	Fierro fundido
40	00	EYECTORES Y SISTEMAS DE VACIO		50	PVC
	10	Eyectores		60	Recubiertas
	20	Bombas de vacío		70	Vidrio
	30	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores).		80	Aleaciones y materiales
				90	Asbesto cemento
41	00	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y VENTEO	51	00	VALVULAS
	10	Válvulas de alivio y seguridad		10	Acero al carbón
	20	Supresores de flama		20	Acero inoxidable
	30	Discos de ruptura		30	Cobre y bronce
	40	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores).		40	Fierro fundido
				50	PVC
				60	Recubiertas
				70	Vidrio
				80	Aleaciones y materiales diversos
42	00	SISTEMAS MÓVILES			
	10	Motores eléctricos	52	00	Ductería
	20	Motores de combustión interna			
	30	Turbinas de gas		10	Acero al carbón.
	40	Turbinas hidráulicas			

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO	CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	20	Aceros inoxidable	83	00	CONSTRUCCION
	30	Aleaciones especiales		10	Técnico
	40	Aluminio		20	Administrativo
	50	Recubiertas		30	Obras
	60	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores.)	84	00	TECNICO ADMINISTRATIVO
53	00	AISLAMIENTO		10	Estimaciones
	10	Tubería y accesorios		20	Control de costos
	20	Equipo		30	Programación
	30	Especiales (los que son de fabricación específicos y no están incluidos en los anteriores.)		40	Procesamiento de datos.
				50	Servicios internos
			85	00	ESTUDIOS Y PROYECTOS ESPECIALES
OFICINA CENTRAL					
80	00	ADMINISTRACION	86	00	COMPRAS EXPEDITACION E INFECCION
81	00	ESTUDIOS GENERALES		10	Estandar
	01	Consultoría técnica		20	Técnicos
	10	Consultoría jurídica		30	Expedición
	20	Consultoría de avalúos		40	Inspección
	30	Consultoría de mercadotecnia	87	00	VARIOS
	40	Mecánica de suelos		10	Contraloría
	50	Perforación de pozos profundos		20	Contabilidad
	60	Topografía		30	Desarrollo
	70	Especiales (los que no están incluidos en los estudios anteriores).		40	Relaciones Públicas
				50	Relaciones Industriales
82	00	INGENIERIA Y DISEÑO		60	Personal
	10	Estructural	90	00	COSTOS DE OPERACION
	20	Arquitectura			INDIRECTOS
	30	Mecánico			
	40	Tuberías		10	Sueldos administración
	50	Eléctrico		11	Sueldos compras
	60	Instrumentación		12	Sueldos técnicos
	70	Proceso		13	Sueldos almacén
				14	Sueldos operación y mant. equip.

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	15	Pruebas y entrenamiento de personal
	16	Gastos de vigilancia
	17	Vacaciones y aguinaldos
	18	Gratificaciones
	19	Honorarios (a terceros)
	20	Otras percepciones y viáticos
	21	Gastos de fin de año y días feriados
	30	Renta de inmuebles
	31	Instalaciones provisionales
	32	Amortización gastos de instalación
	33	Rentas de equipo y maquinaria
	34	Rentas de equipo de oficina e Ing.
	35	Rentas de equipo y maquinaria (terceros)
	36	Reparaciones menores y refacciones
	37	Reparaciones mayores y refacciones
	38	Control de calidad y pruebas (hidrostáticas, mecánicas).
	39	Depreciación
	40	Limpieza y mantenimiento
	50	Herramienta consumible
	51	Herramientas menores
	52	Materiales de consumo
	53	Luz, fuerza, agua
	54	Efectos, útiles de escritorio y copias
	55	Comunicaciones
	56	Gastos de viaje
	57	Seguridad y agua potable
	58	Previsión social y cuotas sindicales
	59	Fletes y scarreos
	60	Relaciones públicas externas y aten.
	61	Costo de recuperaciones varias
	70	Cuotas del Seguro Social
	71	1% adicional educación
	72	Otros impuestos o derechos
	73	
	74	Seguros de daños
	75	Seguros y fianzas

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	80	Donativos exentos
	81	Otros gastos
	82	Gastos no deducibles
	83	Intereses inst. crédito en el país
	84	Intereses inst. crédito en el extranjero
	85	Intereses empresas en el país.
	86	Intereses empresas en el extranjero
	87	Intereses particulares en el país
	88	Intereses particulares en el extranjero
	89	Comisiones y situaciones bancarias
	90	Diferencias en cambios
	91	Perdidas por créditos incobrables
NOTA:		Cargos contra proveedores y contratistas, deben ser una área para poder distribuir los diferentes costos contra la cuenta precisa del caso.
	94	00 HONORARIOS
	95	00 CONTINGENCIAS Y ESCALACION
	100	00 PREPARACION Y MOVIMIENTOS DE TIERRAS
		10 Topografía (incluye trazo y nivelación del terreno).
		20 Desmonte
		30 Demoliciones
		40 Despalme
		50 Cártes y excavaciones (incluye carga).
		60 Acarreo
		70 Rellenos y terraplenes
		80 Drenes y bombas.

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	70	Especiales (los que son de fabricación específica y no están incluidos en los anteriores).
60	00	OBRA ELECTRICA
	10	Tierras con conexiones solubles con conexiones mecánicas con conexiones soldables y mecánicas con red general con red por áreas
	20	Pararrayos con varilla de tierras general con varilla de tierras para c/punta
	30	Fuerza alta tensión con cables de energía de 10001 a 8000 volts. Con cables de energía de 8001 a 15000 con cables de energía de 15001 a 25000 con cables de energía de 25001 a 35000 con ductería de asbesto cemento con ductería metálica con cables directamente enterrados.
	40	Subestaciones subestación compacta en 13.8 KV, servicio interior o intemperie Subestación compacta en 24 Kv, servicio interior o intemperie subestación compacta en 34.5 KV, servicio interior o intemperie. subestación de potencia de 2.4 a 34.5 KV, servicio interior o intemperie. subestación de distribución subestación tipo abierta
	50	Fuerza baja tensión con ductería aérea visible con ductería ahogada en concreto con ductería tipo charola con ductería tipo ducto embalsagado
	60	Control con arranque y paro local

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	70	Alumbrado y contactos monofásicos fluorescente incandescente vapor de mercurio vapor de sodio vapor de cuarzo tipo interior tipo intemperie tipo a prueba de explosión tipo con seguro de media vuelta tipo aterrizado
	80	Sistemas de comunicación y alarmas tipo teléfono tipo interfón tipo voco por bocina tipo corneta por bocina tipo sirena tipo manual tipo automático
	90	Varios
	00	INSTRUMENTACION
	10	Instrumentos receptores, amperímetros, estaciones de carga manuales, medidores, medidores varios, controladores locales, wattímetros.
	20	Transmisores rotómetros
	30	Interruptores de nivel, de temperatura, presión, etc., relays, relays de tiempo, programadores etc.
	40	Termopares, bulbos de resistencia, termopozos, etc.
	50	Elementos primario de flujos: placas de orificio, anubases, tubos, pilot. Discos de ruptu ra, rampas de vapor.

CUENTA	SUBCUENTA	CONCEPTO
	60	Valvulas de control, valvulas reguladores de presión, reguladores, valvulas de seguridad relevo, valvulas solenoide.
	70	Analectos para instrumentos, anunciadores de alarmas, tableros de control.
	80	Conductores de señales, líneas de alimentación.

**Estimación para Estudios Económicos.**- En los estudios económicos en que se proponen productos nuevos, procesos o instalaciones productivas, se necesita establecer el costo aproximado. El costo verdadero se puede determinar solamente construyendo la planta, una solución obviamente, poco práctica. La mejor solución después de ésta, es determinar el costo de la planta a partir del diseño completamente terminado, detallando toda la tubería hasta el último tornillo, toda la cimentación y todo el acero de refuerzo estructural, así como todos los costos del equipo y construcción. Sin embargo, la ingeniería y la estimación de costos detallados son muy costosos y tardados para llevarse a efecto en etapas de investigación y desarrollo y planeación en sus fases preliminares u otros estudios relacionados con alternativas. De esto se concluye que se puedan desarrollar métodos de exactitud razonable que se puedan emplear con un mínimo de ingeniería y que produzcan resultados adecuados mucho antes de que se tenga el diseño completo de la planta.

El método más simple y barato es usando curvas de capacidad vs. costo para diferentes tipos de equipos. Estas curvas se trazan con datos de plantas similares de varias capacidades. Las curvas que aparecen en las revistas técnicas se deben usar con mucho cuidado, ya que existen grandes diferencias en los métodos y en el tipo de información usados en su elaboración.

Los datos obtenidos se corrigen por los efectos inflacionarios, de acuerdo a los métodos desarrollados más adelante. Las curvas de Costo-Capacidad por lo general, se ajustan a una ecuación de la forma siguiente:

$$C = kQ^n \quad (1)$$

C : Costo del equipo (o planta) al año base,

Q : Capacidad del equipo (o planta)

k : Constante típica del producto y/o planta

n : Constante, cuyo valor generalmente queda comprendido entre 0.60 y 0.70

Esta ecuación exponencial es especialmente útil, cuando se conoce un costo o puede definirse con precisión a una capacidad establecida y se necesita estimar un costo a otra capacidad algo diferente. En este caso:

$$\frac{C_2}{C_1} = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^n \quad (2)$$

El subíndice "1" indica la capacidad y costo conocidos en tanto que el "2" lo es para la unidad propuesta.

Esta ecuación exponencial es, desde luego, una generalización. En las estimaciones finales, la tendencia es hacia una estimación mayor a lo real, ya que los tamaños normales de los equipos y

materiales como tuberías crecen en forma discontinua y por lo general se toman al tamaño mayor. Además las cifras se ven influidas por una gran cantidad de decisiones a todos los niveles, lo que provoca que el costo individual de una planta se desvíe, en muchos casos marcadamente, del promedio.

Uno de los factores que mas influyen en la preparación de estimaciones usando las curvas de costo capacidad es el efecto de "aprendizaje". Si una compañía diseña y construye una serie de plantas de tipo similar, habrá una tendencia en tiempo y costo hacia la preparación de proyectos de mayor capacidad por la misma cantidad de dinero, suponiendo que la compañía sea técnicamente agresiva, consciente de los costos y tenga una rotación de personal normal. Como resultado de lo anterior, los puntos mas recientes en las curvas costo-capacidad caerán, en general, mas abajo que los primeros, después de corregir por efectos de inflación.

A pesar de que son solo una generalización, las curvas costo-capacidad, son de gran utilidad en la evaluación económica de las plantas de proceso. En combinación con factores similares relativos a los costos de operación e indirectos, proporcionan una base de comparación entre las plantas grandes de proceso continuo sobre las plantas pequeñas. Sin embargo, debe tenerse presente que la exactitud de las curvas se pierde fuera de la gama de los valores de capacidad en que se basa la correlación.

Estimaciones para Estudios Comparativos.- Las curvas de Costo-Capacidad, prácticamente no se usan durante la fase de definición del proyecto para determinar las diferencias de costo entre varios procesos. En este tipo de estudios es deseable, desde el punto de vista de la exactitud, preparar dos diseños detallados completos pero esto es muy costoso; es necesario, entonces, preparar las estimaciones comparativas con diseños aproximados e incompletos. El grado de avance para el diseño en estudio es un arreglo balanceado; por una parte la mejoría y exactitud de las estimaciones a medida que avanza la ingeniería, contra el incremento geométrico de los costos de hacer un diseño más detallado y exacto.

Existen dos métodos generales para la preparación de estimados basados en un diseño parcial. El primero es llevar el diseño preliminar hasta un punto en que se puedan hacer las listas de materiales y cotizarlas como si fueran finales. En algunos proyectos, éste método rinde excelentes resultados, en tanto que en otros, típicamente las plantas de proceso, la tendencia es a ir demasiado lejos en el detalle, a un costo considerable, sin el logro de una exactitud consecuente. A veces el diseño se diluye en un gran número de detalles, sin mucha atención a su valor relativo en pesos y centavos.

El segundo método, concentra el trabajo de diseño en unos pocos elementos clave, determinando los demás costos por relaciones estadísticas entre los elementos clave y los otros elementos del proyecto. Para una planta de proceso, estos elementos clave son, obviamente, los equipos mayores. Estos no solo representan un porcentaje

substantial del costo total, sino que por su sola presencia, establecen las necesidades para los otros elementos de costo de la planta. Lo anterior se verá mas claramente si se considera que en todos los lugares y en todos los tiempos, la distribución del ingreso en una economía estable estará determinada aproximadamente por la siguiente ecuación:

$$y = a(x)^{-v} \quad (3)$$

y = Número de personas que tienen en ingreso igual o mayor a "x"

$$v \approx 1.50$$

Esto significa que en toda comunidad estable siempre habrá porcentajes establecidos de personas en las capas superiores, media e inferior de la curva de distribución de ingresos. La distribución es prácticamente constante sin importar si la comunidad es rica y próspera o pobre.

Este es solo un ejemplo de una ley mas general llamada "Ley de Distribución de Habilidades Especiales".

El principio de Pareto, definido líneas arriba, nos indica que un número pequeño de elementos (20%), representa la mayoría del costo del proyecto (80%). El resto de los elementos (80%) contribuye muy poco en el costo (20%).

Este principio tiene muchas aplicaciones diarias en la vida de una empresa y se pueden señalar las siguientes:

- Sistema de Control de Inventarios ABC. Está basado en este principio; el 20% de los artículos representan el 80% del valor de los inventarios.
- El 80% del valor de los contratos proviene del 20% de los clientes de la empresa.
- El 80% del ausentismo por enfermedad proviene del 20% de los empleados.
- El 80% de un presupuesto se localiza en el 20% de los conceptos que lo integran.

Aplicando este concepto a una lista de 100 actividades, si se realizan 20 de ellas, se obtendrá el 80% del valor total de los resultados, siempre y cuando se escojan los más importantes.

En consecuencia, al fijar prioridades en la planeación se debe tener cuidado de vigilar aquellas pocas actividades importantes que proporcionen el 80% de los resultados.

Otra implicación de este principio es que los recursos y los esfuerzos tienden en general a emplearse en el 80% de los eventos que prácticamente no producen los resultados mayores del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se deben seleccionar las actividades más productivas, fijarles una prioridad y concentrar todos los esfuerzos y recursos en uno solo a la vez.

El método de "diseño parcial" se usa para investigar problemas como seleccionar el mejor método para conectar una sección de equipos interrelacionados o la comparación de costos de dos tipos de cimentaciones.

El método "estadístico" se usa solamente en los casos en que se desea comprobar el efecto de cambios en equipo mayor o en el cambio de localización de la planta.

Se puede decir que la calidad de la ingeniería afecta enormemente el costo de la planta y también la calidad de las estimaciones hechas en las diversas etapas del proyecto. Los estimadores dependen del grupo de diseño. Se puede perder tiempo en días calendario y horas-hombre cuando es necesario estar preguntando y haciendo aclaraciones constantemente. Especialmente cuando se hacen cambios en el diseño una vez que se ha comenzado la estimación; el costo se aumenta considerablemente, en especial cuando se efectúan modificaciones de última hora. Por lo anterior se concluye que, habiendo mutuo entendimiento entre los grupos de diseño y de costos, los resultados se mejorarán substancialmente.

Estimaciones Basadas en Relaciones de Equipo.- El equipo mayor se diseña y selecciona en las primeras fases del proyecto, de acuerdo con capacidad, tamaño, número y materiales de construcción. Este equipo se puede costear relativamente rápido por medio de cotizaciones de proveedores, información de proyectos anteriores u otras fuentes. Sin embargo existe una gran cantidad de equipos auxiliares que no se pueden costear sin hacer una cantidad grande de ingeniería, tales como bombas, transportadores, instrumentos, etc. En estos casos, un análisis de los costos en proyectos anteriores, permitirá el establecimiento de relaciones de costos en equipos mayores y su equipo auxiliar. Si se conoce el costo del equipo mayor y su relación con el equipo auxiliar correspondiente, para el nuevo proyecto, se puede determinar el costo aproximado del equipo auxiliar nuevo sin esperar hasta que la ingeniería quede terminada.

Para hacer uso de un sistema de este tipo, se deben definir claramente sus componentes en forma similar a lo mostrado en la Tabla II. La gama total de  $e_a$  va de 0.00 a cerca de 2.00 con valores más usuales en el rango 0.25 a 0.60. La amplitud en los valores, indica la necesidad de seleccionar adecuadamente el equipo mayor y los auxiliares correspondientes. Es esencial entonces, contar con una tabla de relaciones de proyectos pasados. Se debe considerar siempre que el componente de los costos del equipo auxi-

## TABLA II

## CLASIFICACION DE EQUIPO DE PROCESO

EQUIPO DE PROCESO MAYOR, E<sub>m</sub>

Se trata de equipo en que el material en proceso sufre un cambio de estado, condición o es almacenado. Incluye motores, agitadores, calentadores y otros elementos armados en la planta del proveedor. Se incluyen equipos como:

- Columnas de destilación
- Secadores
- Filtros
- Evaporadores y cristalizadores
- Hornos completos con aislamiento/refractario
- Calentadores a fuego directo
- Calderas
- Compresores
- Torres de enfriamiento
- Sistema de refrigeración
- Transformadores y rectificadores
- Equipo para tratamiento de aguas
- Ensacadoras
- Tanques de almacenamiento
- Reactores
- Lavadoras de gases
- Precipitadores electrostáticos
- Cambiadores, condensadores, hervidores

## NO SE INCLUYEN A MENOS QUE SEAN PARTE INTEGRAL DEL EQUIPO

- Transportadores
- Instrumentos y equipo de control eléctrico
- Aislamiento, tubería y cable
- Bombas de transferencia
- Alimentadores

EQUIPO AUXILIAR, E<sub>a</sub>

Es el equipo asociado con el equipo mayor, necesario para el movimiento del material, instrumentación, control del proceso y eléctrico:

- Instrumentos de control y medición
- Válvulas de control y de seguridad
- Silenciadores
- Transportadores y elevadores
- Gruas
- Centros de control de motores
- Bombas
- Básculas
- Secadores de aire

NO SE INCLUYEN A MENOS QUE SEAN PARTE INTEGRAL DEL EQUIPO,

- Ductos para aire o gas
- Aislamiento
- Tubería
- Tubería y cableado para instrumentos
- Subestaciones para distribución de potencia (considerados como parte del sistema de distribución).
- Cableado

La relación de equipo auxiliar a equipo mayor viene dada por:

$$e_a = \frac{E_a}{E_m}$$

liar por este método difícilmente será tan exacto como la selección y costeo finales. A medida que avanza el diseño, el equipo auxiliar se puede listar y costear con detalle, mejorando substancialmente la calidad y exactitud del estimado, aún en el caso de que se determinen otros elementos en base a relaciones de costos.

Estimaciones basadas en Relaciones Equipo-Material.- En forma análoga a la anterior, se pueden desarrollar relaciones entre el equipo mayor y el material para hacerlos operables. Esto incluye no solamente el material asociado directamente con el equipo v.g., cimentaciones estructuras, soportes, aislamiento, tubería y cableado, sino también los materiales necesarios para mejorar el sitio, servicios auxiliares, edificios y otros servicios necesarios en la planta. Los materiales se pueden desglosar haciendo las relaciones en grupos, tal como se puestra en la Tabla III. Con este fin se usa el costo total de los equipos mayores más el costo del equipo auxiliar, como base de las relaciones.

En la preparación de un estimado, se seleccionan las relaciones de material de acuerdo a experiencias con unidades similares en proyectos anteriores. Cuando se aplican al costo total del equipo del nuevo proyecto, se obtienen totales aproximados de los materiales asociados. Puesto que cada una de las relaciones se consideran por separado, debe tenerse mucho cuidado en su selección para que reflejen adecuadamente las características del nuevo proyecto.

Las estimaciones preliminares de costo para las etapas iniciales, pueden hacerse enteramente en base a relaciones de costo. A medida que avanza la ingeniería, se tiene a mano información adicional, por lo que algunos grupos de material se pueden estimar por medios más exactos. Esto es particularmente cierto para los edificios que en general se pueden diseñar por tipo y tamaño y costear en base a (\$/m<sup>2</sup>), con un diseño preliminar. Sin embargo, debe tenerse siempre presente que las cifras se comprobarán cuando difieren substancialmente, con las relaciones "equipo-material" de otros proyectos.

Quando se calculen las relaciones "equipo-material", es necesario usar el valor del equipo cuando nuevo, en el caso de reposición, equipo usado o transferido. Esto es lógico, si se piensa que se necesitará el mismo concreto, soportes, cableado, etc., sea para un equipo nuevo o usado. Sin embargo al establecer la tabulación final de costos, se debe anotar el costo real de la unidad.

La Tabla IV muestra la magnitud de las relaciones "equipo material". El amplio margen en las relaciones se debe a que los proyectos analizados son bastante diferentes.

La mejor fuente de datos es, como siempre, el archivo de proyectos anteriores de la compañía. Como se dijo anteriormente, la información publicada es de validéz dudosa debido, entre otras causas, a las variaciones de las prácticas contables. Así, pues las -

## TABLA III

## GRUPOS DE MATERIAL PARA RELACIONES DE EQUIPO

## EQUIPO-TUBERIAS, Mp:

## Incluye:

- Ductos para aire y gas
- Tuberías, conexiones, pernos, juntas, soportes, aislamiento, accesorios, etc.
- Drenajes de proceso y chimeneas
- Válvulas excepto las de control y de alivio/seguridad

## No se Incluyen:

- Equipo auxiliar listado previamente
- Tubería y ductos fuera del límite de baterías (Md)
- Tubería y cableado para instrumento y control (Mi)
- Plomería (Msb)
- Drenaje para lluvia (My)

## CABLE-EQUIPO, Mw:

## Incluye:

- Barras, buses, ductería, cable, accesorios, conduit, aislamiento.

## No se Incluye:

- Equipo eléctrico fuera de los límites de batería (Md)
- Instrumentos de medición y control, CCM, etc (Ea)
- Cables para iluminación (Mb)

## MATERIAL PARA INSTALACION-EQUIPO, (Mi)

## Incluye:

- Cimentaciones, aislamiento, soportes y pintura
- Cajas de instrumentos, tableros, tuberías y cable para instrumentos de control.
- Plataformas, escaleras y pasillos

## No se Incluye:

- Entrepisos de edificios, losas, escaleras de edificios
- Aislamiento de tuberías, cable de fuerza, tubería de proceso

MATERIAL TOTAL PARA EDIFICIOS,  $(M_b + M_{sb})$

Material para el edificio de proceso:  $M_{pb}$

Incluye:

- Aire acondicionado, iluminación, ventilación para los edificios de proceso
- Superficie para almacenamiento dentro del edificio
- Superficie para los equipos de proceso dentro del edificio, incluyendo cimentaciones, paredes, techos y divisiones
- Servicios y mejoras al terreno que sirvan al edificio de proceso

MATERIAL Y EQUIPO DE LA CASA DE FUERZA  $M_{sb}$

Incluye:

- Edificio para cafeterías estacionamiento, oficinas, baños-vestidores y almacenes
- Plomería y acondicionamiento de aire para lo anterior
- Equipo para primeros auxilios, lockers, divisiones
- Iluminación, gruas, rociadores
- Equipo del taller de mantenimiento

No se Incluye:

- Drenajes, servicios para estos edificios

MATERIAL DE DISTRIBUCION:  $M_d$

Incluye todo el material y equipo necesario para distribuir los servicios de y hacia las unidades de proceso v.gr,

- Edificios y/o espacios para cuartos de servicios
- Fuerza ( $M_{de}$ )
- Combustible, aire, refrigeración ( $M_{do}$ )
- Líneas de producto a clientes
- Materias primas y producto terminado ( $M_{dp}$ )
- Vapor ( $M_{ds}$ )
- Agua ( $M_{dw}$ )
- Puentes y soportes para tubería en patio, ( $M_{db}$ )

No se Incluyen:

- Material para distribución en aéreas de Proceso: ( $M_p$ )
- Drenaje ( $M_y$ )
- Partidas consideradas como equipos de proceso
- Generadores eléctricos, calderas, rectificadores, equipo de refrigeración, equipos para tratamiento de agua y efluentes,

**EQUIPO PARA MEJORAS AL TERRENO: M<sub>y</sub>****Incluye:**

- Cercas, jardines, iluminación (M<sub>ym</sub>)
- Espuelas de F.C. (M<sub>yt</sub>)
- Camino, banquetas (M<sub>yr</sub>)
- Muelles y otros (M<sub>yo</sub>)
- Drenajes (M<sub>ys</sub>)

**TOTAL DE MATERIAL DE LA PLANTA: M<sub>t</sub>**

$$M_t = M_i + M_p + M_b + M_d + M_y$$

Incluye todo el material para una planta completa, excepto - el equipo de proceso.

TABLA IV

## VALORES TÍPICOS DE LAS RELACIONES DE MATERIAL

## RELACIONES DE EQUIPO DE PROCESO A MATERIAL

Tubería	$mp = M_p/E_p$	0,08 a 0,56
Cableado	$mw = M_w/E_p$	0,03 a 0,08
Instalación de equipo	$mi = M_i/E_p$	0,18 a 0,28
Cimentación soportes y aislamiento		
Total de material a equipo de proceso	$me = M_e/E_p$	0,27 a 0,73

## RELACIONES PARA MATERIAL DE EDIFICIO

Edificio de proceso (cerrado)	$mpb = M_{pb}/E_p$	0,25 a 0,33
Edificios de servicios	$msb = M_{sb}/E_p$	0,04
Total materiales para edificios	$mb = M_b/E_p$	0,30 a 0,37

## MATERIAL PARA DISTRIBUCION

Fuerza eléctrica	$mde = M_{de}/E_p$	0,08
Distribución de vapor	$mds = M_{ds}/E_p$	0,03
Distribución de agua	$mdw = M_{dw}/E_p$	0,04
Líneas para M.P y de productos	$mdp = M_{dp}/E_p$	variable
Puentes de tubería	$mdb = M_{db}/E_p$	0,01
Otros	$mdo = M_{do}/E_p$	variable
Total material de distribución	$md = M_d/E_p$	0,16

## MATERIAL PARA MEJORAS AL TERRENO

Acarreo	$myt = M_{yt}/E_p$	0,01
Calzadas, estacionamientos	$myr = M_{yr}/E_p$	0,02
Drenajes	$mys = M_{ys}/E_p$	0,02
Bardas, iluminación, banquetas	$mym = M_{ym}/E_p$	0,01
Otro material para mejoras al terreno	$myo = M_{yo}/E_p$	variable
Total material para mejoras al terreno	$my = M_y/E_p$	0,06

## TOTAL DEL MATERIAL PARA LA PLANTA

	$mt = M_t/E_p$	0,84 a 1,12
--	----------------	-------------

FUENTE: Análisis de la información generada en 55 proyectos, Archivos Personales 1972-1980,

estimaciones y costos archivados deben basarse en sistemas y procedimientos contables idénticos, si se quieren tener resultados satisfactorios. Por ejemplo, las rentas de equipo de construcción, se pueden tratar como un cargo de mano de obra o bien, desde un punto de vista contable, ser listados como material. Se pueden usar las relaciones calculadas en ambas formas, pero si se estiman en una base, con datos registrados en otra base, se pueden cometer errores de cierta magnitud.

**Costos Estandar.**- Las estimaciones hechas con relaciones de costos, son afectadas por los cambios en precios que los equipos y materiales sufran de mes en mes y de año en año.

Si la inflación (o deflación) cambia el valor de la moneda, los precios de equipo y materiales se moverán en la misma dirección, los valores de las relaciones permanecerán iguales por un cierto tiempo. Sin embargo, siempre existen factores que trabajan más en algún tipo de equipos y/o materiales que en otros. En consecuencia, es necesario mantener todos los archivos de estimaciones y relaciones en términos de costos a una fecha clave. En esta forma se pueden llamar "costos normales o estandar" o costos en "pesos normales o estandar".

Cuando se compran equipos y/o materiales en varios países con diferentes niveles de precios y monedas, es absolutamente necesario establecer el sistema de costos del proyecto en base a "pesos normales" y pasarlos después a un índice apropiado.

**Costos por Mano de Obra.**- Desde hace mucho tiempo, se ha encontrado que existe una relación entre los costos de equipo y materiales con los de la mano de obra necesaria para instalarlo.

La magnitud de estas relaciones de horas-hombre normales/pesos normales, variarán de acuerdo al equipo y material involucrados.

Se deben tomar en cuenta variaciones en las condiciones locales de la mano de obra y hacer las correcciones necesarias. Se deben también tomar en cuenta los factores de productividad para corregir las horas-hombre y pasarlas a la base de horas-hombre en condiciones normales o estas últimas a horas-hombre esperadas en el trabajo a efectuarse.

Multiplicando las horas-hombre esperadas por los sueldos, según tabulador y por oficio, se tendrá el estimado de costo directo.

**Estimaciones Definitivas.**- Estas son las estimaciones de máximo orden preparadas antes del diseño detallado. Se basan en una definición firme del proyecto, que requiere aún una gran cantidad de trabajo de diseño. El diseño, en este caso, se concentra en las características principales del proyecto y que tienen la máxi-

ma influencia en el costo del proyecto. No se debe gastar mucho tiempo en el diseño de equipo y elementos normales. El de estos se puede aproximar adecuadamente por métodos estadísticos.

Las estimaciones definitivas deben ser suficientemente exactas para que las desviaciones con el costo final no afecte substancialmente el valor del proyecto a la planeación financiera de la empresa. Para una compañía en operación, los límites se establecen dentro de  $\pm 12\%$ .

Esta exactitud se puede obtener usando los métodos de relaciones discutidos con anterioridad. En el caso del contratista, para trabajos a precio alzado o máximo garantizado, deben ser, necesariamente, más exactos. Las estimaciones por relación requieren de registros extensos de gran calidad y de un análisis estadístico cuidadoso en el manejo de los diferentes operadores, en casos como estos son útiles los análisis por regresión múltiple hechos con computadoras.

Debido a su gran exactitud y velocidad, la computadora se usa cada vez más en los trabajos de estimación de costos.

Muchas compañías están desarrollando constantemente programas de computadora para diseñar equipos de proceso (bombas, compresoras, tanques, cambiadores de calor, torres de destilación, etc.). La mayoría de estos programas incluyen alguna estimación del costo estándar, como parte del estudio de optimización para seleccionar el mejor equipo para el servicio. Estos precios pueden usarse como base para las relaciones de estimación descritas con anterioridad.

#### AJUSTES POR LA PLAZA, PRECIOS Y SALARIOS

Para estimaciones en estudios económicos, estas correcciones se pueden hacer por medios aproximados y con frecuencia arbitrarios, ya que no se conocen con certeza el lugar ni la fecha en que se arrancará la construcción. En la etapa de definición, el lugar y la fecha son datos de lo más importante, algunos de los estudios comparativos más valiosos se deben hacer con los costos obtenidos en varios sitios y fechas.

Las necesidades de diseño más afectadas por las condiciones y el lugar son:

- Edificios.- Las necesidades del proceso y los servicios requeridos, pueden verse influidos por el clima y la oferta local de estructuras y materiales.
- Sistemas de Distribución.- Para los servicios, comunicaciones, etc.

PRODUCTO		LUGAR		FECHA	PROY. N°	
PROCESO				REV. EST.		
CAPACIDAD				TIPO EST.		
BASE DE ESTIMACION				CLASIFICACION:		
				EQ. NO LISTADO		
				INDICE DE COSTO		
				FACTOR DE PRODUCTIVIDAD		
DESCRIPCION	MATERIAL	M-H / \$ M		MANO DE OBRA		TOTAL
		ESTO.	PROY.	M-H	PRECIO	
ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO						
EQUIPO MAYOR (INCLUYE EQ. NO LISTADO)						
VALOR NUEVO DE EQ. REUSADO						
EQ. REUSADO NO LISTADO						
TOTAL EQ. MAYOR Em						
EQ. AUXILIAR INC. EQ NO LISTADO						
TOTAL EQ. DE PROCESO						
MATERIAL DE INSTALACION						
TUBERIA Y CONEXIONES						
CABLEADO						
MATERIAL DE CONSTRUCCION						
SALARIO EFECTIVO	SUBTOT. MAT. NUEVO					
	SUBTOT. INCL. M. REU.					
COSTO INGENIERIA						
COSTO EN CAMPO % DEL SUBTOT.						
COSTO EST. TOTAL				CAMPO		
RESERVA RESTRINGIDA 25 %						
COSTO ESTIMADO TOTAL MAS RESERVA RESTRINGIDA						
EXP. COMBT.	ESTIMADO	POR	FECHA REV.	REV. POR	APROB. POR	M-H EST.

FIG. 4-ESTIMADO DE COSTO POR RELACIONES DE EQUIPO

- Mejoras al lugar.- Carreteras, ferrocarriles, cimentaciones, bardas, desmonte, relleno, excavaciones, etc.

Los elementos afectados por la localización geográfica y las condiciones económicas, al momento de arrancar la construcción son:

- Precios de equipo y materiales
- Fletes
- Salarios
- Productividad de la mano de obra

Ajustes por tipo de Edificios, Sistemas de Distribución y - Otras Necesidades debidas al lugar de Construcción.- El método de relaciones es adecuado para estimaciones muy preliminares. Para un sitio específico, se tiene que desarrollar un plano de distribución, basado en los tamaños preliminares del equipo principal y las estructuras. Con estos datos, se pueden establecer los tamaños y las relaciones entre los diversos edificios y equipos, servicios fuera del límite de baterías, calzadas, espuelas, estacionamientos, drenajes y cercas perimetrales. Los planos topográficos y estudios de mecánica de suelos darán la pauta para el movimiento de tierras, excavaciones y cimentaciones. Las necesidades de desmonte se pueden establecer por inspección. Se considerarán con cuidado las condiciones de las instalaciones existentes que se van a usar en el proyecto y estimar los costos para recondicionarlos - en caso necesario, para ponerlas en condiciones de servicio.

Todos los elementos descritos, se pueden estimar en base a precios unitarios, usando información publicada o, mejor aún, usando datos desarrollados por la compañía en proyectos anteriores.

Ajustes por las Condiciones Locales de Precios de Equipos y Materiales.- Como se sabe, los precios de equipo y materiales cambian de tiempo en tiempo de acuerdo con las condiciones locales del mercado y en general del estado de inflación o deflación de la economía del país. Estas diferencias en los precios respecto al tiempo y lugar se pueden medir por medio de los Indices de Precios. Un Índice de Precios es el nivel de precios en un cierto tiempo y lugar, dividido por el nivel de precios que se ha tenido por los mismos artículos dados en una base de tiempo y lugar bien definidos. Se debe tener presente que los Indices de Precios publicados, se han desarrollado en forma particular y con propósitos diferentes. Ningún índice es satisfactorio para todos los propósitos. Es recomendable tener algún conocimiento de los principales índices, las condiciones y premisas en que fueron desarrollados y la forma en que se pueden emplear.

Usados con precaución, los índices son de utilidad, teniendo en cuenta principalmente las fuentes y el propósito, para el que fueron desarrollados. Para estimaciones muy exactas y cotizaciones a precio alzado, los índices presentan dos fallas principales:

- Retraso en el tiempo.- El tiempo empleado en obtener, analizar y publicar la información, es en el mejor de los casos, de varios meses, especialmente cuando un índice, y el caso es frecuente, se basa en datos recopilados y publicados por otras instituciones,
- Falta de sensibilidad.- La mayoría de los índices se basan, por necesidad, en listas de precios publicados, en lugar de los precios de mercado pagados por organizaciones con posiciones fuertes para negociar. Los últimos tienden fluctuar mucho más ampliamente de acuerdo al clima económico del momento y a las ventas realizadas por los proveedores.

Un método de uso común, es reducir la confianza en los índices, solicitando cotizaciones para los principales elementos de la estimación relacionarles al índice y comparar las variaciones que se presenten.

El comprador estará siempre en una mejor posición de negociación si conoce de antemano los precios a los que puede comprar, de acuerdo a su sistema de costos y a su Índice de Precios.

Ajustes por Fletes, Impuestos de Importación y Relación de Cambio con Monedas Extranjeras.- Los fletes de equipo, excepto para lugares muy remotos, son en general relativamente pequeños. El costo promedio de los fletes para equipo de proceso es del orden - 1% a 2% del costo del equipo.

Los costos de equipo importantes y en distancias grandes, se pueden calcular con la ayuda del Departamento de Tráfico. Si no existe este tipo de ayuda; los ferrocarriles, líneas de transporte por carreteras, navieras, etc., que llegan al sitio, pueden colaborar en la estimación.

El equipo transportado por barco necesita de empaque especial cuyo costo puede, en algunos casos, ser muy importante.

Los impuestos de importación pueden variar drásticamente los costos, especialmente en los casos en que los equipos o sucedáneos se fabrican localmente.

En equipos de importación, también se deben considerar los tipos de cambio, que son publicados diariamente en el New York Times, Wall Street Journal y las secciones financieras de los periódicos locales. Algunos países mantienen varios tipos de cambio, dependiendo del tipo de la transacción a efectuarse.

Salarios Efectivos.- Los salarios efectivos de un proyecto, o de un cierto tipo de trabajo en un proyecto, incluye el salario base local para la especialidad, mas los impuestos federales y estatales, cuotas al IMSS, cuotas al sindicato (en su caso), INFONAVIT, etc. El salario efectivo se puede definir por la ecuación:

Sal. Efectivo =  $\frac{\text{Costo Directo o mano de obra}}{\text{H-H Totales}}$  (4)

El pago de honorarios y/o sueldos a los residentes, tomadores de tiempo, supervisores, sobrestantes, etc., no se incluyen en estos cálculos, puesto que se consideran como costos indirectos.

Puesto que existen cuando menos 14 variables que inciden en el costo de la H-H es mejor, si es posible, calcular el salario efectivo analizando un trabajo anterior de características similares incorporando las correcciones que sean necesarias debidas al cambio de condiciones.

Para ayudar al cálculo de los sueldos efectivos, se van a discutir cada una de las variables en forma individual.

Efecto de la Especialidad.- Tradicionalmente la construcción se ha hecho por especialidades, con un salario base específico. Con el transcurso del tiempo las diferencias entre las especialidades se han hecho muy marcadas.

Las reglas de trabajo especifican, no solamente la especialidad que se debe emplear en cada tipo de trabajo, sino también las categorías de los obreros con una relación bien establecida entre sobrestantes, oficiales, ayudantes y aprendices. Téngase presente que se puede, por ejemplo, exigir el mismo número de electricistas que de mecánicos, para el movimiento de transformadores grandes o tener un operador para cada compresor, etc. De lo anterior se desprende que las buenas relaciones entre sindicato y contratista son muy importantes en el desarrollo del trabajo.

El estimador con experiencia en campo conoce cuales especialidades se requieren en cada fase del trabajo. Cuando no se tiene mucha experiencia, queda el recurso de los archivos y la opinión del personal de campo.

Salarios Base por Zona.- En este caso se tienen las listas oficiales del Gobierno de la República en la que se detallan los salarios mínimos por zona.

Para proyectos grandes es necesario cerciorarse de que los sindicatos tienen personal suficiente en todas las especialidades para realizar el trabajo, en caso contrario, se traerá personal de otras localidades pagados en base al sueldo mayor.

#### PRODUCTIVIDAD

Cada proyecto se realiza en condiciones sui generis y las variaciones geográficas, socioeconómicas, climáticas, etc., son enormes; sin embargo, para efectos de estimación se supone que, para colocar un cierto material con un costo determinado, se necesita una cantidad determinada de horas-hombre estandar, es decir,

son las H-H. necesarias para hacer el trabajo en las mejores condiciones. Estas H-H estandar se deben ajustar por un "factor de trabajo" que tome en cuenta las condiciones de trabajo en que se realiza la labor y basado en esto, calcular una productividad.

Por desgracia la productividad depende de una gran cantidad de variables, algunas de las cuales tienen una influencia fundamental, otras son intangibles y no se pueden reducir a números fácilmente. En estas condiciones, la predicción de la productividad es bastante difícil, si no imposible. Sin embargo la necesidad de obtener un dato obliga a estudiar las condiciones de trabajo y su relación con la productividad con objeto de obtener información valiosa en la administración de los proyectos. Esto permitirá optimizar la productividad manejando las condiciones bajo las que se realiza el trabajo.

Para atacar el problema, se considerará individualmente cada una de las condiciones que puedan tener un efecto significativo en la productividad. Se discutirá como y por que cada una de ellas influye en la eficiencia y desarrollar los incrementos en porcentaje experimentados a medida que el trabajo se aparta de lo ideal, calificándolas en buenas, regulares y malas. Para calcular las condiciones en un trabajo determinado, el estimador asigna los porcentajes que considera apropiados. Cuando se aplica este procedimiento a trabajos ya realizados, puede servir como prueba y proporcionar cierto grado de confianza. Este método permite usar toda la experiencia y juicio del estimador.

El método tiene además la ventaja de que el estimador realiza un trabajo organizado para establecer las cifras de productividad. Cuando el proyecto se ha terminado, siempre tiene la oportunidad de revisar sus notas originales y comparar su predicción con las condiciones en que se desarrolló realmente al trabajo. Esto servirá de base para mejorar el desarrollo en proyectos subsiguientes.

La Figura 5 es una "Hoja de Condiciones de Trabajo" típica, que encierra las condiciones principales que afectan la productividad.

Recuérdese que las H-H estandar se establecen para que representen la productividad bajo las condiciones más favorables. Según esto, el valor más bajo, o favorable, de cada rango es cero. El valor mayor, representa el límite superior observado para la actividad en cuestión de acuerdo a la experiencia del autor. Bajo condiciones especiales y en otros países, los límites pueden variar considerablemente. A continuación se describen los cuatro grupos de condiciones de trabajo.

Dirección y Supervisión de Campo.- Comprende tres fases, que son:

## FIGURA 5

## ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

Proyecto	No.	Fecha
Lugar	Por:	Calificación
		NORMAL PROYECTO
<b>ADMINISTRACION Y SUPERVISION DE CAMPO</b>		
- Competencia y Actitud de los supervisores		0 a 6%
- Organización y programación del residente		0 a 5%
- Grado de supervisión		0 a 3%
<b>FUERZA DE TRABAJO EN CAMPO</b>		
- Variaciones geográficas		0 a 25%
- Condiciones de contratación locales		0 a 20%
- Situaciones locales de trabajo		0 a 25%
<b>CONDICIONES FISICAS DE TRABAJO</b>		
(Ajustar los valores a la relación del trabajo afectado)		
- Equipo y herramientas		0 a 5%
- Instalaciones y servicios para construcción		0 a 4%
- Condiciones del tiempo		0 a 30%
- Lodo, polvo y altura		0 a 25%
- Humo, calor, frío y áreas peligrosas		0 a 25%
- Profundidad		0 a 10%
- Limitaciones de acceso		0 a 10%
- Lejanía		0 a 6%
- Carreteras		0 a 3%
<b>PROGRAMACION Y COORDINACION</b>		
- Duración relativa a la óptima		0 a 4%
- Turnos y tiempo extra		0 a 20%
- Congestionamiento		0 a 10%
- Dilaciones debidas a falta de coordinación		0 a 20%
- Coordinación con Ingeniería		0 a 4%
- Coordinación con clientes		0 a 4%
- Coordinación con Compras		0 a 4%
- Calidad de fabricación de los vendedores		0 a 8%
- Tamaño del proyecto		0 a 10%
<b>OTROS</b>		
TOTAL		0 a 90%

Fuentes: Fernández Díaz del R, "Seguridad" en Administración de la Construcción- Centro de Educación Continua UNAM, Junio (Julio 1977, Suárez Salazar - C. "Ingeniería de Costos de Construcción". Centro de Educación Continua UNAM, Febrero 1979.

Análisis de datos personales 1975-1980. Voelker C.H. Chem Eng. Nov. 23, 1964 P.119-124

- La competencia y actitud de los supervisores, superintendentes e ingenieros en campo, se puede calificar de "Excelente hasta "Mediana" con valores que van desde (+ 6) hasta (0). Una calificación de (+ 2) representa una supervisión buena promedio. El valor final para todo el grupo de supervisión se obtiene multiplicando el valor para cada categoría, por el porcentaje de supervisores que caen dentro de esa categoría y totalizando.
- La calidad de organización, programación y liderazgo esperado del residente, se califica en la misma forma. El residente promedio tendrá una calificación de (+ 2). La verdadera influencia del residente es bastante mayor a las indicadas por los valores numéricos señalados. Se deduce de lo anterior que los mejores residentes se enviarán a las obras más difíciles, en donde las condiciones adversas proporcionan espacio suficiente para ejercitar su ingenio y experiencia.
- La supervisión será no solamente de la calidad necesaria, si no también en cantidad suficiente y estar con la debida anticipación en el campo para planear el trabajo y resolver las dificultades según se presenten. La cantidad de supervisores para una cobertura adecuada depende, en cierta forma, de las condiciones en que se lleva a cabo la obra. Si estas se presentan difíciles, se deben tener suficientes supervisores para dar atención a las actividades críticas, mientras que se lleva en forma eficiente el trabajo de rutina.

La relación de H-H respecto a las H-H de supervisión por disciplina, proporciona una base numérica para medir la cantidad de supervisión que se está dando en la obra. La calificación para el nivel de supervisión va desde (0) para relaciones de 10, (+ 3) para relaciones sobre 20. La experiencia muestra que para trabajos normales en construcción de plantas de proceso la relación que da entre 10 y 15 H-H de especialidad por H-H de supervisión.

Se pueden aceptar relaciones superiores si el trabajo es normalizado y repetitivo. Cuando el proyecto es difícil y de naturaleza muy técnica, se tendrán relaciones menores.

Una relación trabajo/supervisión anormalmente baja, indica que se está sobre-supervisando. La sobresupervisión se detecta rápidamente en pesos y centavos y por tanto es más fácil de reconocer que la sutil pérdida de grandes sumas de dinero debidas a una baja eficiencia en el desarrollo de los trabajos, debida a una supervisión insuficiente. Es importante tener presente también, que la asignación del residente y el grupo de supervisión, se haga con tiempo suficiente, para permitir que se familiaricen con el proyecto y puedan planear y programar adecuadamente su trabajo. La calidad y cantidad de la supervisión debe establecerse desde el

principio. El agregar o quitar supervisores a mitad de la obra es una solución mediocre, ya que las H-H perdidas no se pueden recuperar y son difíciles de erradicar malos hábitos de trabajo una vez que se han desarrollado.

Fuerza de Trabajo en el Campo.- La calidad y actitud de la mano de obra en construcción varían de un lugar a otro y también con el tiempo. Puesto que el tipo de trabajo tiene un gran componente de labor manual, los factores pueden usarse como una aproximación gruesa de la variación de productividad respecto al área geográfica. En la República Mexicana, el salario diario base se ha reglamentado a través de la "Comisión Nacional de los Salarios Mínimos", que en la actualidad define también los salarios mínimos profesionales de acuerdo a las especialidades más comunes en la industria de la construcción.

Para la actualización anual de los salarios, se ha dividido la República en tres zonas económicas, y son estudiadas por un Presidente, un Director Técnico y un Consejo de Representantes, los cuales en números de 10 por los trabajadores y 10 por los patrones definen de común acuerdo los salarios mínimos y mínimos profesionales para el año.

Un buen criterio a seguir es que la productividad, dentro de un área determinada, se encuentra influida en forma importante por la cantidad de trabajo que se está haciendo en un momento determinado. La razón principal de lo anterior es el número limitado de personas realmente bien calificadas en una región. El resultado es que en ocasiones es necesario emplear personal poco calificado que en otras condiciones se desecharía.

El momento más sensible en un proyecto, es, indiscutiblemente, al iniciarse la obra. En este período, la calidad de los sobrestantes es particularmente importante. Es posible tener una idea de la situación local investigando el número, tipo y tamaño de las obras que se están ejecutando en un momento dado. El análisis, desde luego, debe incluir el efecto del proyecto mismo, sobre todo si es de cierta magnitud.

De nuevo, se deben tomar como cero las condiciones más favorables, es decir, cuando hay una fuerza de trabajo suficiente, bien calificada y poco trabajo relativamente en ese momento, las H-H se deben aumentar 20% o más en caso de que haya mucho trabajo y la oferta de mano de obra sea baja.

Se puede obtener información de la calidad de la mano de obra discutiendo con contratistas locales sobre la eficiencia, productividad, actitud hacia el patrón, etc., y calificarlas con una escala que va de cero a 20 y ponderando cada especialidad por su proporción de H-H con respecto al total del proyecto. Existen situaciones especiales que el estimador debe tener presentes, como por ejemplo, cuando las condiciones de una planta en operación obliguen a emplear personal de mantenimiento u operación para tra-

bajos de construcción. Esta gente puede ser buena en sus puestos, pero con frecuencia no tiene experiencia en construcción. Se puede llegar a una buena eficiencia, cuando se establece un adecuado espíritu de grupo y una fecha de terminación razonable, evitando, en lo posible, que las condiciones de trabajo se deterioren con la presión.

Condiciones Físicas de Trabajo.- Si no se proporciona equipo ni herramientas adecuadas y en cantidad suficiente, las H-H para realizar una tarea determinada se aumentan en forma considerable. Históricamente, el principal factor para disminuir los costos de construcción, se ha logrado usando equipo mecánico.

El mantenimiento al equipo es esencial. Si el equipo está constantemente fuera de servicio debido al mal mantenimiento, los costos unitarios por equipo y mano de obra se aumentan considerablemente. El factor por equipo y herramientas en un proyecto bien llevado es (+1) que puede aumentarse hasta (+5) en proyectos con equipo y herramientas mantenidos pobremente. En condiciones anormales, cuando el equipo no se puede usar o no se encuentra en condiciones de trabajo, la calificación aumenta.

No se puede dejar de mencionar la influencia positiva de un almacén localizado centralmente y bien manejado.

Lo mismo puede decirse de los vestidores, baños, oficinas, talleres de mantenimiento, etc.

Otros servicios e instalaciones que pueden ayudar a bajar los costos son: terreno adecuadamente limpio, instalaciones eléctricas temporales, aire comprimido, teléfonos, agua, primeros auxilios, sistemas de seguridad y contra incendio, todos en condiciones adecuadas. Cuando las condiciones de trabajo son buenas, la calificación es de (+1). Si las condiciones son muy pobres, aumentarán hasta (+4).

Las condiciones meteorológicas se pueden calificar desde excelentes hasta muy malas, y van desde (0) a (+30). La calificación mayor se otorga cuando se tiene que trabajar bajo una fuerte lluvia o mucho frío, etc.

Cuando en el lugar de trabajo exista lodo, polvo, cuando se trabaja en plataformas, humos, etc., la calificación va de (0) a (+25). En forma similar en lugares donde la temperatura ambiente es alta, se está expuesto a gases y vapores perjudiciales o existen áreas peligrosas, se puede llegar a un aumento de hasta 25% en las necesidades de mano de obra.

Cuando se ejecuta una proporción relativamente alta del trabajo en condiciones de incomodidad e inseguridad permanentes (altura, túneles, etc.) los salarios base se ajustan en forma consecuente. Además, en el caso de un lugar remoto de trabajo se re-

TABLA V  
 TIEMPO OPTIMO EN EL CAMPO

FUERZA DE TRABAJO EN CAMPO H-H	TIEMPO EN SEMANAS
40,000	19
50,000	20
80,000	22
100,000	24
400,000	40
1'000,000	60
2'000,000	82

- Este tiempo se ha tomado desde el inicio de las cimentaciones hasta el arranque.

FUENTES: GALLAGHER J.T. Chem. Eng. May. 20,1968. P. 182

SUAREZ SALAZAR C. "Ingeniería de Costos de Construcción  
 Centro de Educación Continúa UNAM  
 Febrero 1979

Costo y Tiempo en Edificación  
 LIMUSA, 1978 México, D.F.

Análisis Archivos Personales. 1975-1980

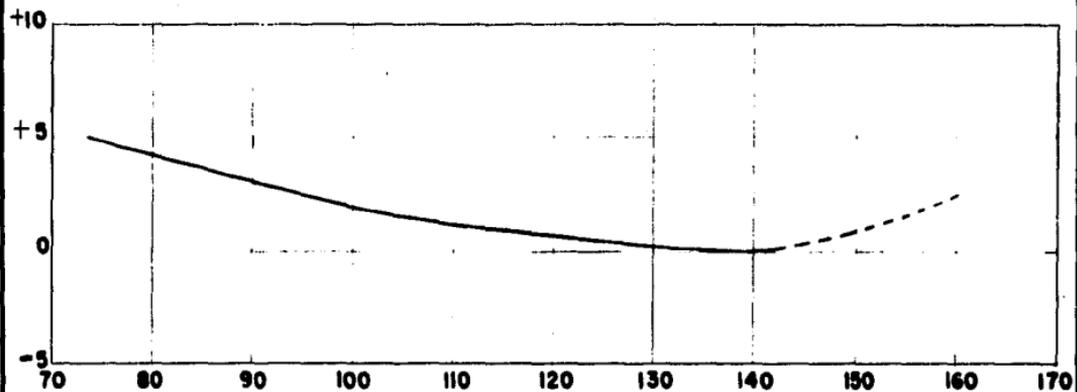
quiere transportación para el personal y también de otros incentivos. En este sentido, también es importante considerar la calidad de los caminos y accesos. En el caso de un complejo industrial de be considerarse seriamente la construcción de caminos con pavimento de concreto. Los caminos de terracería, grava etc., se pueden considerar para plantas en sitios relativamente aislados y con poco tráfico. En general se puede afirmar que los caminos se usan con mayor intensidad durante la construcción que durante el resto de la vida de la planta. Esta alta densidad de tráfico puede hacer necesario un recubrimiento asfáltico en los caminos de acceso.

Programación y Coordinación.- El efecto de la duración del trabajo en la productividad se puede relacionar entre las semanas programadas respecto al tiempo óptimo, también en semanas, para un proyecto de un tamaño dado. Una velocidad de construcción mayor a la normal reducirá la eficiencia debido a una edificación rápida y de poca calidad, aumento de los problemas de logística, coordinación técnica y dificultades en la supervisión. El hacinamiento de trabajadores causa muchas dificultades, la obra parece sufrir de indigestión. Una gran cantidad de trabajadores va y viene sin producir, y personas que parecen muy ocupadas, en general no hacen nada. Con el objeto de aumentar la eficiencia, los grupos de trabajo deben laborar en forma ordenada, teniendo en cuenta que una construcción se compone de una serie de actividades efectuadas en secuencia, cada una de las cuales es gobernada, invariablemente por las operaciones que le preceden.

La Tabla V sirve para aproximar un óptimo entre el tiempo disponible para ejecutar un trabajo y el número de obreros que participarán. La Fig. 6 muestra la relación entre la duración del proyecto, como un porcentaje del óptimo y la productividad. La gráfica se usa para estimaciones rápidas de programas propuestos y su efecto en la productividad. Estos problemas se resuelven con más detalle por medio de las técnicas de Programación CPM o PERT.

El trabajo en turnos aumenta el número de H-H. En condiciones ordinarias se supone que el trabajo en el segundo turno necesitará de 7% más y el tercero alrededor de 12% más que el turno ordinario. Desde luego las cifras anotadas variarán según el trabajo y las condiciones en que se realice.

El trabajo realizado con maquinaria se puede hacer casi con la misma eficiencia en el segundo y tercer turnos, siempre y cuando el área de trabajo esté bien iluminada y dirigida. De hecho, en la mayor parte de nuestro territorio el trabajo nocturno puede ser más eficiente por llevarse en condiciones ambientales más benignas. Por otra parte, en trabajos no uniformes como el ensamble de tuberías, puede ser menos eficiente en el segundo y tercer turnos, ya que los trabajadores de turnos sucesivos van recogiendo el trabajo parcial del turno anterior. En algunos casos se puede mantener la productividad soldando de noche, que es una actividad controlada por la velocidad de las máquinas.



DURACION % DEL OPTIMO

FIG. 6.-EFECTO DE LA DURACION DEL PROYECTO EN LA PRODUCTIVIDAD

FUENTE : C. SUAREZ SALAZAR TIEMPO Y COSTO EN EDIFICACION  
ANALISIS ARCHIVOS PERSONALES 1979 - 1990

La pérdida de eficiencia debida a una semana de trabajo mayor a 40/45 hrs., depende de la longitud del período en el cual se efectúa el tiempo extra. Por ejemplo, obreros que trabajan, cuatro horas extras sobre el normal de 8 hrs/día, pueden ser 100% efectivos si se desempeñan en un grupo bien programado. Con frecuencia, bajo condiciones especiales, este tiempo puede ser más efectivo que el normal. Por otra parte, si el tiempo extra se maneja constantemente sobre las 12 hrs/día, sin el debido descanso, la productividad y la eficiencia pueden bajar drásticamente. De hecho para trabajo no repetitivo en períodos largos de tiempo, 6 días de 10 horas parecer ser el óptimo con respecto a la cantidad de trabajo producido por un hombre. La calificación de productividad para una semana de 60 hrs., es de (+20); en tanto que para una semana de 50 hrs., la calificación baja hasta aproximadamente (+6). Ténganse presentes los comentarios anteriores acerca de la utilización de la maquinaria.

La figura 7 da una indicación aproximada del aumento en la calificación de acuerdo al número de operarios en el pico por cada 100 m<sup>2</sup> de área de trabajo.

Las interrupciones debidas a cambios de actividad por falta de materiales, dibujos, por trabajos de reparación etc., tienen un efecto sumamente negativo en la eficiencia del trabajo. Entre mayor es el tiempo en que se ha interrumpido una actividad, las pérdidas en H-H y eficiencia son mayores, ya que se tendrán que colocar nuevos andamiajes, reparar o conseguir herramientas, etc.

Si el trabajo requiere equipo pesado, es posible que las interrupciones obliguen a una limpieza y aún a mantenimiento mayor del equipo antes de recomenzar la labor. Una pérdida de eficiencia similar se presenta cuando hay que ampliar o instalar nuevos equipos en plantas existentes. En estos casos se necesita una programación y coordinación cuidadosa de todas las partes involucradas. Esto puede reducir, pero no eliminar, la pérdida de eficiencia.

En muchos casos estas dilaciones, aunque serias, afectarán solo un pequeño porcentaje de las H-H totales del proyecto. La calificación para el trabajo afectado puede ser de (+20%) y mayor.

Coordinación Técnica.- La coordinación, especialmente en el envío de los dibujos al campo en el tiempo programado, tiene una influencia muy grande en la productividad. Si los planos están a tiempo, el residente y su grupo los estudiarán con anticipación y podrán preparar en forma adecuada sus programas de personal y maquinaria.

Si por el contrario los planos llegan el día anterior, no podrán programar adecuadamente el trabajo y la eficiencia del proyecto bajará. Si la información llega posteriormente siempre habrá cuadrillas "flotando" hasta el arribo, con las pérdidas consiguientes de eficiencia y elevación de costos. En casos extremos, cuan-

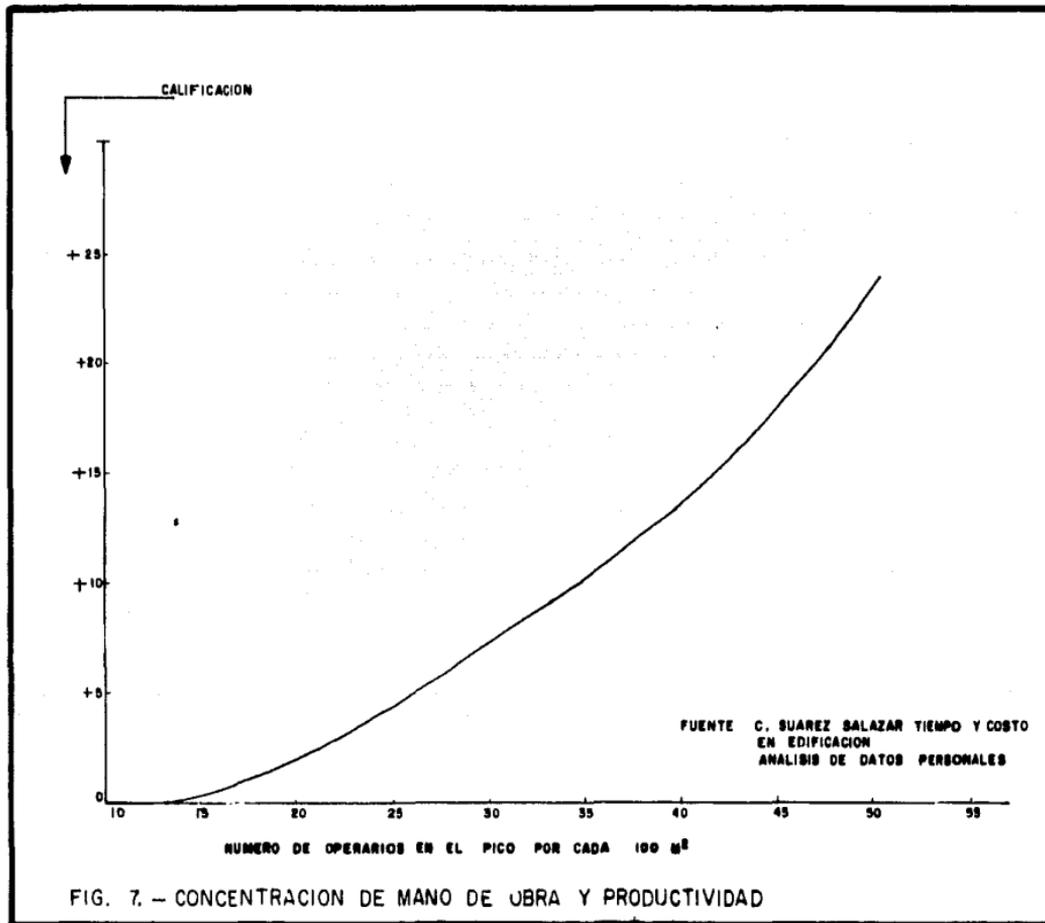


FIG. 7. - CONCENTRACION DE MANO DE OBRA Y PRODUCTIVIDAD

do los planos llegan mucho tiempo después de que son requeridos - en la obra, se tendrá que despedir a la gente, con los problemas - subsecuentes de pérdida de moral, reconstratación, reentrenamiento, etc. La calificación por esta actividad queda comprendida entre - cero y (+4%), pero puede ser mucho mayor.

Otros factores que afectan la Productividad.- Puede esperar se que la productividad mejore con los avances; tenidos en los - equipos de construcción. La mejoría en la eficiencia por este con cepto se puede estimar en (1%) por año. Esto quiere decir que las H-H normales para estimación se establecen para una fecha determi nada y las mejoras en la productividad esperadas para el año e in troducirlos en los cálculos.

La productividad en diseño y obra se ve afectada también por el tipo de contrato.

Uso de la hoja de las Condiciones de Trabajo.- El factor to tal de productividad es 100, más los incrementos producidos por - las condiciones en que se efectúa el trabajo, de acuerdo a lo des crito en los párrafos anteriores. En algunas ocasiones las condi ciones en las distintas áreas de la obra son tan diferentes, que - es necesario considerarlas como proyectos diferentes y calcular - los factores correspondientes.

Al preparar los datos de calificación del proyecto, se consi dera necesario incluir todas las notas que sirvieron de base al - estimado, que serán muy útiles al cerrar, cuando ya se conocen los costos y productividad reales del proyecto. Así, se pueden compa rar con las condiciones estimadas y en esta forma ir mejorando los datos para trabajos futuros. Se puede preparar una gráfica con - los datos obtenidos de varios proyectos en donde se mostrará la - tendencia, dirección y magnitud de los costos y la productividad.- Se pueden usar métodos estadísticos para manejar los datos, esta - bleciendo las correcciones y ajustes de acuerdo a la Hoja de Con di ciones de Trabajo.

Además de predecir la productividad estimada, la Hoja de Con di ciones de Trabajo tiene otras funciones, como la reducción de - las H-H de proyectos ejecutados a una base común. Esto es neces ario para establecer relaciones consistentes de mano de obra/mate rial. Este documento es, desde luego, una herramienta importante para la Gerencia a todos los niveles. De hecho, el objetivo prin cipal del Gerente de Proyectos es el control y mejoramiento de las condiciones de trabajo con el objeto de producir la cantidad máxi ma de trabajo efectivo por las H-H aplicadas. La hoja sirve tam bién para señalar las circunstancias especiales que necesitarán - atención especial y también indica las condiciones que tendrán ma yor influencia sobre la productividad y las áreas en las que se po drán obtener los mayores beneficios por mejoras en métodos y proce dimientos.

## COSTOS INDIRECTOS

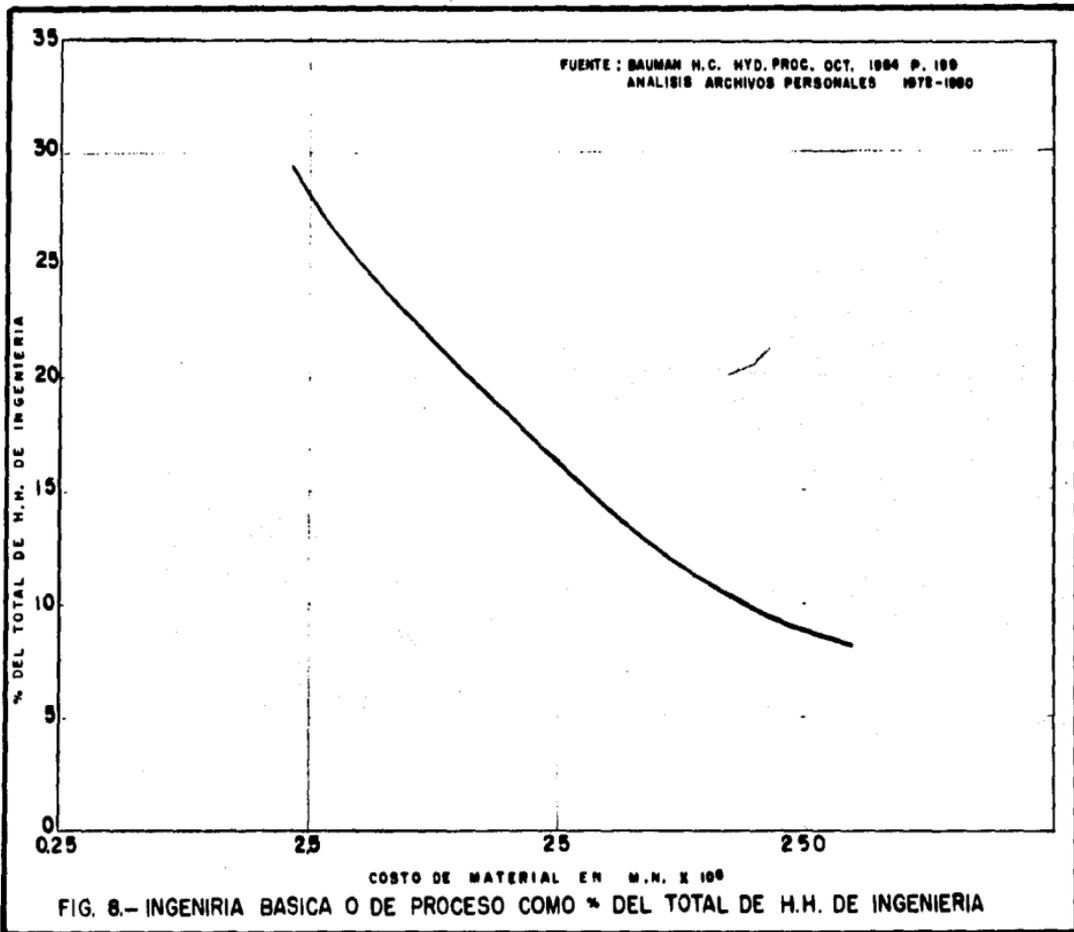
En un proyecto, además de los costos directos asociados a la mano de obra y compras de equipo y materiales, existe otro tipo de costos como son servicios de ingeniería, compras y supervisión en campo.

En algunos proyectos pequeños, prácticamente no se segregan los costos directos de los indirectos. Sin embargo, a medida que los proyectos se hacen más grandes, la magnitud de los costos indirectos se hace mayor, llegando a tener una importancia tal que se hace necesario estimarlos, registrarlos y controlarlos en la misma forma que los costos directos. Esto es cierto aún considerando que su magnitud, relativa a los costos directos, por lo general disminuye a medida que el proyecto se hace mayor.

**Costo de Ingeniería.** - Se considera que los gastos de ingeniería comienzan cuando se han establecido el proceso, lugar de la planta, productos, materias primas, etc., Esta es la situación al final de la fase de Definición del Proyecto, durante la cual se han investigado varias alternativas de procesos, lugares, productos y materias primas y se han preparado diseños parciales para comparación. La ingeniería de diseño es la creación, preparación de planos y especificaciones, de un sistema físico unificado que ejecutará en la forma más económica posible todas las operaciones definidas en el Alcance del Proyecto.

El costo por ingeniería no considera los trabajos efectuados en el campo necesarios durante la etapa de construcción, como son control de calidad en la obra, instalaciones provisionales y coordinación entre la oficina y el campo. Todas estas actividades se consideran parte de la fase de construcción. Por otra parte los estudios topográficos, mecánica de suelos y trabajos de investigación similares que se hacen con el propósito de obtener datos para diseño se incluyen en los costos de ingeniería.

El diseño se verifica en dos etapas; la primera es la ingeniería básica de la planta en la que se establecen los criterios fundamentales para el correcto funcionamiento de la unidad como un todo. Se puede pensar que con el trabajo preparado durante la etapa de definición, se tiene información suficiente para seguir de inmediato con la ingeniería detallada. Por lo general, no es así. Una vez que se han establecido el alcance y las características de la planta y se ha aprobado su ejecución, la experiencia enseña que se debe revisar cuidadosamente toda la información generada, desde los puntos de vista técnico y económico, pues existen grandes oportunidades de abatir los costos de construcción. Esta ingeniería básica mejorada es la base de una "Solicitud de Apropiación", que a su vez será el documento sobre el cual se apoyará el trabajo subsiguiente de ingeniería detallada. Este resumen contiene toda la información esencial relacionada con el proyecto materias primas, proceso, productos, especificaciones de equipo y materiales de construcción, distribución general de la planta y de los equipos,



condicionados del terreno, etc.

La segunda fase es la ingeniería detallada, necesaria para de finir totalmente los equipos, estructuras, tuberías, etc., en forma tal que cada equipo individual opere satisfactoriamente bajo las condiciones de trabajo establecidas previamente. Esto incluye la preparación y emisión de planos, especificaciones y listas de material, con el grado de detalle suficiente para realizar las compras y construcción en forma eficiente y efectiva.

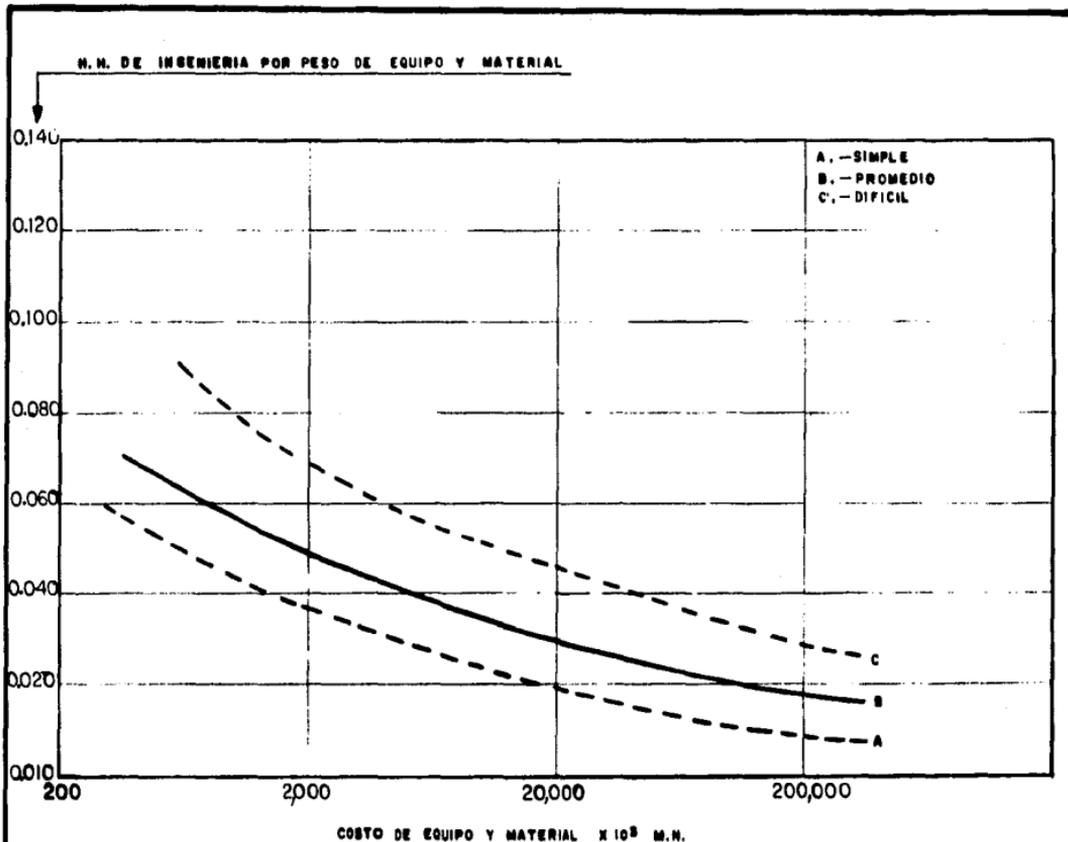
Las magnitudes relativas en estas dos fases de ingeniería varían de acuerdo a la magnitud, tipo y grado de novedad del proyecto. La figura 8 muestra la relación que existe entre la ingeniería básica y el costo de materiales. La ingeniería es controlada con dos objetivos primarios en mente:

- Costo mínimo de capital, optimizado con respecto a los costos de operación de la planta.
- Costo mínimo de ingeniería, consistente con los párrafos anteriores y también respecto al calendario del proyecto y la calidad y claridad de la información proporcionada a los departamentos de Compras e Ingeniería.

El problema de control resultante es difícil y la única solución al presente es proporcionar al Gerente de Proyecto la mejor información generada:

- Costo del proyecto en desarrollo y comparación con el estimado.
- Costo y progreso de Ingeniería comparados con el estimado.
- Calendario de Construcción como se desarrolla el proyecto, su comparación con el estimado original.
- Análisis de la rentabilidad del proyecto puesto al día y comparado con el original.

Costo Aproximado de Ingeniería.- Para estimaciones de estudio y de diseños comparativos, es necesario contar con un método fácil para obtener el costo de Ingeniería. La Fig. 9 se puede usar con éste propósito y muestra la relación entre la cantidad en pesos de los materiales en el proyecto y las H-H para ingeniería necesarias por unidad de material. Como era de esperar, el costo de ingeniería disminuye sustancialmente a medida que el proyecto se hace más grande. Los puntos en la gráfica muestran una gran dispersión, ya que cubren diferentes tipos de proyectos desarrollados en las más diversas situaciones y en varias ciudades de distintos países. Las líneas marcadas como "difíciles", "promedio" y "sencillos" servirán para guiar al estimador en la selección del sector en el cual se va a desarrollar su proyecto.



**FIG. 9.- H-H DE INGENIERIA CONTRA COSTO DE EQUIPO Y MATERIAL**

FUENTE: BAUMAN H. C. HYD. PROC. OCT. 1966 P. 109  
 ANALISIS DE ARCHIVOS PERSONALES 1975 - 1980

La gráfica muestra las H-H directas de ingeniería y no incluye vacaciones, días de asueto, supervisión ni administración.

Para obtener los costos aproximados, al dato obtenido de la gráfica se le agregan los impuestos, prestaciones, vacaciones, días festivos, administración y otros gastos y costos aceptados en el desarrollo normal de un proyecto.

Algunos proyectos requieren de más especialistas que otros, por lo que el costo será proporcionalmente más alto. El costo por H-H de ingeniería ha aumentado en los últimos años debido, entre otras causas, a la mayor complejidad de los proyectos que necesitan de los servicios de personal relativamente escaso con capacidad e interés en métodos y procedimientos de ingeniería avanzados. Esta tendencia se ha compensado sólo parcialmente con el uso de computadoras y métodos normalizados de diseño para los trabajos rutinarios.

De acuerdo a su organización, tipo de trabajo y la información disponible, cada compañía desarrolla su sistema. El costo de ingeniería es indirecto y en general se acepta que incluya todas las partidas que representan los gastos de la Oficina Central que se muestran a continuación:

#### CONCEPTOS INCLUIDOS EN EL COSTO DE INGENIERIA

##### SALARIOS (INCLUIDO EL SOBRE-COSTO)

- Coordinación y supervisión general
- Ingeniería de Proceso
- Especialistas y consultores
- Ingeniería (diseño y cálculo)
- Planos y/o modelos
- Ingeniería de Costos
- Programación y Control
- Administración General
  - a) Mecanografía
  - b) Archivo
  - c) Mensajería
- Compras, inspección y expeditación
- Supervisión a construcción

##### GASTOS VARIOS

- Pasajes y viáticos
- Copiado
- Comunicaciones
  - a) Teléfonos
  - b) Telégrafos
  - c) Télex
  - d) Correo, etc.

## Papelería y misceláneos

### Honorarios profesionales a terceros

- a) Estudios topográficos
- b) Estudios hidrológicos
- c) Estudios de Mecánica de suelos
- d) Estudios climatológicos
- e) Asesoría legal y permisos, etc.

En base al tipo de datos que se obtienen de trabajos desarrollados, las técnicas para hacer estimados de ingeniería se dividen en:

### Sistemas de factores

- a) Porcentaje del Costo Total
- b) Porcentaje del Costo Directo
- c) Porcentaje del Costo del equipo de proceso

### Sistema de Evaluación directa

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| a) Horas-Hombre por plano  | } Plano completo<br>Area dibujada |
| b) Horas-Hombre por equipo |                                   |

Los sistemas por factores se usan para estimados de orden de magnitud. Uno de los estudios más completos en este sentido, lo ha hecho H.C. Bauman, el cual puede resumirse diciendo que:

- El costo de la ingeniería expresado como porcentaje del costo total de la planta, disminuye al aumentar el costo de la unidad, lo anterior, puede observarse claramente en la Fig. 8, en la cual se incluyen valores de proyectos realizados por el autor y que coinciden bastante con los obtenidos de otras fuentes.
- El aumento o disminución del costo de ingeniería expresado como porcentaje del costo total, es proporcional a lo complicado del diseño. Así para estructuras repetitivas típicas, el costo de la ingeniería puede ir de 4% a 13% del costo total instalado. Para plantas con proceso bien conocido (cemento, ácido sulfúrico, termoeléctricas, tratamiento de aguas y efluentes, etc.), los porcentajes son muy similares 6% a 13%. En el caso de plantas de proceso químico razonablemente conocidos, el porcentaje fue de 8% a 15%. Como era de esperarse las petroquímicas con proceso muy complicado, arrojaron datos que van del 7.5% al 25% para plantas piloto.
- En estudios de este tipo, la exactitud no es mejor al  $\pm 20\%$  a  $\pm 25\%$ .
- En circunstancias especiales y con plantas pequeñas o ampliaciones a instalaciones existentes, se puede llegar a un costo de ingeniería del orden del 25% del costo total.

- En general el costo de la ingeniería hecha en el campo representa el 5% al 15% de la ingeniería total,

La utilidad de este tipo de datos para una firma de ingeniería no es muy grande, ya que por lo general desconoce los costos del cliente.

Por otra parte, la distribución promedio de los costos de ingeniería para proyectos desarrollados en México de acuerdo a los datos del autor y otras fuentes, son como sigue:

- Coordinación y supervisión (15%)  
Incluye sueldos del Gerente de Proyecto, ingenieros de proyecto o jefes de grupo. El porcentaje puede variar dependiendo del tamaño y complejidad de la planta,
- Diseño y dibujo y/o maqueta (51.0%)  
Incluye los sueldos de todos los ingenieros y dibujantes que intervienen en el proyecto.
- Mecanografía y Administración (4%)  
Sueldos de todas las secretarias y oficinistas, tomadores de tiempo, mensajeros, etc.
- Ingeniería de Costos (2%)  
Son los costos que se incurren en la preparación de las estimaciones y el control de costos.
- Programación y Control (1.5%)  
Sueldos del personal encargado de llevar el programa y reportar avances y retrasos en el proyecto.
- Compras, Inspección y Expedición (20%)  
Son los sueldos y gastos de compradores e inspectores y el trabajo del personal administrativo de soporte que se haga en ese departamento.
- Gastos varios (6.5%)  
Comprende el costo de las copias, teléfonos de larga distancia, viáticos y pasajes, honorarios a consultores y profesionistas, etc., Este renglón por lo general se trata como reembolsable. Debe tenerse presente que todos los costos anteriores incluyen los costos indirectos (overhead) de la empresa.

Estimado Definitivo de Ingeniería.- Para preparar el estimado definitivo de ingeniería se debe contar con un alcance razonablemente bien definido, de tal forma que se pueda calcular la cantidad de ingeniería detallada por métodos más exactos que los discutidos anteriormente,

El método usado generalmente consiste en preparar una lista de planos por disciplina. Este es el "Programa de Diseño" al que-

se asigna un número determinado de H-H de acuerdo a la experiencia y a ésto se agrega el tiempo necesario para las actividades de diseño que no se reflejan directamente en planos, v.gr., balances de materia y energía, especificaciones de equipo, accesorios, tuberías selección de materiales, etc.

En otro método, menos usado, se relacionan las H-H empleadas en trabajos similares ya terminados como:

- Tipo y clase de equipos, materiales y servicios,
- Magnitud y complejidad del proyecto medido por el tamaño y número de equipos y cantidad de materiales a utilizarse.

Cuando se necesita una estimación en el orden de  $\pm 10\%$  o mejor, se hace una evaluación directa de acuerdo al alcance de la ingeniería de detalle que consiste en estimar la cantidad de trabajo a desarrollar en H-H multiplicándolas por su valor en pesos, para obtener el costo total de la ingeniería.

Para desarrollar este tipo de estimaciones se necesita:

- Información suficiente para conocer con seguridad y detalle la cantidad de trabajos a desarrollar.
- Personal con experiencia en trabajos de diseño y estimaciones.
- Datos estadísticos confiables.

El método más usado es el de estimar el número de H-H por plano en base a datos estadísticos ya que se presta bastante para el control y desarrollo del proyecto y las estimaciones de avance, productividad y eficiencia del mismo.

Con el objeto de acumular datos estadísticos confiables que sirvan de base a las estimaciones de costos de ingeniería en el control del proyecto, se necesita de una sistematización que comprenda:

- Delimitar perfectamente las responsabilidades de los diferentes grupos que van a desarrollar el proyecto,
- Dividir los planos y documentos que se van a producir en un departamento en grupos que se relacionen entre sí, ya sea por tipo de proyecto, o que requieran la misma cantidad y/o calidad del trabajo.
- Definir las operaciones o actividades cuyo consumo de H-H se pueda contabilizar por grupos. Por ejemplo para planos de tuberías se tiene que:

- Recopilar datos
- Juntas y discusiones con otros departamentos relacionados con la definición del trabajo.
- Estudio de alternativas
- Cálculo y diseño
- Dibujo
- Normalizar el tamaño, formato y escalas de cada tipo de plano o documento.
- Definir sistemas de dibujos y símbolos.
- Normalizar en lo posible los sistemas de cálculo y diseño.
- Enunciar brevemente las premisas que sirvieron de base a la preparación y obtención de los datos, para que sirva de guía y evite confusiones en el futuro.

En el desarrollo de un sistema como el que se acaba de describir, se tendrá presente que el trabajar con promedios reduce las diferencias entre los extremos de consumo H-H, pero no los puede eliminar totalmente, debido a:

- Que se obtienen valores diferentes para una misma disciplina según se trate de una planta para papel, pvc, etc.
- Lo mismo sucede para los diferentes tipos de instalación - v.gr., estructuras para edificios de proceso, estructuras para bodegas, etc.
- Condiciones específicas del lugar v.gr., diseño de cimentaciones.

De acuerdo con lo anterior, el autor propone un sistema de estadísticas que pueden usarse con confianza en la preparación de estimaciones finales de costos de ingeniería y que se detallan en las tablas VI, VII, VIII y IX.

La partida de compras, inspección y expeditación presenta muchas dificultades para reducirlas a expresiones estadísticas, debido entre otras causas a que en la práctica no es posible definir el alcance del trabajo con certeza, pues cada proyecto presenta características individuales y además se puede formar una cantidad grande de partidas y sub-partidas. El problema se resuelve por lo general asignando un porcentaje del valor de lo comprado para las actividades de compras, como se muestra en la Tabla X. Estos porcentajes dependen del valor unitario de las partidas a comprar, material y tipo de compra que se haga.

TABLA VI. - ESTIMACION DE H-H DE INGENIERIA ( H-H POR PLANOS)

DISCIPLINA	INGENIERIA			DIBUJO			TOTALES		
	Min	Prom	Max.	Min	Prom	Max.	Min.	Prom	Max
<b>CIVIL</b>									
Topográficos	36	45	63	63	81	108	99	126	171
Arquitectónicos	27	45	54	63	72	99	90	117	153
Estructurales	54	72	90	72	90	126	126	162	216
<b>MECANICO</b>									
Equipos	36	45	72	72	81	90	108	126	144
Tuberías	41	63	90	90	99	135	135	162	225
Aire Acondicionado	36	63	90	72	81	81	108	144	171
<b>ELECTRICO</b>	45	54	63	63	72	81	108	126	144
<b>INSTRUMENTOS *</b>	27	54	90	36	45	54	63	99	144
<b>PROCESO **</b>	45	63	90	45	63	90	90	126	180
<b>TOTALES</b>	50	63	81	67	81	108	117	144	189

\*Las H-H se obtuvieron considerando planos equivalentes por actividades como Índice de Instrumentos, Especificaciones, Circuitos, localización de Instrumentos y Típicos de Instalación.

\*\*Los minutos se refieren a Diagramas de Flujo de Proceso sin contar balances de Material y Energía. Los balances se han considerado por separado. Los máximos consideran los DTI.

TABLA VII

TABLA VII ESTIMACION DE H-H DE ESPECIFICACIONES DE INGENIERIA (H-H/PLANO).

DISCIPLINA	MIN.	MAX
<b>CIVIL</b>		
Topográficos	0	2
Arquitectónicos	10	15
Estructurales	4	7
<b>MECANICO</b>		
Equipos	30	40
Tuberías	10	15
Aire Acondicionado	15	20
<b>ELECTRICO</b>	15	20
<b>INSTRUMENTACION</b>	80	90
<b>PROCESO *</b>	80	120

\* Balances de Materia y Energía

Fuente: Análisis de Archivos Personales 1972-1980.

TABLA VIII. - ESTIMACION DE H-H ACTIVIDADES PARA INSTRUMENTACION

Estudio del Proyecto	3 a 9 H-H / Plano
Revisión y Actualización de los DTI	1 a 3 H-H / Plano
Revisión de Simbología en DTI	10 min.-H/instrumento
Indice de Instrumentos	5 min.-H/instrumento
Llenar columnas con:	
- Cantidad	
- No. de Identificación	
- No. de DTI	
- Localización.	
Diagramas de Instrumentación y Control	2 a 4 H-H / Diagrama
Válvulas de control cálculo y especificación	3.5 H-H / Instrumentos
Totalizadores de flujo	2.5 H-H / Instrumento
Elementos Primarios de Flujo	4.0 H-H / Instrumento
Registadores	1 a 2 H-H / Instrumento
Controladores	1 a 2 H-H / Instrumento
Anunciador de alarmas	4.0 H-H / Instrumento
Timers	2.5 H-H / Instrumento
Válvulas de selenoide	1 a 2 H-H / Instrumento
Rotómetros	2.5 H-H / Instrumento
Arrestadores de Flama	2.0 H-H / Instrumento
Termómetros bimetalicos y termopozo	1.0 H-H / Instrumento
Manómetros	1.0 H-H / Instrumento
Instrumentos Misceláneos	2.0 H-H / Instrumento
Asistencia a compras en solicitudes de cotizaciones, evaluación y preparación Tablas Comp.	0.3 H-H / Instrumento
Revisión Planos del proveedor	0.5 H-H / Instrumento
Lista de materiales	1.5 H-H / Típicos.

Fuente: Análisis de Archivos Personales 1964-1980.

**TABLA IX. - ESTIMACION DE H-H PARA ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS**

Asesoramiento a Compras	5 H-H por cantidad de equipos
Secretaria	190 H-H por meses de duración
Definición del Proyecto	5 a 10% de las H-H de Ingeniería

**PROYECTOS DE 30,000 H-H A 45,000 H-H**

Gerente de Ingeniería	14 H-H por meses de duración
Gerente de Proyecto	190 H-H por meses de duración
Programador	190 H-H por meses de duración
Asesoramiento de Compras	5 H-H por cantidad de equipos
Secretaria	190 H-H por meses de duración
Definición del Proyecto	5% H-H de Ingeniería

**PROYECTOS DE 50,000 H-H A 75,000 H-H**

Gerente de Ingeniería	18 H-H por meses de duración
Gerente de Proyecto	190 H-H por meses de duración
Programador	190 H-H por meses de duración
Asesoramiento a Compras	5 H-H por número de equipos.
Secretaria	190 H-H por meses de duración
Definición del Proyecto	5% H-H de Ingeniería.

**Fuente: Análisis de Archivos Personales 1972-1980**

TABLA X. - ESTIMACION DE H-H PARA ACTIVIDADES DE COMPRAS  
(% de la cantidad comprada)

CANTIDAD COMPRADA MM\$	COMPRAS TECNICAS (%)	INSPECCION Y EXPEDITACION (%)	PORCENTAJE TOTAL (%)
2 a 5	6	5	11.0
5 a 10	5	4	9.0
10 a 25	4	2.5	6.5
25 a 50	2.5	2.0	4.5
50 a 100	2.0	1.5	3.5
100 o más	1.5	1.0	2.5

Compras, Inspección y Expeditación

% de total de H-H de Ingeniería

18 % Min; a 32 % Max

Fuente: Macchiavelo V. Comunicación Personal Feb. 1978.  
Flores G. Comunicación Personal Mayo 1980.  
Análisis de Archivos Personales 1974-1980.

Un método alternativo, menos exacto aún, es el considerar entre el 18% y 32% de las H-H requeridas para las otras actividades de ingeniería.

En resumen, el costo de H-H de ingeniería comprende los factores siguientes:

Costo Directo.- El costo directo se forma esencialmente del salario u honorario que cada persona percibe por su trabajo. Como en una actividad participa un cierto número de personas; la determinación del costo se puede hacer por medio de:

- Estadísticas
- Por cálculo. En especial cuando se puede hacer una programación del personal por categoría y/o departamento,

El costo directo se puede aplicar como:

- Global, cuando se calcula a un costo directo, único por H-H.
- Por departamento, cuando se llega a un costo unitario por departamento.
- Por categoría, cuando se calcula agrupando al personal de varios departamentos en la misma categoría.

Este método solo se puede seguir cuando se tiene un sistema de salarios uniforme por categorías, lo cual no sucede frecuentemente en la práctica.

La aplicación del costo directo a las H-H estimadas dará el costo directo total de ingeniería.

Costo Indirecto de Ingeniería (Overhead).- Aunque en los párrafos anteriores se han proporcionado las cifras y conceptos que componen el costo de ingeniería, conviene detenerse un momento para analizar la forma en que se combinan estas cifras.

En la industria, es común usar los salarios y prestaciones del grupo técnico-administrativo que ejecutará el proyecto. En México las prestaciones corresponden al 40% aproximadamente del salario base quincenal e incluye los conceptos que muestra la Tabla XI.

Como es lógico el costo real por H-H se compone del costo directo más el factor de costo indirecto, que en el caso de una empresa de ingeniería bien integrada, generalmente queda entre el 75% y 80% de los salarios y prestaciones, que puede variar aún dentro de una empresa por distintas razones; sin embargo y en general, casi todas las empresas de cierto tamaño presentan costos indirectos que fluctúan entre los valores anotados. Los promedios tota-

## TABLA XI

## PRESTACIONES AL PERSONAL

## CONCEPTO

Cuotas al IMSS (Servicios Médicos, pensión, etc.)

Seguros de vida, accidentes, médicos, etc.

Ausencias justificadas, enfermedad, matrimonio, nacimiento de hijos, muerte de familiares, etc.

Cuotas a INFONAVIT

Vacaciones

Días Festivos

Suministro de automóviles y gasolina

Plan de retiro

Becas.

les en la Tabla XII no concuerdan con la suma de las cifras parciales ya que ninguna compañía se encontrará ni en todos los máximos ni en todos los mínimos.

**Prestaciones al Personal.**- Como se mencionó, las prestaciones llegan al 40% se aplica a elementos como los mostrados en la Tabla XI.

**Honorarios.**- La suma de los salarios y prestaciones más el indirecto, cubren los costos de operación del proyecto, a los que habrá de agregarse la utilidad que debe obtener la compañía o sea el honorario por los servicios prestados.

Sobre la base de la fórmula anterior, este honorario variará entre un mínimo de 10% y un máximo que generalmente es gobernado por varios factores, como la situación competitiva del mercado, su situación de conocimiento (know-how) del proceso en cuestión, la importancia del cliente, publicidad relacionada al proyecto, etc.

**Influencia de las Condiciones del Proyecto en el Tiempo para completar el Diseño.**- En la estimación de las H-H de diseño para un proyecto, se deben considerar las condiciones bajo las que se va a desarrollar, entre las que se pueden citar:

- Administración y supervisión de la ingeniería.
- Características y calidad del grupo de trabajo.
- Programación y coordinación de la ingeniería.
- Condiciones especiales como grado de novedad del proyecto, estandarización de actividades, necesidades de dibujos hechos sobre algo ya construido, planos especiales para ampliaciones, uso de maquetas, etc.

Como lo indica la lista, el basarse en las características físicas del proyecto no es un método adecuado por sí mismo para estimar las H-H de ingeniería. Las condiciones bajo las que se va a realizar son de extrema importancia. Se ha observado que aún en una misma compañía la variación puede ser del orden de + 20%.

Las condiciones en que se va a ejecutar el proyecto son, sin embargo, difíciles de evaluar. La mayoría son intangibles y no existen, de ordinario, puntos de referencia que permitan su medición. Un método para resolver el problema es preparar una hoja de evaluación, similar a la usada para la estimación de la productividad en construcción, Fig. 10.

Un factor importante a considerar es la disponibilidad de personal con experiencia en el tipo de trabajo específico del proyecto. La hoja de evaluación tiene en cuenta las secciones del proyecto en los que se tiene experiencia y en cuales no y que requeri

PROYECTO \_\_\_\_\_ ESTIMADO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ LUGAR \_\_\_\_\_

### ADMINISTRACION Y SUPERVISION

COMPETENCIA Y ACTITUD DEL GERENTE DE PROYECTO Y JEFES DE GRUPO

EXC.	%	-4	M.B.	%	-2	B.	%	0	MED.	%	+2
------	---	----	------	---	----	----	---	---	------	---	----

ORGANIZACION, PLANEACION Y LIDERAZGO DEL GERENTE DE PROYECTO

EXC.	%	-2	M.B.	%	-1	B.	%	0	MED.	%	+1
------	---	----	------	---	----	----	---	---	------	---	----

SUBTOTAL SUPERVISION Y ADMINISTRACION INGENIERIA ( )

### INGENIERIA

CALIFICACION POR PRODUCTIVIDAD GENERAL \_\_\_\_\_

EXPERIENCIA PROCESO

DUPL.	%	-6	NOR	%	-3	PROM.	%	0	NUEVO	%	+10	NOVE.	%	+20
-------	---	----	-----	---	----	-------	---	---	-------	---	-----	-------	---	-----

EXPERIENCIA ESPECIFICA ESTE PROYECTO \_\_\_\_\_

PONDERACION CALIFICACION P X C

### ACTIVIDAD

- GENERAL Y PREPARACION
- ESTRUCTURAS
- EQUIPO DE PROCESO
- EQUIPO DE SERVICIOS
- ALMACENAMIENTO
- TUBERIA Y DUCTERIA
- ELECTRICO
- MEJORAS AL TERRENO

TOTAL EXPERIENCIA ESPECIFICA EN EL PROYECTO \_\_\_\_\_

CALIFICACIONES SUBERIDAS

DUPL.	-18	NORMAL	-7	PROM.	0	NUEVO	+15	NOVEDOSO	+30
-------	-----	--------	----	-------	---	-------	-----	----------	-----

SUBTOTAL INGENIERIA ( )

PROGRAMACION Y COORDINACION (INDICAR % DE LAS H-M AFECTADAS)

DURACION: PROG./ACT. _____ SEM, MED. _____ SEM. _____ %	80% o MED. +8	80% MED. +1	100% 10% 0	100% MED. +8	_____
TIEMPO EXTRA H-M/SEMANA	37M % 0 41M. % +2	40M. % +6	50M. % +8	50M. % +15	_____
OPERACIONES DE COORDINACION (SI ES NECESARIO)	EXC. % -1	NOR % 0	REG. % +2	MALA % +8	_____
COORDINACION DE COMPRAS	EXC. % -1/2	NOR % 0	REG. % +1	MALA % +4	_____
INF. PROVEEDORES, CALIDAD Y OPORTUNIDAD	EXC. % -1/2	NOR % 0	REG. % +1	MALA % +4	_____
COORDINACION CON EL CAMPO	EXC. % -1/2	NO % 0	REG. % +1/2	MALA % +2	_____
TAMAÑO DEL PROYECTO H-M INGENIERIA	0 25,000 -1	41,000 0	80,000 +3	200,000 +8	_____
DISTANCIA OFICINA AL CAMPO _____ Mts.	0 A 1 -1	1 A 4 0	4 A 8 +1	8 A 16 +3	_____

SUBTOTAL PROGRAMACION Y COORDINACION ( )

CONDICIONES ESPECIALES DE TRABAJO (INDICAR % DE LAS H-M AFECTADAS)

ESPECIFICACIONES	DUPIC. % -1	NOR. % 0	NUOVO % +3	NOVED. % +5	_____
DIBUJOS SEGUN LO CONSTRUIDO	NUNUNO % 0	BRIDAS % +1/2	LINEA % +3	ELIN. % +10	_____
AMPLTACIONES	NO % 0	UNION % +1	REV. % +20	REV. EG. % +20	_____
MAQUETAS (SOLAMENTE H-M INGENIERIA)	BLOQUES % -1/2	NO % 0	LINEA % 0	COMR % +3	_____
ORGANIZACION DEL PROYECTO	BUENA % -10	NORMAL % -5	DEBL % 0	NO % +8	_____
OTROS					_____

SUBTOTAL CONDICIONES ESPECIALES DE TRABAJO ( )

FACTOR TOTAL DE CONDICIONES DE DISEÑO ACTUAL  CALIFICACION

FIG. 10.-HOJA DE CALIFICACION DE CONDICIONES DE DISEÑO

TABLA.XIII.- COSTO DIRECTO DE INGENIERIA U' OVERHEAD.

(\$ de los Salarios y Prestaciones)

CONCEPTO	GAMA EN %	
	Min.	Max
Salarios y prestaciones a personal directivo y administrativo, Presidencia, promoción tesorería, contabilidad, contraloría, auditoría, relaciones industriales y públicas, jurídico, sistemas, servicios internos, etc.	15	20
Salarios y prestaciones a personal técnico - que carga parcialmente al proyecto, gerentes departamentales	8	12
Capacitación y entrenamiento al personal	8	12
Depreciación y mantenimiento de equipo y comunicaciones	6	9
Relaciones públicas, publicidad, viajes promocionales	10	15
Renta inmuebles, asno, agua, luz, vigilancia	10	15
Seguros	2	3
Renta equipo técnico (computadora) para administración	3	5
Financiamiento	5	10
Factor de desocupación	5	10
PROMEDIOS TOTALES	75	85

FUENTE: Bauman A.C. Hydr. Proc. Oct., 1964, P. 141-144  
 Bromberg I. Chem Eng. Sept. 17, 1966 P. 218.  
 Dwyer J.B. & Jesser B.W. Chem. Eng. May, 1963.  
 Gallagher J.T. Chem Eng. June 19, 1967 P. 250-252.  
 Análisis de Archivos Personales 1972-1980.

rán seguramente de más tiempo para completarse. Otros párrafos se pueden entender por analogía con la hoja preparada para construcción. En tiempo normal se puede esperar una mejoría en la productividad y en diseño del 2 a 3% anual, debido al avance general de los métodos y el conocimiento de ingeniería y establecimiento de normas. De hecho se puede decir que para permanecer en el mercado, esta cifra representa el mínimo de avance necesario, para una firma de ingeniería.

Aunque una mejoría de 1% a 2% parezca pequeña, se debe considerar al aplicar el sistema de evaluación, que necesariamente se basan en datos tomados durante un período de varios años.

Gastos de Procuración.- Aunque los gastos de procuración representan una parte relativamente pequeña del total, se deben incluir. La diferencia entre un desempeño bueno y uno mediocre puede significar hasta 5% y en casos extremos hasta 15% de diferencia en el costo del equipo y materiales de la planta.

Las actividades de procuración incluyen:

- Consolidación de requisiciones en solicitudes de cotización.
- Distribución de las solicitudes entre proveedores calificados.
- Análisis de las cotizaciones con ayuda de las diferentes disciplinas de ingeniería respecto a las características técnicas y equivalencias de los artículos ofrecidos,
- Preparación de tablas comparativas,
- Comparación de la mejor oferta con la cantidad estimada para la misma partida y aconsejar al Gerente de Proyecto y al Jefe de Compras de cualquier desviación sustancial,
- Colocación de las órdenes de compra al proveedor más calificado, teniendo en cuenta calidad, tiempo de entrega y si está dentro del precio estimado,
- Verificación, inspección y seguimiento de la fabricación y/o entrega de los artículos comprados, en cuanto a la calidad y tiempo exigidos en la Orden de Compra,
- Tomar acción en caso necesario, para mejorar el tiempo de entrega, v.gr., tiempo extra, envío por flete aéreo, etc., con objeto de mantener el proyecto dentro del programa.
- Manejo de cambios en diseño necesarios en el proyecto,

- Mantenimiento de datos y estadísticas para el control de los costos del proyecto y análisis de tendencias en precios.

Todas estas actividades son esenciales para el correcto funcionamiento del proyecto. La Tabla X muestra los límites de costo de la función de compras.

Los costos incluyen salarios, teléfonos, telex, viajes, papelería, etc.

El costo por orden puede variar considerablemente de compañía a compañía, de acuerdo a los procedimientos que utilicen y depende del número de órdenes enviadas, que no necesariamente influyen en la cantidad del trabajo realizado.

Gastos de Campo.- Los gastos de campo se forman con los costos administrativos y los costos de ingeniería en la obra y se agrupan como sigue:

- Gerencia y supervisión de campo,
- Ingeniería para el desarrollo del terreno, desarrollo del Lay-Out y coordinación con diseño,
- Equipo y herramientas de construcción,
- Construcciones temporales.
- Servicios generales en campo,
- Honorarios y gastos de campo diversos.

La Tabla XIII muestra las partidas que contribuyen a la formación de los gastos de campo.

La estimación de los gastos de campo es difícil especialmente ya que, ciertas partidas, pueden o no, considerarse como parte del costo del proyecto, dependiendo de las circunstancias, tamaño de la obra y políticas de la compañía,

Para proyectos pequeños donde llevar archivos detallados es impráctico y antieconómico, los gastos de campo, incluyendo la utilidad (u honorarios) del contratista, se contabilizan como un porcentaje de la lista de raya.

La tabla XIV muestra algunos porcentajes típicos usados en contratos a "Costo Alzado" para proyectos pequeños. Es pertinente hacer notar que algunos contratistas usan los mismos porcentajes para mano de obra y materiales. En realidad para trabajos de tamaño pequeño y medio, los costos administrativos relacionados con la mano de obra es de 3 a 3.5 veces mayor que el re-

TABLA XIII -

## ELEMENTOS QUE CONTRIBUYEN A LOS GASTOS DE CAMPO

## GERENCIA Y SUPERVISION DE CAMPO

Ingeniero Residente y Supervisores  
Sobrestantes

## INGENIERIA DE CAMPO

Coordinación con Ingenieros de Campo  
Desarrollo de Lay-Out  
Inspección y Pruebas.

## EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCION

Compra/venta de equipo mayor para construcción  
Rentas equipo mayor para construcción.  
Créditos por rentas de equipo mayor para construcción  
Compra y renta de herramienta y equipo menor  
Compra material de consumo incluyendo oficina  
Reparación y mantenimiento del equipo mayor  
Recepción, almacenamiento y despacho de herramienta y material

## CONSTRUCCIONES TEMPORALES

Casetas  
Almacenes para herramienta y material  
Agua provisión y distribución  
Construcciones sanitarias  
Electricidad provisión y distribución  
Caminos de acceso, andadores y estacionamiento  
Aire comprimido provisión y distribución  
Equipo de oficina

## COMPRAS DE CAMPO

Compradores salarios, honorarios y viáticos  
Expedidores salarios, honorarios y viáticos  
Transporte de equipo y materiales varios  
Recepción, almacenamiento y entrega.

## SERVICIOS GENERALES EN CAMPO

Costos, programación y toma de tiempo  
Secretarías y mensajería  
Teléfono, telex, fotografía y copiado  
Seguridad, primeros auxilios y protección y vigilancia  
Oficina de personal en campo.

## HONORARIOS Y OTROS GASTOS EN CAMPO

Honorarios del contratista  
Impuestos, excepto los de nómina  
Seguros, excepto los de nómina  
Permisos y trámites oficiales  
Relaciones públicas.

TABLA XIV.-

COSTOS INDIRECTOS Y HONORARIOS POR ESTIMACIONES

DESCRIPCION DEL TRABAJO	TOTAL MATERIAL Y MAÑO DE OBRA	PORCENTAJES POR MAÑO DE OBRA			PORCENTAJES POR MATERIALES	
	M.N.	DE O. IMP'G Y SEGUROS	INTERPRETAC DE CAMPO	HONORARIO	INDIRECTO	HONORARIO
CONCRETO	650,000	15 %	10 %	9 %	10 %	9 %
CONCRETO	2'000,000	10.5 %		10		
BLOQUES DE CONCRETO	7'500,000	7	10	9	10	10
ESTRUCTURA DE ACERO	6'500,000	12	12	10		
ESTRUCTURA DE ACERO	8'000,000	11	15	10		
DIVISION DE OFICINAS	500,000		10	9	10	9
TUBERIA	500,000		10	10		
TUBERIA DE GAS Y AGUA	1'000,000	13	10	10	10	10
TUBERIA	1'000,000	8	15	6		
TUBERIA	1'500,000	10	15	10		
INSTRUMENTACION	1'250,000	10	10	10		

FUENTE : ANALISIS DE INFORMACION PERSONAL

BASE : DICIEMBRE 1980.

lacionado con el costo administrativo de los materiales,

Aún para proyectos pequeños, las partidas que normalmente no se cubren por los indirectos de ingeniería y las utilidades deben incluirse en el estimado por separado. Por ejemplo, proyectos en el orden de \$ 5,000,000,00 requieren los servicios a tiempo parcial de un representante del cliente. Cuando el orden de la inversión es de \$ 25 MM se necesitan un representante técnico y un contador del dueño a tiempo completo.

Cuando el costo del proyecto es superior a los \$ 24, MM-30 MM la mayoría de los gastos de campo son de tal proporción que requieren de toda la consideración y cuidado en su control.

En estos casos se puede usar la Fig. 11 para preparar la estimación. Los datos en esta gráfica incluyen todos los gastos de campo listados en la Tabla XIII.

Aún cuando la Fig. 11 es adecuada para estimaciones comparativas y de estudio de alternativas (y aún para estimados de apropiación), no lo es para proyectos grandes a precio alzado. Las estimaciones paraproyectos mayores deben prepararse completa, cuidadosa y detalladamente en cada una de las partidas que lo integran y a la luz de la localización, programa, alcance y tipo de proyecto. En algunos casos, las construcciones temporales y plantas para surtir materiales para la construcción, requieren el diseño previo de todas estas partidas y la estimación de costos respectivos.

Obsérvese que todas las partidas en la lista de gastos de campo, aparecen porque ayudan a mejorar la eficiencia de construcción. Establecer y controlar las cantidades por gastar en esas partidas es uno de los medios para ejercer el control de la operación total. Si los gastos de campo crecen fuera de control se aumentará el costo total del proyecto innecesariamente. Si por otro lado, los gastos de campo se recortan por debajo del punto óptimo, la eficiencia y productividad de la mano de obra se reducirán sustancialmente y se tendrá, como consecuencia, un costo total mayor. El objetivo será entonces una programación y estimación cuidadosa del presupuesto para gastos de campo.

#### EXACTITUD Y CONTINGENCIAS

Una estimación es una predicción del futuro. Puesto que nadie es capaz de predecir el futuro con exactitud perfecta, no es posible suponer que una estimación sea 100% exacta. Es necesario entonces, aceptar esta situación por desagradable que sea, para tener una idea de las bandas de exactitud que se deben esperar y proponer los planes en forma tal que las desviaciones, inevitables, se puedan manejar en forma inteligente.

Las desviaciones de los costos reales respecto a los estimados pueden deberse a varias causas como las siguientes:

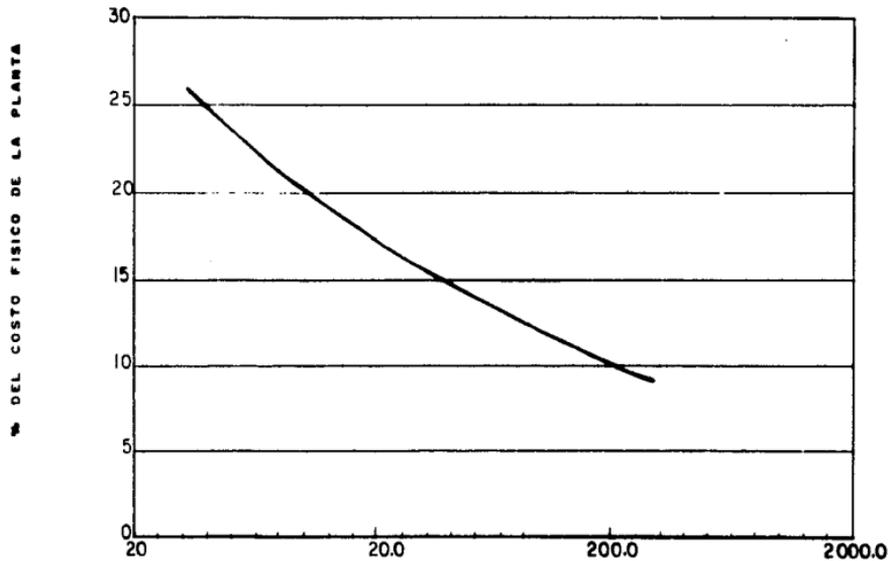


FIG. 11.—GASTOS DE CAMPO COMO % DEL COSTO DE LA PLANTA

FUENTE: C. SUAREZ SALAZAR EN ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION

WHITHERSPOON R.T. CHEM. ENG. JUNE 12, 1941. P. 287-288

- Errores por omisión y comisión al preparar el estimado,
- Imperfecciones de los métodos de estimación.
- Accidentes durante la construcción.
- Cambios en las condiciones económicas, políticas y sociales del lugar donde se trabaja.
- Variaciones de la efectividad en el trabajo.
- Desviaciones del proyecto real respecto al proyecto contemplado cuando se hizo la estimación.

**Errores y Omisiones.** - Los errores aritméticos en las estimaciones son frecuentes. Las razones que se dan, son que se maneja una gran cantidad de números, frecuentemente bajo gran presión y por mas de una persona. Bajo estas condiciones, aún el estimador más escrupuloso cometerá un cierto número de errores, los cuales pueden eliminarse, al menos en parte, haciendo una revisión por otra persona. También se puede hacer una estimación paralela por medio de un método menos detallado, con esto se descubrirán errores grandes.

Los errores por omisión, son de dos tipos. Uno consiste en no incluir todos los trabajadores especialistas, materiales, gastos de diseño, compras, ni de campo. Esto se puede evitar usando listas de comprobación y formas de estimación con espacios para todos los costos potenciales. El otro tipo de omisión, es no usar toda la información generada por el proyecto en el momento de preparar la estimación. En este caso, los errores se pueden eliminar solamente poniendo atención cuidadosa y constante en todas las actividades que se realicen en el trabajo.

**Imperfecciones en los Métodos de Estimación.** - Para estimar el costo de una planta de proceso, se deben tener todos los planos, en esta forma se tendría una predicción adecuada de todas las condiciones, pero aun bajo estas condiciones ideales, las estimaciones tendrán una banda de exactitud. Las imperfecciones inherentes a cualquier método de estimación, tenderán a producir esas variaciones.

Si se parte del supuesto de que se tiene la ingeniería y datos del campo completos y una estimación preparada por personal experimentado, el efecto del método seguido en la estimación para proyectos grandes, será probablemente del orden del  $\pm 2\%$ . En proyectos pequeños del orden de \$ 5 MM, los resultados serán más erráticos ya que la oportunidad de promediar las estimaciones altas con las bajas de partidas individuales son menores.

Si la estimación se hace antes de completar el diseño, se debe usar alguno de los métodos de estimación descritos anteriormente.

Como es de esperarse, las estimaciones preparadas por estos métodos tendrán una banda de seguridad más amplia que las preparadas con toda la información, planos y especificaciones.

**Accidentes durante la Construcción.**- La mayoría de los accidentes que se producen en la construcción de una planta, se pueden neutralizar usando los servicios de las firmas de seguros.

Se pueden cubrir con un seguro contra eventualidades como fue go, accidentes, explosiones, etc., durante la construcción y la prima cargarse como parte de los costos del proyecto.

Algunos tipos de accidentes se pueden cubrir pero con primas extremadamente altas v.gr., trabajos de soldadura y excavaciones de túneles bajo el agua, etc. En estos casos el trabajo peligroso se debe investigar lo más cuidadosamente posible y limitar al mínimo el daño potencial, planeando meticulosamente la seguridad de los trabajadores. Los peligros que no se pueden prever, se deben cubrir por una partida de contingencias basadas en el juicio del estimador.

**Condiciones Económicas y Políticas.**- Es obvio que en un mundo en constante cambio, un proyecto se pueda realizar bajo condiciones muy diferentes a aquellos en las que se preparó el estimado. Por si fuera poco, predecir los cambios en las condiciones actuales de la economía es prácticamente imposible. A pesar de que se han realizado investigaciones estadísticas muy acuciosas y gastado enormes cantidades de dinero, aún no existe un método razonablemente confiable para predecir las condiciones económicas de un país en el futuro a mediano y largo plazo.

Sin embargo, el problema de predecir las condiciones de la economía es tan importante, que no se puede evitar. Analizando las apropiaciones aprobadas, volumen de construcción, cargas de trabajo en las compañías fabricantes de equipo, etc., se puede tener una idea de la dirección que seguirán los precios y los cambios probables en los precios en el tiempo en que se apruebe el proyecto y al momento de la ejecución cuando se tienen que comprar equipos y materiales. En algunas ocasiones, estos movimientos son más severos que los señalados por los índices de precios. Estos índices no consideran los aumentos en precios en épocas de gran actividad económica. Se puede decir que siempre será mejor tener una predicción mediocre o mala que suponer los precios invariables. Debido a la fuerte tendencia inflacionaria en la actualidad, la predicción se hace aún más difícil, por lo que se debe ejercer mayor vigilancia aún a la tendencia de los precios.

**Efectividad en el Desarrollo del Proyecto.**- Una estimación se basa en los promedios de trabajos ejecutados, modificados de acuerdo con las condiciones esperadas en las compras y condiciones laborales, etc. Las desviaciones grandes en los resultados promedio, se deberán a resultados excepcionalmente buenos o malos duran

te la compra y la construcción. También, si la estimación se hace antes de completar la ingeniería, se pueden producir desviaciones aún mayores si existen variaciones en la calidad de la ingeniería. Una faceta de la efectividad, es el uso económico de la H-H de diseño y otra más importante quizá es la economía en el diseño mismo, es decir, la realización de las metas del proyecto, verificando el diseño con el mínimo de equipo, material y mano de obra.

Desviaciones debidas a Cambios en el Alcance.- El factor que produce las mayores desviaciones de los costos reales con respecto a los estimados previos al diseño, es la dificultad de anticipar todas las instalaciones y detalles del proyecto. A medida que el proyecto avanza, los detalles se hacen mas aparentes, así pues, no es sorpresa que las estimaciones hechas de acuerdo al avance, sean cada vez más exactas.

Sin embargo, con frecuencia es difícil hacer una buena apreciación de la calidad de una estimación; ya que se puede trabajar simultáneamente en diferentes fases del proyecto v.gr., planta piloto, diseño del proceso, desarrollo del terreno, comienzo de las ingenierías básica y detallada y aún algo de construcción. Puesto que la exactitud de una estimación depende de la definición del proyecto, es necesario establecer, si es posible, un sistema de ponderación para cada una de las fases al momento de preparar la estimación.

Como aproximación a la solución de este problema, la definición de un proyecto se puede dividir en los puntos siguientes:

- Bases generales del proyecto
- Diseño de proceso
- Desarrollo del terreno
- Ingeniería básica
- Ingeniería detallada
- Trabajo en el campo.

Estas fases se pueden desarrollar con ayuda de una lista de comprobación como muestra la Tabla XV. Todas las partidas se han ponderado para indicar su grado de incertidumbre relativo. Cuando una partida se ha definido totalmente su ponderación es cero.

Una línea punteada indica que la partida no entra en la estimación. Las ponderaciones de la Tabla XV son para plantas de proceso químico. Los datos para proyectos civiles, electromecánicos-etc., tendrán factores diferentes.

Aún cuando las ponderaciones son arbitrarias, representan razonablemente el porcentaje que puede esperarse si la partida considerada está totalmente fuera de los límites calculados. Al asignar los factores, los valores mayores se dan a partidas mal definidas o desconocidas y que pueden tener los peores efectos en los costos del proyecto. A otras partidas, por ejemplo los drenajes, se les asignan valores relativamente pequeños, ya que normalmente están bien definidos y tienen además un efecto pequeño en el costo.

Cuando aún no se ha establecido la información de alguna partida, se le asigna el máximo valor posible. A medida que se va obteniendo la información, el valor anotado en la hoja, se va reduciendo proporcionalmente.

Por experiencia se sabe que cuando no se han definido sectores importantes, en las "Bases Generales del Proyecto", se tendrán posteriormente una gran cantidad de dudas que inciden negativamente en su desarrollo. Por esta razón, los valores en esta sección se usan no como una suma, sino para establecer un multiplicador junto con los valores ponderados de las otras cinco secciones.

Cuando se usa al máximo de todos los valores, la cifra a que se llega es 4,525; es decir, se presenta una condición extrema en la cual se conoce muy poco del proyecto. Si la información para las partidas bajo las "Bases Generales del Proyecto", "Estado de Diseño de Proceso e Ingeniería" y "Desarrollo del Terreno", es completa y confiable, la ponderación tendrá un valor de 120. Si el diseño se ha terminado, es decir, se tienen planos aprobados, especificaciones y listas de materiales completas, el valor será de 50. Cuando se tiene un avance de 40% en la construcción el resultado esperado será de 30.

Téngase presente que para llevar la hoja, se requiere de mucho juicio y siguiendo factores subjetivos, la calificación obtenida de varias personas puede cambiar considerablemente. Sin embargo, cuando el trabajo lo hacen por separado personas experimentadas, sus resultados tienden a una variación menor a 10%. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que, el método de ponderación es adecuado para proporcionar una indicación cuantitativa del grado de definición del proyecto, en una etapa particular de su desarrollo. Además se pueden visualizar las partidas en donde la falta de definición presenta los máximos peligros potenciales, por lo que debe dárseles la máxima prioridad en la siguiente etapa del proyecto.

Base para la Estimación de las Contingencias.- Las contingencias se introducen en una estimación para compensar las posibles desviaciones u omisiones en los costos, producidas por los factores discutidos anteriormente.

TABLA XV. - LISTA DE COMPROBACION PARA LAS CONDICIONES DE CONSTRUCCION

	CALIF. MAXIMA	ESTE PROYECTO
<b>A.- BASES GENERALES DEL PROYECTO</b>		
- Productos y Subproductos	100	
- Materias Primas	100	
- Conocimiento del Proceso	200	
Subtotal A	(400)	
Factor para las bases de Proyecto: Uno más 15 del Subtotal A	5	
<b>B.- ESTADO DE DISEÑO DEL PROCESO</b>		
- Balances de material y energía	70	
- Equipo mayor tipo y tamaño	80	
- Materiales de construcción	30	
- Revisiones con I y D y Producción	70	
Subtotal B	(250)	
<b>C.- INFORMACION DEL LUGAR</b>		
-Subsuelo y Obstrucciones	45	
- Equipo Usado	25	
- Material usado, tuberías, cableado, soportes,	25	
- Edificios utilizables	30	
- Servicios instalados	25	
- Terreno utilizable	25	
- Información climatológica	20	
- Reglamentos	20	
- Revisión con la planta	25	
Subtotal C	(240)	
<b>D.- ESTADO DE LA INGENIERIA</b>		
- Ley Out	35	
- Diagramas de Flujo	50	
- Equipo auxiliar tipo y tamaño	45	
- Edificios tipo y tamaño	35	
- Mejoras al lugar	25	
- Seguridad	25	
- Recubrimientos	10	
- Revisión con I y D y Producción	70	
Subtotal D	(295)	
<b>E.- INGENIERIA DETALLADA</b>		
- Planos y listas de material	45	
- Verificación de planos	25	
Subtotal E	(70)	
<b>F.- DESARROLLO EN EL CAMPO</b>	(50)	
Subtotal secciones B a F	(905)	

La calificación para las condiciones de construcción, multiplicárgense el subtotal de las secciones B a F por el factor para las bases de diseño  $905 \times 5 = 4,525$

Factor de

Contingencias recomendado : artículos no listados (Porcentaje del Costo de Reserva restringida. Base)

La guía más confiable en el establecimiento de un margen para contingencias es, desde luego, la experiencia en proyectos anteriores. Para organizar y analizar esta experiencia, se tabulan los costos de trabajos pasados, comparando los resultados con los de trabajos corrientes y los que se están estimando. Con el objeto de reducir a una base común todos los datos, se eliminan todas las contingencias y se hacen compensaciones para todos los cambios en el alcance de los proyectos v.gr., cambios en la capacidad de la planta, tipo de producto (s) etc., que se hayan hecho después de terminada la estimación.

Quando se grafican los sobrecostos de estimaciones anteriores contra el "valor ponderado" en el momento de la estimación, se obtienen gráficas como la de la Fig. 12. Aunque los puntos se encuentran muy desperramados, (debido a las otras variables listadas previamente), es aparente el dominio de la relación entre el "valor ponderado" y los sobrecostos. Cuando se dispone de una buena cantidad de datos, se pueden correlacionar con otras variables usando técnicas de regresión múltiples. La conclusión más importante de todo esto, es que las estimaciones deben hacerse desde las fases iniciales del proyecto, mientras se trabaja en la fase de investigación y desarrollo y aún antes de tener una definición completa del proyecto, aún cuando no sean muy exactas, ya que la estimación del proyecto y el costo final de este rara vez son iguales.

Los datos de la gráfica Fig. 12 indican que hay una tendencia a que la estimación quede del lado bajo en los proyectos definidos parcialmente. En promedio, las necesidades adicionales del proyecto se van conociendo a medida que se desarrolla el proyecto hacia su definición completa.

**Cálculo de las Contingencias.**- Puesto que al prepararse la gráfica de sobrecostos se eliminaron todas las contingencias, solo un porcentaje pequeño (+ 10%) de las estimaciones caerán debajo de la línea con una pendiente de 0.03D, donde "D" es el valor ponderado en la definición del proyecto. Esto quiere decir que para el 90% de las estimaciones, el valor de las contingencias será de, al menos, 0.03 veces del valor ponderado en la definición del proyecto. A esta cantidad se le podría llamar "Contingencias por Partidas no Incluidas". En la práctica solo en muy pocos casos se usará una contingencia menor a este valor.

**Reserva Restringida.**- Como base para que la gerencia decida seguir o no con un proyecto, se debe establecer un valor máximo para el sobrecosto que puede resultar de una estimación hecha en una etapa particular del proyecto. Esta máximo probable se puede aproximar por medio de la línea con pendiente 0.14D. Según esta línea, aproximadamente 90% de las veces se tiene un sobrecosto de 0.14D o menor.

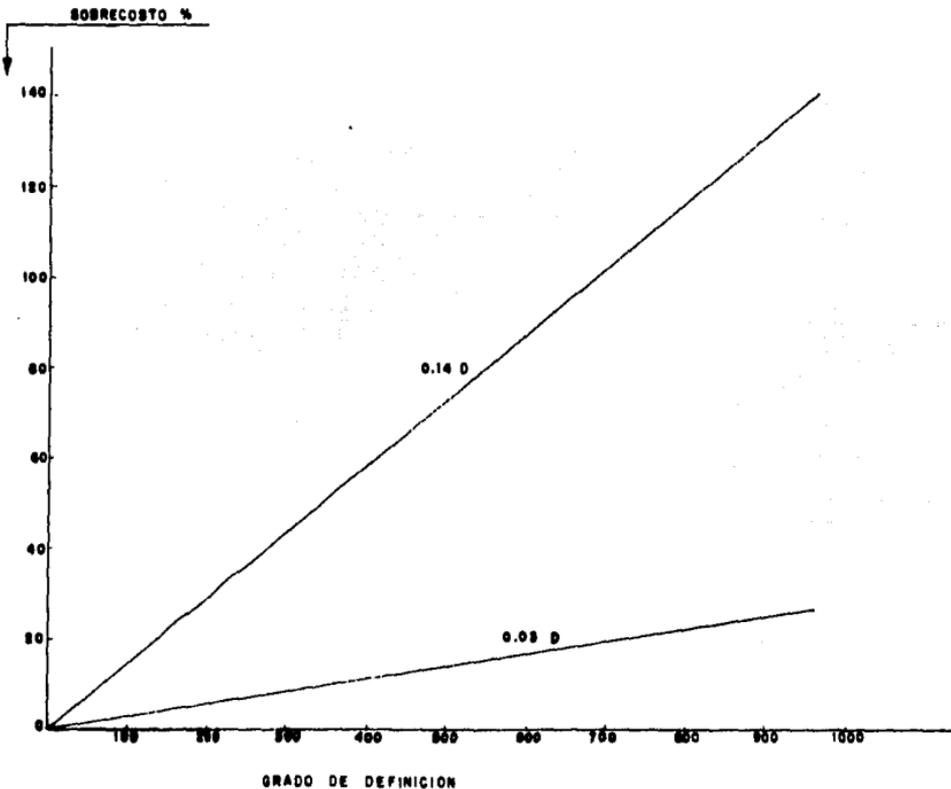


FIG. 12.- SOBRECOSTOS CONTRA GRADO DE DEFINICION

En términos del costo estimado "E", que toma en cuenta las contingencias por partidas no incluidas y dando un factor de mejora en las técnicas de estimación, se propone la siguiente ecuación para el cálculo de la Reserva Restringida "RR":

$$RR = \frac{(0.10D - 0.03D)E}{100 + 0.03D} = \frac{0.07D.E}{100 + 0.3D} \quad (5)$$

#### RESUMIENDO:

- El costo estimado que se usará para control del proyecto durante su desarrollo, contendrá un porcentaje de Contingencias por Partidas no Incluidas, de 0.03D. Esta cantidad, o un poco mayor, se necesitará en el 90% de los casos,
- La Reserva Restringida que se usará, al menos en parte, en cerca del 75% de los proyectos, se calcula por medio de la ecuación 5. Es interesante notar que en aproximadamente el 15% de los proyectos, se usará el total, o aún más de la reserva restringida.

Uso de la Reserva Restringida.- Durante el desarrollo de un proyecto a través de sus diversas etapas, la Gerencia tiene ante sí la disyuntiva de:

- Autorizar más fondos para terminar el proyecto.
- Abandonar el proyecto
- Autorizar cantidades limitadas en partidas para la planta piloto, desarrollo del terreno, o ingeniería para mejorar la definición del proyecto, etc., antes de tomar una decisión definitiva.

Un elemento a considerar al tomar tales decisiones, es la cantidad destinada como reserva restringida para esa etapa del proyecto. Si este es un proyecto con probabilidades razonables de éxito, la Gerencia puede decidir el gastar toda la reserva restringida y seguir con el diseño, compras y construcción. Esta acción puede permitir el obtener producto en la fecha más cercana posible, lo cual es de suma importancia cuando el éxito del proyecto está condicionado a una oportunidad de mercado hacia la cual se mueve la competencia. En estos casos, la reserva restringida proporciona una indicación valiosa del límite superior de la inversión.

Si el proyecto no puede producir una rentabilidad adecuada, de acuerdo al costo estimado y con las contingencias por partidas no incluidas, pero sin considerar la reserva restringida se puede pensar en desecharlo. Sin embargo, en algunos casos se puede mejorar el diseño del proceso y equipos, usar materiales de construcción más baratos, etc., que se traduzcan en una inversión menor o

más bajos costos de operación y así salvar el proyecto.

En muchos casos el proyecto será rentable solo si se puede construir al costo estimado, pero fracasará si se usa toda la reserva restringida en la etapa de desarrollo considerada. En estos casos se opta por autorizar una etapa de desarrollo tal que permita establecer bases más firmes para la estimación y así reducir la cantidad asignada a la reserva restringida. Desde luego, los trabajos de investigación y desarrollo y diseño serán orientados a la disminución de los costos de inversión y operación.

Durante todas las etapas del proyecto, se usa el estimado para control, sin la reserva restringida. Cuando la Gerencia autoriza la ingeniería detallada, compras y construcción, también se usa el costo estimado sin la reserva restringida. Esta es la meta que debe seguir todo el personal del proyecto. La reserva restringida se aprueba solamente como un suplemento y bajo una justificación fuerte y bien detallada.

Cuando la Gerencia considera una reserva restringida en la evaluación de un proyecto, se deben tomar en cuenta los fondos comprometidos en la planeación financiera global de la empresa.

Contingencias para Cotizaciones.- El contratista que está desarrollando una cotización a costo alzado, enfrenta problemas de contingencia un poco diferentes a los del cliente. Si su propuesta se basa en planos y especificaciones finales, los sobrecostos que pueden presentarse debidos a una definición incompleta del alcance del proyecto, prácticamente no lo afectan, ya que aparecerán como cambios en el proyecto y serán autorizados y pagados por el cliente. Su problema en tales circunstancias es observar que sean registrados, todos los cambios a la propuesta original y pagados en su totalidad.

Cuando la propuesta se hace en base a un proyecto "llave en mano" con garantía en el proceso y la producción, el contratista tiene ante sí un problema similar al del cliente, en cuanto al establecimiento de las contingencias. En este caso el contratista está aceptando un riesgo mayor y debe buscar el máximo de definición al costo mínimo en un diseño preliminar. Debe tenerse en cuenta que la preparación de cotizaciones en esta fase, representa una porción substancial de los costos de operación de la firma de ingeniería y construcción y para mejorar la exactitud de las propuestas con frecuencia usan listas de comprobación.

#### UN PROYECTO TIPICO

Con el objeto de mostrar el uso de los procedimientos de estimación discutidos previamente se describirá a continuación la forma en que se prepara una estimación para un proyecto típico.

**Exámen y Planeación Preliminares.**- Para atacar correctamente un problema de este tipo, lo primero que se debe hacer es examinar detenidamente todos los planos, diagramas especificaciones y reportes generados por el proyecto. Se deben discutir los detalles con el Gerente de Proyecto, definir la exactitud requerida, propósito y tiempo disponible para preparar la estimación. Con esta información seleccionar el método de estimación más apropiada a las condiciones del proyecto, planear y programar el trabajo, obtener mayor información si es necesario, solicitar una mayor definición del proyecto, hacer una inspección de campo, asegurarse de la colaboración del personal adecuado, etc. La estimación de proyectos mayores, requiere de una planeación y programación formales usando los métodos de CPM/PERT.

**Inspección de Campo.**- Antes de comenzar una estimación para un proyecto mediano o grande, es recomendable hacer una inspección de campo, de preferencia en compañía del Gerente de Proyecto a una persona que conozca bien la zona. En esta ocasión se deben obtener datos de precios de equipos, materiales, mano de obra y condiciones económicas y sociales de la plaza.

**Exámen de los Datos del Proyecto.**- Después de la visita al lugar de construcción, se deben reexaminar los planos, reportes, listas de equipo y especificaciones. Se proporcionará a los posibles subcontratistas toda la información necesaria para que presenten cotizaciones adecuadas, esta información incluirá lay-outs, datos del terreno, mecánica de suelos, condiciones climatológicas, etc.

**Productos y Subproductos.**- Determinar los productos, subproductos, desechos, contaminantes, etc., que se van a obtener en la operación de la planta y presentarlos en una forma semejante a la de la Fig. 14.

**División Funcional.**- Estudio de los Diagramas de Flujo. Si el proyecto es grande y comprende más de un proceso, la estimación se puede partir en varias divisiones funcionales, con una hoja de estimación para cada división. En casos como este, se deben asegurar números de cuenta de acuerdo a las reglas señaladas anteriormente.

**Proceso.**- En el renglón de "Proceso" de la hoja de resumen para cada división funcional, se hace una breve descripción del proceso. Esto es necesario ya que en muchas ocasiones se preparan estimaciones de procesos alternativos para fabricar el mismo producto.

**Capacidad.**- En cada división funcional, se mostrará la capacidad de la planta para los productos intermedios y subproductos. Los valores de capacidad, servirán para identificar aún más la estimación, ya que se pueden preparar varias estimaciones para plantas de diferentes capacidades.

**Localización.-** Se debe mostrar claramente la localización geográfica de la planta propuesta. En algunos casos será necesario hacer estimaciones de estudio, suponiendo varias localizaciones para tener una base razonablemente consistente y establecer varios elementos de costos que se relacionan con el lugar de construcción. Por supuesto que la localización del proyecto se debe decidir antes de preparar la estimación definitiva.

**Bases de Estimación.-** En el renglón destinado a las bases de estimación se indicarán las fuentes principales de información, haciendo énfasis en el origen de las relaciones y métodos usados.

**Tipos de Estimación.-** Se usará un catálogo apropiado para especificar el tipo y calidad del estimado. Una clasificación adecuada puede ser:

- Tipo I - Costo unitario detallado
- Tipo II - Lista de Material (Take Off)
- Tipo III - Relación definida de equipos
- Tipos IV - Relación preliminar de equipo
- Tipo V - Curvas de Costo-Capacidad

Para usar cualquiera de las primeras se necesita que la ingeniería se haya terminado o casi terminado y es por esto que se usan solamente para propósitos de control en las etapas de compras y construcción. Las H-H necesarias para la estimación de costos cuando se emplean los tipos III, IV y V se usa la Fig. 13. Esta cifra no incluye las H-H empleadas en la definición del proyecto ni las H-H de ingeniería. Con ayuda de la Fig. 14 puede seleccionarse el método de estimación más adecuado a las circunstancias en que se desarrolla el proyecto.

**Definición de la Calificación.-** La Hoja de Definición de la Estimación se llenará en colaboración con el Gerente de Proyecto. Para estimaciones importantes, esta actividad se hará con todo detalle, no solo se asegurará que la calificación sea realista y adecuada, sino que la hoja de definición se pueda usar como lista de comprobación, para descubrir áreas que representen dificultades potenciales. Las calificaciones para definición, por lo general, son más bajas para estimaciones con listas de material que para las estimaciones con relación de equipos. Esto es natural ya que para formar listas de materiales confiables es imprescindible que estén terminados todos o casi todos los planos y especificaciones. Por otro lado, es posible disponer de planos detallados basados en información incompleta e inadecuada, en estos casos la calificación es alta.

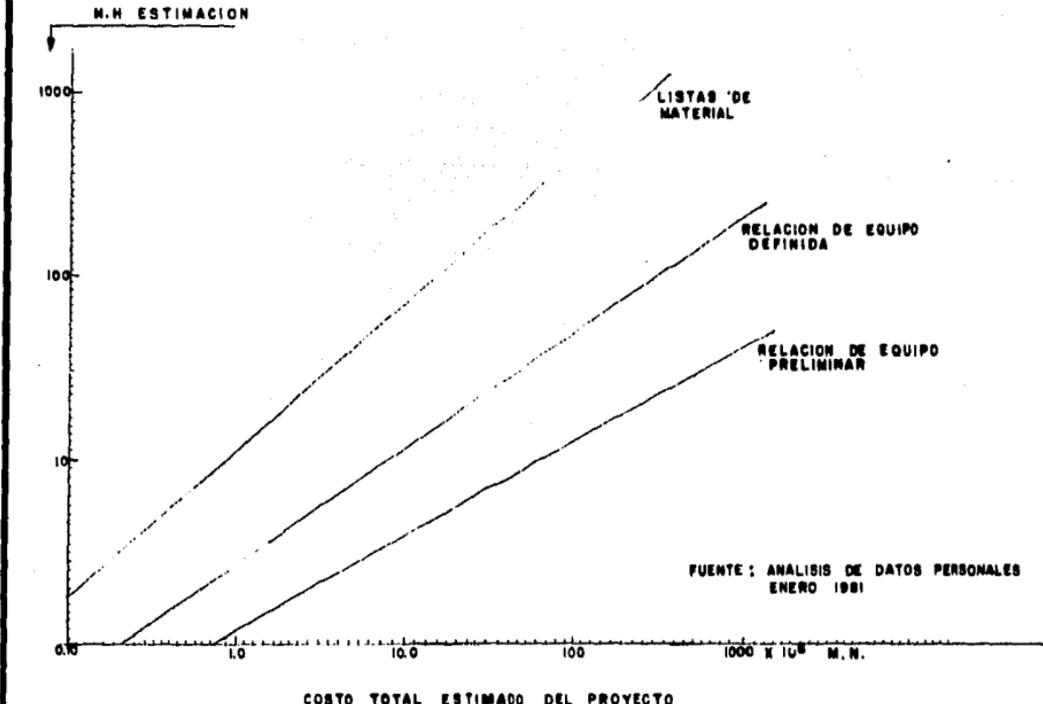


FIG. 13.- H-H NECESARIAS PARA ESTIMACIONES

**Partidas no Listadas.**- El porcentaje para partidas que no se han tomado en cuenta por omisión, se obtiene, como ya se indicó multiplicando la calificación definida del proyecto por 0.03. Este porcentaje se agrega al costo estimado para cada pieza de equipo de proceso y a todas las partidas de materiales. Por lo que automáticamente aumentan los valores de la mano de obra, ingeniería, compras y construcción. Esto es un valor mínimo de contingencias para las partidas que inevitablemente se omitirán.

**Índice de Costos.**- Obtener el valor del índice de costos aplicable al período durante el cual se va a comprar el equipo y material del proyecto.

**Productividad y eficiencia de la Mano de Obra.**- Con ayuda de la Hoja de Datos para la productividad de la mano de obra y las condiciones de trabajo, estimar los factores y aplicarlos al proyecto particular. Como se ha señalado, estos factores tienen un efecto muy grande en la estimación. Sin embargo, en estimaciones preliminares y suponiendo que el trabajo lo va a efectuar un contratista eficiente bajo condiciones normales y en un sitio nuevo, el factor de productividad se acercará a 1.20, si el contrato se lleva en condiciones de dificultad un poco mayor en una planta en operación, el factor será 1.50. Cuando el trabajo lo ejecuta un equipo de mantenimiento, el factor puede subir hasta 2.00. Los factores en lugares donde se usa poco equipo de construcción, tienen a ser mucho mayores.

Para estimaciones finales se debe llenar totalmente la hoja de comprobación e incluirla dentro del archivo del proyecto. En algunos casos las condiciones de trabajo pueden variar tanto en las diferentes secciones de un proyecto grande, que se hace necesario preparar hojas individuales.

**Salario Efectivo.**- Los salarios efectivos se pueden determinar de acuerdo a lo establecido basado en la información obtenida durante la inspección en el campo. Para estimaciones preliminares, se pueden usar los datos publicados por la SAHOP en las que se proporcionan tablas de salarios por zonas y por especialidades. El salario efectivo incluye el salario base, más el impuesto sobre productos del trabajo, seguro social y prestaciones. A menos que se considere por separado el costo del equipo de construcción, los sueldos efectivos también incluyen un factor por renta para el equipo de construcción.

**Preparación del Terreno.**- Para muchos proyectos industriales, se tiene el terreno desde el principio y no es necesario incluir su costo en el estimado.

Por otra parte para plantas en lugares apartados y nuevos industrialmente, se tiene que comprar el terreno, cuyo precio puede ser una partida muy importante del costo total del proyecto, especialmente en los casos en que se incluyen factores como cercanía a

rios, lagos y otras características industrialmente valiosas, o bien si se tiene que comprar terreno para futuras ampliaciones,

La preparación del terreno puede o no ser una partida importante, pero siempre existe la necesidad de considerar un costo por este concepto. Las áreas indicadas en mapas regionales detalladas, como los proporcionados por CETENAL, pueden mostrar la existencia de obras de infraestructura como líneas eléctricas, gasoductos, oleoductos, teléfono, etc. En lugares de alta concentración industrial, se tiene que verificar la existencia de instalaciones subterráneas como drenajes, cimentaciones viejas, etc. En muchos casos el desarrollo de un sitio nuevo requiere de la solución de problemas como remoción de maleza, árboles, casas, etc.

**Reacondicionamiento.**- Cuando hay la posibilidad de emplear equipo usado, se debe investigar profundamente el costo de reacondicionarlo y asegurarse que proporcionará satisfactoriamente el servicio requerido. El trabajo y el servicio propuesto para el equipo se revisarán con el Gerente de Proyecto, los materiales y mano de obra para reacondicionar el equipo se estiman para llegar a un costototal de reacondicionamiento.

**Equipo Mayor.**- Al principio del proyecto se prepara una lista maestra que muestra el tipo, tamaño y número de cada equipo mayor. Estimar los precios de acuerdo a alguno de los métodos desarrollados en el Cap. III, agregar los porcentajes por equipo no incluido y llenar las columnas de costos de material. La gran influencia del equipo mayor en el estimado total, puede justificar, en algunos casos, la cotización preliminar de equipos en que se tengan dudas. Se tendrá presente en casos como estos, el principio de Pareto.

Quando en el proyecto se va a emplear equipo usado, el estimado se hará con el valor de mercado suponiendo que fuera nuevo y a valor presente y la cifra es puesta entre paréntesis rectangulares. El porcentaje de partidas no computadas se escribe inmediatamente abajo.

Para estimaciones preliminares hechas con relaciones de equipos, se pueden usar datos de proyectos pasados para estimar los costos de equipo auxiliar. La relación seleccionada para cada división funcional se escribe en el espacio marcado como "e". El producto de "e" y el valor total de equipo mayor arroja el valor estimado para el equipo auxiliar.

Para estimaciones definitivas hechas con relaciones, hay que listar los precios y el equipo auxiliar, incluyendo instrumentos y control de motores en forma similar al equipo mayor.

Use una hoja para cada estimado y agréguese al resumen del estimado. Solo en casos muy especiales de equipo costoso y no estandar, se solicitarán cotizaciones del equipo auxiliar. Escriba-

se el valor total del equipo auxiliar aumentándose la estimación de las partidas no incluidas en la forma de Resumen de Estimación.

La estimación total del equipo de proceso, es la suma de las partidas de equipo mayor más el valor del equipo reacondicionado, más el valor del equipo auxiliar. Con este valor como base, se seleccionan las relaciones de materiales.

Con base en proyectos pasados, seleccionar las relaciones de materiales, por división como se indica en la pág. 48 multiplicando las relaciones de material "M" por el costo total del equipo "Ep", se obtiene el costo de los materiales para cada división.

Las relaciones para materiales como tubería, cables, edificios, etc., se seleccionan y aplican de acuerdo a las reglas de la pág. 48

Quando se requieren estimaciones más exactas, las relaciones para materiales de construcción, tuberías, etc., se pueden obtener por relaciones en base a precios unitarios. De los lay outs se pueden obtener superficies, elevaciones y cantidad de materiales de construcción. Los edificios se costean por metro cuadrado, metro cúbico, etc., las dimensiones y necesidades de servicios auxiliares (vapor, aire, electricidad, gas, drenajes, etc), se obtienen de los lay-outs, Los costos unitarios de estas partidas se obtienen por el método de la pág. 48

El porcentaje por partidas no incluidas, se agrega a los costos de los edificios y servicios auxiliares estimados como precios unitarios.

Las H-H estándar por pesos (\$) de material se seleccionan analizando los proyectos anteriores para cada grupo de materiales y tipo de equipo.

Para ajustar el costo a las condiciones actuales del proyecto, se convertirán las relaciones estándar mano de obra/material, multiplicando las H-H estándar por peso de material por la relación entre la productividad estimada y el factor estándar y el índice de costo estimado del proyecto. Este producto nos da las H-H por peso de material a precios corrientes,

Para equipo usado se emplea el precio de mercado y a valor presente, en lugar del valor en libros o costo original.

El costo de mano de obra en construcción es el producto de las H-H y los salarios efectivos.

Con el objeto de presentar una mejor panorámica del trabajo se usa una hoja de resumen separada por cada división funcional del proyecto. Los subtotales de costo directo de cada hoja se resumen en un gran total computando también los costos indirectos. Esto es necesario ya que los costos indirectos se ven influencia--

dos por el tamaño total del proyecto.

Costo de Diseño. - El costo de H-H de diseño estándar por pesos (\$) de material, se puede obtener de las Figs. 8 y 9, que a su vez se basan en estadísticas de proyectos anteriores. Los valores estándar ajustan a las condiciones del proyecto teniendo en cuenta las características del trabajo como, "fáciles", "medianas" o "difíciles". También se pueden evaluar por medio de una hoja de calificaciones de las condiciones de diseño Fig. 10. Las H-H de diseño para el proyecto se obtienen multiplicando las H-H por peso de material, ajustadas a las condiciones de diseño, por el valor de los materiales al nivel del índice de precios. Multiplicando este valor por el pago efectivo, se obtiene el costo total de ingeniería.

Con objeto de preparar las relaciones para un estimado definitivo, se debe contar con un programa de diseño razonablemente completo. Con la intervención del Gerente de Proyecto se pueden estimar las H-H por plano y de aquí determinar las H-H totales del proyecto. Al resultado se le agrega el porcentaje por partidas no incluidas. Como método comprobatorio, se puede usar la relación de las H-H para diseño por peso de material y comparar el resultado con el del método anterior. Siempre deben considerarse las condiciones de diseño usando la Hoja de Calificación, Fig. 10.

Para estimaciones por listas de material, se debe tener por lo menos el 85% de la ingeniería y el costo de diseño estimarse de proyectos terminados. Se debe proporcionar un factor de compensación para todas las áreas no terminadas. Las cantidades a compensar por cambios y aumento de los dibujos, se establecen multiplicando el porcentaje por partidas no conocidas por el costo total de diseño a la fecha, más el costo anticipado para completar. Los gastos en la obra por relación, se pueden aproximar usando la Fig. 11. Para usar el método de Listas de Material, las subdivisiones de la cuenta de gastos en obra y los costos asociados con cada una se computan en una hoja por separado y se detallan en una hoja de estimación. Los totales para cada subdivisión se listan en el resumen.

La Reserva Restringida se establece por la ecuación:

$$RR = \frac{0.07 D}{100 + 0.03 D} E \quad (5)$$

Cuando se ha terminado la estimación, es conveniente pasarla a otro ingeniero de costos para que compruebe, la organización, el método y la aritmética.

Revisión. - En las estimaciones importantes, es necesaria una revisión formal hecha por funcionarios especializados. Este grupo se puede integrar con el siguiente personal:

- Ingeniero que formuló el estudio original de factibilidad
- Ingeniero de diseño del proyecto
- Ingeniero residente
- Representante del departamento producción
- Ingeniero de costos

## CAPITULO V

## CICLO DE CONTROL DE TIEMPO

## PLANEACION Y CONTROL DE AVANCE DEL PROYECTO.

En el capítulo anterior se ha tratado el control de los costos. Es necesario también controlar los proyectos con respecto al tiempo de ejecución y terminación. Para una ejecución adecuada de un proyecto, el control del tiempo se debe llevar a través de cada una de las etapas de:

- Investigación y Desarrollo
- Definición del proyecto
- Decisión económica
- Ingeniería
- Compras
- Construcción
- Arranque y operación inicial

El control de las actividades en las fases de investigación y desarrollo es particularmente difícil. Sin embargo la experiencia reciente ha demostrado que estas operaciones se pueden planear programar y controlar eficientemente, siempre y cuando se tome en cuenta la naturaleza eminentemente creativa de estas actividades y dar las holguras necesarias para las variaciones en los tiempos de realización.

El control del proyecto durante las etapas de definición y decisión, también es difícil, aunque no tanto como en la etapa anterior. Se debe tener presente en los casos en que es importante la terminación rápida del proyecto, que el control del tiempo en las etapas iniciales, es tan importante como en las etapas finales del trabajo. Un día calendario ganado es importante, sin considerar que se haya logrado en investigación y desarrollo, diseño o construcción, por una aprobación rápida o por trabajo extra de 100 ó mas obreros. Si no es tan importante la fecha de arranque, el énfasis se pone en la calidad, la optimización y definición del proyecto, ya que en las etapas iniciales los costos son menores que en las de ingeniería y construcción.

El desarrollo y la definición deben avanzar con la debida atención a las necesidades de interrelación de los diversos aspectos del trabajo. No tiene caso empujar fuertemente una fase del proyecto empleando mucha gente, trabajando tiempo extra, etc., si otros elementos concurrentes no se desarrollan con la misma calidad y vigor. En estos días de rápido progreso tecnológico y competencia agresiva, posiblemente sea más importante la planeación del proyecto, que las etapas más convencionales de diseño, compras y construcción.

Desde el principio se debe preparar un programa maestro como parte de la definición del proyecto, que funcionará como base de -

la decisión económica. Este programa es la gufa principal para la ejecución del proyecto. Durante el diseño, compras y construcción se preparan informes de progreso, que comparan los avances realizados con respecto al programa maestro. Los avances en éstas funciones son interdependientes, así compras depende del diseño, a su vez el progreso en construcción depende de la entrega de dibujos - aprobados y especificados enviadas por el departamento de ingeniería y de la entrega de equipo y materiales por los proveedores, ordenados por el departamento de compras.

El control de las actividades para el arranque y operación inicial es tan importante como cualquiera otra etapa del proyecto. Al llegar a esta etapa se ha gastado prácticamente todo el capital comprometido para el proyecto mismo que permanecerá improductivo - hasta que la unidad se ponga en servicio en forma eficiente. Además las posibilidades de accidentes son mayores en este período ya que el equipo es nuevo y operado por personal que no lo conoce totalmente. La planeación y programación permiten un arranque ordenado y relativamente seguro.

Se ha estado hablando de planeación y programación con cierta insistencia por lo que se hace necesaria una distinción entre - las dos:

- La actividad de planeación es la determinación individual - que debe cumplirse para realizar un proyecto, es una secuencia ordenada que toma en cuenta las interrelaciones y precedencias de todas las actividades.
- La programación consiste en la adjudicación de los tiempos necesarios para realizar todas y cada una de las actividades planeadas y relacionarlas a días calendario.

Estas definiciones son útiles cuando se desarrolla algún método de diagrama de flechas (CPM, PERT, etc.).

Como introducción al análisis de las interrelaciones de las actividades de un proyecto, se discutirán algunos de los métodos de programación más usuales. Debe notarse que estos métodos contienen los principios y elementos en que se basan las técnicas más sofisticadas, con ayuda de las cuales se pueden emplear los principios básicos de la planeación y la programación en los trabajos más grandes y complejos, sirviéndose además de los programas de computadora.

Debido a la amplia distribución y aplicación de estas técnicas, no es necesaria su descripción detallada en esta sección; sin embargo, se mencionarán sus características más importantes,

## ESTABLECIMIENTO DE LA CADENCIA DEL PROYECTO.

La gama posible de cadencias y su resultante en la amplitud de los costos, han recibido la atención de las compañías en operación. El problema semántico que implica lo anterior se ha resuelto de acuerdo a las definiciones que se presentan en los párrafos que siguen.

En la administración de proyectos se conocen tres tipos de cadencia o velocidades de desarrollo a saber:

**Cadencia Normal.** - En este caso el proyecto se lleva al costo mínimo consistente con los costos mínimos de operación. La planeación considera tiempo suficiente para realizar un trabajo óptimo en todas las fases del proyecto investigación y desarrollo ingeniería, compras y construcción.

**Cadencia Moderada.** - Cuando un proyecto se lleva en esta forma, se invierte una cantidad extra de dinero, generalmente en el orden del 5% al 10%, con el objeto de "ganar" tiempo. Se hacen compromisos por cantidades limitadas y controladas estrictamente, principalmente en la compra de equipos y contratos de construcción para acelerar actividades que se encuentren sobre la ruta crítica.

**Cadencia Acelerada.** - La idea, en este caso, es sacrificar dinero en todas las actividades en que se pueda "ganar" algo de tiempo. Las actividades de investigación y desarrollo e ingeniería se limitan al mínimo posible para desarrollar un programa "rápido y seguro". De la misma manera, se reducen al mínimo todos los estudios de diseños alternativos para reducción de costos. Las compras se realizan con los proveedores que garanticen tiempos de entrega más cortos y no bajo las bases de calidad y costos. En construcción se contrata bajo bases similares y pagando tiempo extra. En estas condiciones, los costos se incrementan entre el 10% y el 20% (y aun más en casos extremos), pero el tiempo para realizar el proyecto se puede acortar drásticamente.

Las diferencias en costos y la aceptabilidad asociados a cada tipo de cadencia, es tan variable como lo son las condiciones y objetivos de los proyectos. Según esto, existen más probabilidades de aceptar una propuesta para desarrollar un proyecto piloto en forma acelerada, aún cuando el costo adicional sea de 20% o más del costo original, que una propuesta similar para la construcción de una planta o tamaño comercial.

La primera indicación de la cadencia del proyecto proviene del estudio preliminar de factibilidad o mientras se prepara el Programa Preliminar de Ingeniería y Construcción.

Quando el programa indica una cadencia diferente a la normal, es necesario que el grupo de proyecto prepare una estimación de

los sobrecostos que se incurrirán por la mayor velocidad en su realización y negociar con la Gerencia General sobre la base del tiempo ahorrado contra el costo adicional del proyecto. El resultado de la negociación se refleja en una Solicitud de Información.

Cuando se decide por una Cadencia Acelerada, se toma el riesgo de realizar un proyecto con una definición incompleta para efectuar un trabajo que no es, necesariamente, el mejor posible bajo circunstancias normales.

#### PROGRAMA DE DISEÑO

En la planeación y control de la fase de ingeniería de un proyecto, se utilizan cuatro técnicas principales de programación. Para proporcionar a la compañía de ventaja máxima de competitividad y para iniciar lo más pronto posible los ingresos por ventas, todos los programas se desarrollarán con una duración mínima consistente con la cadencia y el costo autorizados. Un programa óptimo se desarrolla generalmente con los elementos que siguen:

- Tiempo en la definición del proyecto para preparar las especificaciones de equipo con tiempo de entrega largo.
- Tiempo óptimo para las actividades de compras, teniendo en cuenta la preparación de Tablas Comparativas.
- Tiempo óptimo de construcción después de recibido el equipo con tiempo de entrega largo.

#### TECNICAS DE PROGRAMACION

En la preparación de los programas se pueden usar varias técnicas; las más importantes son:

Gráfica de barras o de Gantt

Técnica del Camino Crítico (CPM)

PERT

CPM-GANTT

A continuación se describen brevemente las técnicas:

Gráfica de Barras o de Gantt.- Esta técnica es la más simple para relacionar las actividades y su secuencia,

En la preparación de un diagrama de Gantt se considera lo siguiente:

- Preparar una lista de las áreas de trabajo, o sus actividades individuales, en una columna vertical a la izquierda de la gráfica.

- Dividir el eje horizontal en unidades de tiempo; días, semanas, meses, etc.
- Representar el plan de trabajo por una línea horizontal opuesta a la descripción de cada actividad.
- La longitud de la barra representa, directamente, la duración de la actividad.
- Usar letras sobre las barras para indicar peculiaridades del programa. En la parte inferior de la gráfica se anotan las convenciones empleadas.

#### Desventajas

- No se pueden indicar las interrelaciones entre las actividades y por lo tanto no son aparentes al lector. El efecto del cambio en una actividad sobre el programa total no se puede determinar sin información adicional.
- El programa no se puede mecanizar. Todas las revisiones se deben hacer manualmente y cuando el programa es grande, una revisión significa un esfuerzo considerable. Por esta razón, las revisiones se hacen menos frecuentes a medida que el proyecto se complica y el programa pierde validez como herramienta de control diario.

Método del Camino Crítico (CPM).- El método del Camino Crítico (CPM) se ha desarrollado para evitar las desventajas inherentes a la gráfica de barras.

#### Ventajas

Sin entrar en detalles de como se construye el diagrama de flechas, se puede considerar que las ventajas del CPM son:

- En la preparación del diagrama, el programador se obliga a considerar en detalle todas las dependencias entre las actividades.
- Los cálculos de las primeras y últimas fechas de terminación se pueden hacer en computadora.
- Se pueden evaluar simple y rápidamente cursos de acción alternativos, haciendo los cambios en el diagrama de flechas y recalculando los resultados.
- Se pueden alimentar a la computadora cambios en la duración de las actividades y planear en forma adecuada cualquier acción correctiva necesaria.
- La técnica del CPM permite la planeación a largo plazo del personal necesario en el proyecto.

### Desventajas

- Ni el diagrama de flechas ni las hojas de computadoras son interpretadas fácilmente por personas que no tengan entrenamiento previo.
- La preparación del diagrama de flechas original requiere de una gran habilidad, experiencia, tiempo y esfuerzo.
- Los proyectos grandes y complicados solamente se pueden manejar por medio de computadoras.

Método de Programación PERT, - El PERT es una técnica similar al CPM y se puede decir que en general el método CPM hace énfasis en las actividades en tanto que el PERT se concentra en los los gros.

Desde su origen el PERT fue diseñado principalmente para uso de la alta gerencia y en general no se considera muy adecuado para representar las necesidades de un proyecto.

### METODO DE PROGRAMACION CPM-GANTT

#### Ventajas

- Un programa de este tipo lo pueden leer e interpretar personas sin mucho entrenamiento.
- Las dependencias entre actividades son bastante claras.
- El diagrama simplificado se puede preparar fácil y rápidamente tomando los datos del diagrama CPM y de las hojas de computadora.

#### Desventajas

- La preparación del diagrama original requiere de habilidades y esfuerzos similares a las necesarias en la preparación del CPM.
- La representación gráfica sobre la escala de tiempo es más tardada que en el diagrama de Gantt o CPM.
- Los cambios en cualquier elemento pueden originar un reordenamiento grande de todo el programa. Las revisiones son, por lo tanto, menos frecuentes a medida que los proyectos son más complicados, por lo que el método pierde valor como herramienta para el control diario de las actividades.

## COMPARACION ENTRE LOS METODOS CPM Y PERT

En la actualidad las técnicas CPM y PERT, se usan según la experiencia previa y el criterio del programador, ya que en realidad los dos métodos se pueden tomar como equivalentes. A continuación se hacen algunos comentarios acerca del origen y la evolución de las dos técnicas y el resultado que se ha obtenido en su aplicación. Desde el principio se consideró, que una de las ventajas principales del CPM fue la separación entre las actividades de planeación y programación. Por su parte, el método PERT fue concebido como una técnica para evaluar el progreso de un programa existente y para predecir la probabilidad de cumplir con las fechas programadas. Por lo tanto PERT consideraba un programa predeterminado basado en las necesidades del proyecto en lugar de los factores normales de planeación. Para cumplir con lo anterior, los cálculos de PERT consideraban las fechas de terminación por medio "tiempos programados por evento",  $T_s$ .

Por otra parte los cálculos de probabilidad se hacen con solo los eventos a los que se han asignado tiempos. Generalmente esto se hace solo en el evento final. Sin embargo, los "Tiempos Programados"  $T_s$  se pueden asignar a cualquier evento. Puesto que estos tiempos se basan en consideraciones externas a la lógica del diagrama de flechas, pueden considerarse, hasta cierto punto, arbitrarios en términos de esta lógica. De acuerdo con lo anterior, las holguras en PERT pueden cambiar de más a menos o viceversa, esta circunstancia puede hacer que la ruta crítica es la actividad cuya holgura es mínima, sea positiva o negativa.

Este énfasis en la terminación condujo a muchos a desarrollar el programa de atrás hacia adelante. Esta característica puede ser importante en las fases de investigación y desarrollo en que se necesita visualizar un producto todavía no conocido. Sin embargo la industria de la construcción basa sus programas en la experiencia; por lo tanto la forma en que se inicie y desarrolle el diagrama de flechas es irrelevante, es decir, las flechas, una vez trazadas, deben ser las mismas.

La Tabla XVI proporciona una comparación entre PERT original y los fundamentos de CPM.

Como se ve en el sistema para estimar los tiempos probables de ejecución siguen siendo parte de PERT, sin embargo, los programadores usan ahora con mucha frecuencia el mismo valor para "a", "m" y "b". Por lo tanto esta diferencia entre CPM y PERT actualmente es solo nominal.

Segundo, el cálculo de probabilidades ha tenido muy poco uso desde la terminación del proyecto Polaris; se ha dado mayor énfasis al valor de las holguras como una indicación de la probabilidad de cumplir con la fecha de terminación.

CONSIDERACION	PERT	CPM	DIFER.	SIMILAR
1.- Basado en diagrama lógico	si	si		x
2.- ENFASIS	EVENTO	ACTIVIDAD	x	
3.- TIEMPO ESTIMADO, TIEMPO DE PROYECTO	si	si		x
4.- METODO PARA ESTIMACION DE TIEMPOS	TRES	UNO	x	
5.- USO DE PROBABILIDADES	si	no	x	
6.- PROGRAMA DE TIEMPOS DE EVENTOS	si	no	x	
7.- HOLGURAS TOTALES	si	si		x
8.- HOLGURAS LIBRES	no	si	x	
9.- HOLGURAS NEGATIVAS	si	no	x	
10.- USADO PARA PLANEAR NUEVO TRABAJO	no	si	x	
11.- USADO PARA VIGILAR PROGRAMA ACTUAL	si	si		x
RESULTADOS			7	4

Tercero, a medida que PERT se ha usado con mayor frecuencia como herramienta de planeación, el énfasis ha cambiado de evento a actividad.

Cuarto, CPM también a sufrido algunos cambios, los tiempos de flotación libre ya no se usan ya que la práctica ha demostrado su falta de utilidad. La mayoría de los programadores usan flotación negativa solamente para analizar el proyecto. La flotación negativa indica que se debe planear una acción correctiva o modificar la fecha de terminación, o una combinación de las dos.

Al compararse PERT y CPM tal como se usan en la actualidad, se obtiene la Tabla XVII. Según lo anterior, los métodos CPM y PERT difieren en la actualidad en solamente una de once características importantes; así pues, la diferencia entre los dos métodos es principalmente la preferencia que sobre uno u otro tenga el programador; es decir, se puede correr la información del CPM en un programa PERT y obtener resultados en PERT. Sin embargo para obtener resultados adecuados, PERT necesita de mayor capacidad de computadora debido a:

- Que se trabaja con un número de eventos mayor
- Requiere de mayor memoria
- Necesita cálculos de probabilidades
- Requiere más información sobre los tiempos programados,

TABLA XVII.- COMPARACION ENTRE GPM Y PERT EN LA ACTUALIDAD

CONSIDERACION	PERT	CPM	DIFERENTES	SIMILAR
1.- BASADO EN DIAGRAMA LOGICO	SI	SI		X
2.- ENFASIS	EVENTO Y ACTIVIDAD	ACTIVIDAD		X
3.- TIEMPO ESTIMADO, TIEMPO DE PROYECTO	SI	SI		X
4.- METODOS PARA ESTIMACION DE TIEMPOS	UNO O TRES	UNO		X
5.- USO DE PROBABILIDADES	SI	NO	X	
6.- PROGRAMA DE TIEMPOS Y EVENTOS	SI	A VECES		X
7.- HOLGURAS TOTALES	SI	SI		X
8.- HOLGURAS LIBRES	NO	NO		X
9.- HOLGURAS NEGATIVAS	SI	A VECES		X
10.- USADO PARA PLANEAR NUEVO TRABAJO	SI	SI		X
11.- USADO PARA VIGILAR PROGRAMA ACTUAL	SI	SI		X
RESULTADOS			1	10

## SELECCION DE LA TECNICA DE PROGRAMACION

El Gerente de Proyecto tiene plena libertad para seleccionar el tipo de programa que considere es el mas adecuado para su proyecto. Sin embargo, la experiencia señala que, en general, la lista que se presenta abajo, proporciona los mejores resultados para las necesidades siempre en conflicto entre las diferentes etapas de un proyecto:

- Programa preliminar de investigación y desarrollo o ingeniería-construcción; úsese la gráfica de barras.
- Programa de definición del proyecto, dependiendo de su complejidad, usar la gráfica de barras o el CPM-Gantt.
- Programa final de investigación y desarrollo o ingeniería-construcción, dependiendo de su complejidad, usar gráfica de Gantt o CPM-Gantt.
- Programa de diseño; úsese gráfica de barras.
- Programa de construcción (en el campo); úsese el método de CPM.
- Programa de inspección antes del arranque, casi siempre se incluirá en el programa de CPM de construcción.

### Programa Preliminar de Ingeniería y Construcción.

#### Propósito:

El propósito del programa preliminar de ingeniería-Construcción es bosquejar la secuencia y duración aproximadas del proyecto, para uso de la gerencia y los departamentos que participan. Debe tenerse presente que este programa es la base de tiempo sobre la que descansa cualquier Solicitud de Apropiación. En esta fase del proyecto se requiere de juicio y experiencia para anticipar la duración con buena aproximación aunque sin gran detalle, debido esto último, a la poca cantidad de datos disponibles al momento.

#### Preparación:

Durante la fase previa a la Solicitud de Apropiación, el Gerente de Proyecto obtiene información suficiente para el desarrollo del programa de los departamentos de ingeniería, compras y construcción. Básicamente, el programa establece las fechas tentativas de arranque y terminación para las fases de definición del proyecto, diseño y construcción. La fecha estimada de arranque de la planta se determina suponiendo una fecha firme para la fase de definición del proyecto.

## Programa para la Definición del Proyecto

### Propósito:

Este programa es una ayuda vital para la buena administración del proyecto. El programa proporciona las bases para una planeación, expeditación y coordinación del trabajo global. También sirve para el propósito, importantísimo, de comunicación entre:

- Los departamentos de ingeniería y la gerencia general.
- El personal de la compañía y personal externo a ella,

Por lo anterior, todas las fechas y compromisos anotados en el programa se considerarán firmes hasta que se justifique un cambio. Estos cambios debe aprobarlos el Gerente de Proyecto.

Las tres funciones primordiales de este programa son:

- Proporcionar el tiempo óptimo para realizar los estudios básicos de investigación y desarrollo, mercadotecnia y rentabilidad, de acuerdo al potencial y necesidades del proyecto.
- Desarrollar las actividades para preparar y presentar la Solicitud de Apropiación del proyecto en la fecha más temprana posible.
- Proporcionar al departamento de ingeniería fechas clave seguras que sirvan de base para el desarrollo de sus programas de diseño y construcción.

### Participantes:

En términos amplios se puede establecer que el programa para definición del proyecto representa la contribución y acuerdo de todas las partes interesadas, es decir, los departamentos de investigación y desarrollo, producción, mercadotecnia, ingeniería compras y construcción.

### Contenido:

El programa mostrará las fechas clave, puntos de decisión e información necesaria para mantenerlo al corriente. Señalará también al personal responsable de las actividades importantes.

El programa se revisará periódicamente de acuerdo con la cadencia del proyecto y para verificar los ajustes necesarios.

Es de suma importancia tener presente que cualquier cambio en el programa va a afectar necesariamente las actividades de diseño y construcción y se deben en consecuencia, tomar las providencias adecuadas.

En algunos proyectos es necesario comenzar las actividades de ingeniería y compras antes de la emisión oficial de la Solicitud de Apropiación. Los trabajos se desarrollan principalmente, para aquellas piezas de equipo con tiempo de entrega largo. Debe considerarse, sin embargo, el mantener estos compromisos al mínimo posible hasta la emisión de la Solicitud de Apropiación.

**Programa de Ingeniería y Construcción.** - Este programa representa el plan detallado que van a seguir las actividades de diseño y construcción. Se usa para resumir los compromisos del personal de ingeniería y de campo de acuerdo a una secuencia de entrega de planos y especificaciones determinados por el tipo y la cadencia seleccionada del proyecto. Este programa es la base para preparar los programas especiales de ingeniería, compras y construcción. Para ser de utilidad, debe reflejar:

- La capacidad del departamento de ingeniería para proporcionar la información a tiempo.
- La secuencia y tiempo para las actividades de diseño.
- La capacidad del departamento de compras para entregar equipo y materiales.
- Las necesidades en el campo.

Este programa se prepara generalmente durante las etapas finales de la definición del proyecto con la participación de los Gerentes de Producción, Ingeniería, Compras, Construcción y el Gerente de Proyecto.

#### Contenido:

El desglose del trabajo por actividades y categorías normalmente sigue el formato de la última estimación. Se muestran muy marcadamente las fechas de solicitudes de cotización, compra y embarque de los equipos clave que controlarán la velocidad de la construcción.

El Gerente de Proyecto trabajando en común con el Ingeniero Residente, prepararán un programa de construcción tentativo, mostrando las categorías de trabajo más importantes usando la información de ingeniería y la estimación desarrolladas hasta ese momento. En este programa se marcarán las fechas en que debe emitirse la información de ingeniería y que se usará posteriormente para la preparación del programa de diseño.

En fecha posterior, cuando ya se ha definido el grupo de construcción, se revisa el programa para introducir los detalles desarrollados por las diversas especialidades de construcción.

Programa de Diseño.- El desarrollo de los programas de diseño por proyecto es obligación del Departamento de Ingeniería, que detalla el alcance, personal asignado y la secuencia de actividades. El programa estará siempre de acuerdo con el personal de campo y producción, y tomando en cuenta el tipo y calidad de la ingeniería necesaria para la construcción.

El programa de diseño mostrará todos los dibujos y actividades de diseño necesarios para el desarrollo del proyecto y contendrá la información siguiente:

- Las H-H de ingeniería y dibujo estimadas para producir el plano.
- Las H-H estimadas para desarrollar actividades de diseño.
- Las H-H estimadas para preparar listas de material.
- Fechas esperadas para la iniciación y terminación de la información anterior.
- Fechas estimadas de envío de la información al campo.
- En su caso, tiempo para la preparación de la maqueta.
- H-H necesarias para viajes y supervisión en el campo.

Programa de Inspección Previo al Arranque.- Este programa lo preparan en las etapas finales de construcción el Ingeniero Residente y el Inspector y tiene como propósito aglutinar las actividades finales de construcción e inspección con respecto al arranque de la planta. Reemplaza, en su momento, al programa de ingeniería y construcción como documento para el control del proyecto.

El inspector del proyecto debe cerciorarse de que las actividades de inspección estén coordinadas estrechamente con las actividades de construcción, particularmente en las áreas de planeación y programación del personal de inspección en el campo. Es muy importante que las actividades de inspección se incluyan dentro del programa de instalación de equipo con objeto de evitar duplicación de esfuerzos.

Las necesidades de personal mecánico, eléctrico e instrumentación que auxiliarán al inspector, se programarán en colaboración con la organización de campo. El inspector tiene dos caminos para realizar estas actividades:

- Dando al grupo de construcción las instrucciones e información necesaria para la inspección adicional a la proporcionada en las memorias de cálculo, planos e información del proveedor. Es importante que construcción conozca los planes del inspector, para que se puedan programar las actividades de inspección y pre-arranque adecuadamente.

- Avisando al campo cuando estará preparado para inspeccionar los equipos que construcción indica se encuentran listos para inspección. Esto permitirá al Residente programar con anticipación el día exacto en que se realizará la inspección y programar al personal de construcción especializado para ayudar en el trabajo de inspección.

Como se dijo anteriormente, el Programa de Inspección se "amarrá" al Programa General de Diseño y Construcción, presentándose generalmente en CPM.

## CAPITULO VI

## CICLO DE CONTROL DE LA RENTABILIDAD

En los capítulos IV y V se han discutido las técnicas para el Control de Costos de Capital y Control del Tiempo de Ejecución. El tercer elemento que se debe controlar es el más importante, esto es, la rentabilidad del proyecto y es la relación entre lo que se ha invertido y lo que se espera obtener en compensación si el proyecto tiene éxito, el ingreso en el largo plazo debe exceder substancialmente el costo del tiempo, materiales y el esfuerzo invertidos en él. Esto es cierto sin importar si el proyecto es de iniciativa privada o del gobierno.

Curiosamente, la rentabilidad del proyecto es la cualidad que más frecuentemente se pasa por alto durante la ejecución del trabajo. Los especialistas, que se hacen más importantes a medida que el proyecto es más grande, complejo y más técnicamente orientado, deben ser muy cuidadosos del impacto en pesos y centavos de su trabajo sobre la rentabilidad del proyecto.

Un proyecto se evalúa financieramente desde sus primeras etapas para asegurarse de su valor potencial. Esto se tiene que hacer antes de invertir cantidades importantes de dinero. Si la rentabilidad estimada es satisfactoria, el proyecto pasa a la etapa siguiente. La rentabilidad se estima, se maneja y mejora, de ser posible, continuamente a medida que el proyecto avanza.

Los elementos del sistema de evaluación y sus interrelaciones son:

**Análisis Preliminar de la Rentabilidad.** - Este documento se prepara en la etapa de investigación y desarrollo o cualquiera otra etapa inicial del proyecto. Puede ser un análisis rápido e informal de la potencialidad de alguna idea o un estudio más completo para justificar el gasto de una suma de dinero en un proyecto de investigación y desarrollo grande.

Para un análisis de este tipo, se usan datos preliminares de mercado sobre volumen y precios. Las características de la posible planta como, rendimiento, materias primas, servicios auxiliares, combustibles, etc., se obtienen de la literatura técnica o del mismo proyecto en su etapa actual de desarrollo. Generalmente se suponen los costos del terreno, mano de obra, combustible, materias primas, etc. Los costos de capital se preparan de estudios económicos simplificados por los métodos descritos en el capítulo IV. Es normal la preparación de varios análisis de este tipo durante las etapas de desarrollo del proyecto.

**Análisis Comparativos de la Rentabilidad.** - Se preparan durante la etapa de definición del proyecto. Su objetivo es buscar-

la localización óptima, tamaño de la planta, proceso, equipo y otras características económicas del proyecto. Se basan en investigaciones preliminares de mercado, pero a medida que el proyecto se va definiendo mejor, se necesita desarrollar información más completa y firme sobre estructura del mercado, nivel potencial de precios, cantidad de los productos que se pueden vender, competencia, etc. En esta etapa la información para diseño y operación se va mejorando continuamente. Los análisis se hacen con costos unitarios para una localidad comparándolos frecuentemente con estudios similares en localidades alternativas. Las estimaciones se hacen pues, para comparar los costos de capital en varias plazas y con diversos procesos. La exactitud de todas las estimaciones va mejorando continuamente a medida que el proyecto se aproxima a una definición más firme.

**Análisis definido de la Rentabilidad.**- Es la culminación de los estudios comparativos de rentabilidad. Se basa en estudios de mercado a fondo y confiables, información de diseño para un proyecto bien definido, costos específicos del lugar, programa realista de construcción y una estimación de costo del proyecto bien definido.

**Análisis de la Rentabilidad para la Solicitud de Apropiación** Es el análisis definitivo de la rentabilidad soportado con estimados de ingresos, costos de operación de capital y programas de erogaciones según lo acordado en la etapa de la decisión económica. Con el avance del proyecto, se debe modificar para incluir las revisiones aprobadas. Este documento se toma como la guía oficial por medio de la cual se controla la rentabilidad del proyecto durante su ejecución.

**Revisiones a la Apropiación.**- Se deben evitar en lo posible. Sin embargo, son casi inevitables. Son consecuencia de las modificaciones necesarias en el alcance y finalidad del proyecto debidas a cambios en la situación del mercado, disponibilidad de materias primas, mejoras substanciales en el diseño y otros desarrollos y cambios que afectan substancialmente la naturaleza del proyecto. Los cambios necesarios se analizan y evalúan para determinar la medida en que van a modificar el proyecto y que acción se debe tomar para explotar al máximo la nueva situación si es favorable o limitar sus efectos negativos si es adversa. Cuando se decide efectuar una revisión y se obtiene la aprobación consiguiente, ésta pasa a ser una parte integral de la Apropiación Aprobada y por lo tanto se crea una nueva base para guiar la ejecución del proyecto.

**Análisis de la Rentabilidad a la fecha.**- Este análisis se prepara en fechas clave de la ejecución del proyecto, v.gr. terminación de la ingeniería detallada, recepción de cotizaciones formales para equipo mayor y construcción, etc. También se puede preparar periódicamente, por ejemplo, mensualmente, con revisiones detalladas solamente cuando haya cambio o cambios de significación en la rentabilidad. La actualización incluirá la verificación de las condiciones del mercado, evaluación de los desarrollos y cam-

bios significativos en diseño (por ejemplo cambios en los rendimientos de los equipos, conversión, etc.), verificación de los costos de operación de la planta, revisión del avance y fecha de arranque y la incorporación del reestimado del costo de capital a la fecha.

**Informes de Avance del Proyecto.** - En esta actividad se comparan los datos del último análisis de la rentabilidad con las cifras de la Apropiación. Esta es la sección principal del Informe de Avance. Los avances en sentido adverso que puedan afectar considerablemente al proyecto, se reportan a la atención de la Gerencia con objeto de tomar las acciones correctivas necesarias a tiempo. Como puede notarse, esta es la fase más importante de control del proyecto después de tomarse la decisión de construir la planta. El valor total de un programa de control recae en su habilidad para señalar las acciones correctivas y cuándo son necesarias, tomadas en base a los informes de avance preparados periódicamente y relacionados con las guías generales dadas en la apropiación.

**Informe de Producción Inicial.** - Se prepara después de un período razonable de operación normal. Es un análisis de la rentabilidad con base en los informes de ventas logradas, comparados contra los programas, costos unitarios reales, datos de operación registrados y costos de capital reales comparados con el informe final de costo de capital previo al arranque.

Este reporte tiene dos propósitos principales. El primero es analizar el desarrollo actual del proyecto para asegurarse de que los resultados sean los contemplados cuando se diseñó la planta y los realmente obtenidos. El conocimiento de la imposibilidad de cumplir con lo esperado en algunos aspectos específicos, conducirá a tomar medidas para mejorar la planta. El segundo propósito es comparar lo previsto en el proyecto con lo real, para tratar de mejorar el método de previsión para futuros proyectos. Esta última operación es esencial, ya que prever el futuro es, en el mejor de los casos, una actividad difícil y es necesario tomar ventaja de todas las herramientas que la compañía posea, aún cuando el trabajo para realizarlo no sea bien aceptado por los participantes. En realidad, no debe existir sentimiento de culpa en los individuos que han hecho un esfuerzo honesto para prever los costos de capital, progreso y rentabilidad, ni tampoco se deben criticar por fallar en la predicción del futuro, una actividad que, es obviamente imposible. Se puede esperar, sin embargo, que tomando toda la ventaja que supone una experiencia de este tipo, la próxima ocasión se estará más cercano a alcanzar esta meta.

**Obtención de Datos para Análisis Futuros.** - Este tipo de información se obtiene de los datos de ventas, operación, costos unitarios y de producción inicial. Esta es la fase final del ciclo de control de la rentabilidad, con la información de los proyectos terminados fluyendo hacia el análisis de los trabajos nuevos,

## PREDICCIONES DE LA RENTABILIDAD

La predicción de la rentabilidad es casi invariablemente el elemento más importante y difícil en el análisis de la rentabilidad del proyecto. Las excepciones más importantes son en los casos de proyectos para la reducción de los costos, que en algunas ocasiones encuentran la ayuda de mercados establecidos, proyectos para control ambiental y similares, en los que el factor del rendimiento está excluido del análisis. La predicción de la rentabilidad incluye la predicción de precios de venta, descuentos, volumen de ventas, costos de distribución por producto y costos de ventas. Estos determinantes de la rentabilidad del proyecto están, en gran medida, fuera del control de la compañía, a diferencia de otros elementos del proyecto como costos de capital y tiempo para la terminación del proyecto, que están bajo control del Ger. de Proy. El Gerente de Proyecto tiene mucho control sobre éstos últimos, pero la rentabilidad depende de variables como la capacidad de gasto del consumidor potencial, acción de la competencia, cambio en los reglamentos del Gobierno y las condiciones generales de la economía del país, sobre los cuales el Gerente de Proyecto no tiene esencialmente ningún control.

Las predicciones de la rentabilidad se basan en investigaciones de mercado. Estas pueden consistir en una simple revisión de la literatura disponible (con la adición de conversaciones con personas que conocen el terreno), o bien pueden ser investigaciones profundas realizadas por personal especializado, las cuales normalmente tienen un costo elevado.

Para evaluar proyectos en sus etapas iniciales, la investigación de mercado se realiza sobre una base muy preliminar y se diseña para producir información elemental y general sobre el potencial del mercado realmente existente y que se puede explotar si el producto y/o proceso investigado tienen éxito. Cuando una investigación explotatoria se muestra promisorias y ha alcanzado la etapa en que se necesita mayor investigación y desarrollo entonces se justifica un estudio de mercado más detallado y cuidadoso. En el momento en que el proyecto ha avanzado hasta el punto en que se deben comprometer fondos para la ingeniería detallada y construcción, la rentabilidad del proyecto debe estar bien definida y respaldada por un análisis completo del mercado.

Las investigaciones de mercado son de varias clases, dependiendo del tipo del proyecto en que se trabaja y por lo tanto deben reconocerse y resolverse los problemas específicos que se puedan encontrar.

Los objetivos principales de los estudios de mercado son la predicción de:

- Volumen y tipo de las ventas
- Precios y descuentos
- Distribución y costos de venta directos

Esta información casi nunca se obtiene directamente. Se debe sintetizar de una multitud de datos parciales, obtenidos de todas las fuentes posibles para la situación probable o propuesta del, o los productos con respecto al mercado.

En general, se considera que un mercado presenta tres aspectos principales:

- El primero es en relación a los clientes a quienes se van a vender los productos.
- El segundo se refiere a las actividades de los competidores que concurren al mercado con los mismos productos o similares.
- El tercero se refiere a los entornos político y económico en el que se mueven la compañía, sus clientes y sus competidores.

#### ESTIMACION DEL INGRESO

Información sobre el Cliente.- Es necesario saber cuantos consumidores existen dentro de un cierto mercado. Su localización y volumen de compra, también son de interés en la planeación. Se necesita determinar el tipo y clase de los clientes para planear adecuadamente los programas de publicidad y ventas, ya que los métodos de aproximación son muy diferentes según se trate de compañías grandes, de talleres pequeños o de productos de consumo.

Se necesita conocer el tamaño probable de las órdenes individuales y también su cantidad en base mensual, anual, etc., y si existen efectos por temporadas o estacionales en la forma de comprar o consumir el producto. El estado físico del producto es importante. Por ejemplo, un producto químico puede presentarse en forma líquida, gaseosa, polvo, pastillas, sólido, hojuelas, lentejas, etc. Para vender el producto, se deben identificar las necesidades de calidad del mercado. Generalmente estas necesidades incluyen la especificación de un nivel máximo de impurezas, y también las características físicas como color, claridad, turbidez, densidad, viscosidad, etc.

Se requiere determinar el tipo y el tamaño de los empaques, que se deben diseñar para minimizar el daño durante el transporte y simplificar el manejo. Los productos peligrosos se empaquen en consideración a las disposiciones y reglamentos de seguridad. En los productos de consumo la apariencia del empaque y su valor de venta, se tienen que evaluar cuidadosamente (se dan casos en que el empaque vale más que el producto mismo). Es importante también establecer que porcentaje del producto se venderá a granel o se entregará en tambores, costales, etc.

La relación entre el tamaño de las órdenes y el tamaño del empaque, se debe tener en cuenta con respecto a la política futura

de precios y descuentos. Los términos de venta usuales en ese mercado particular, deben investigarse y establecerse las necesidades, principalmente cuando se trata de productos estacionales como herbicidas, insecticidas, etc.

Se deben analizar tanto el producto como al cliente para establecer el tipo de servicio técnico requerido. Este servicio puede ser uno de los costos de venta mayores, particularmente cuando se trata de un producto nuevo o cuando la técnica de aplicación es crítica para el éxito del producto, como es el caso de una tinta nueva fabricada para compañías impresoras ya establecidas.

Se deben evaluar también los métodos de distribución usados en la industria y considerar la forma en que se venderá el producto, ya sea directamente al consumidor o a través de distribuidores.

También se verificará la existencia de un sistema de distribución que sea capaz de manejar la venta del producto.

Información de la Competencia.- También es necesario investigar las características de la situación de la competencia. ¿Quiénes son los competidores en el mercado? ¿Cuál es la capacidad de su (s) plantas (s)? ¿Dónde se localizan? ¿es posible obtener por lo menos una idea de los costos de los competidores para anticipar el grado en que puede cortar sus precios y así congelar, al menos en parte, a la competencia?. Se deben investigar también los métodos de servicio a clientes y formas de distribución. En esta fase de la investigación, se debe dar atención especial a las características y novedades que el producto presentará, sus posibles consumidores y que sean superiores a los productos actuales. ¿La calidad debe ser mejor? ¿El nuevo producto debe tener características superiores a lo que ofrece la competencia actualmente? ¿Se puede dar un mejor servicio al cliente?.

Es necesario tener una idea de la competencia potencial en el futuro. A menos que el nuevo proceso o producto esté protegido por una patente, franquicia, o algún tipo de arreglo que evite la competencia, se puede anticipar en que medida el proyecto atraerá a la competencia. En un análisis de este tipo también es necesario considerar productos sucedáneos.

Entorno Político y Económico.- La rentabilidad de una compañía se verá afectada por los acontecimientos de la economía en general. Como se dijo anteriormente, el pronóstico de precios con fines de estimación de costos de capital, es siempre una actividad difícil. Se debe, sin embargo, procurar la mejor predicción posible, poniendo el énfasis en los factores específicos del producto y el negocio que se investiga. Un estudio sobre algún material de construcción, se centrará en las predicciones del aumento de población, formación de familias y en particular del segmento de la población que con mayor probabilidad consumirá el producto.

El clima político tendrá, desde luego, un efecto considerable en las ventas, particularmente cuando se hacen planes de producción para exportación, ya que estos mercados son susceptibles de fluctuaciones en las tasas de cambio, control de precios, restricciones al comercio, etc., y otras manifestaciones de las políticas económicas de los gobiernos.

**Información Publicada.**- Existe una gran cantidad de información publicada para estudios de mercado, sin embargo, la calidad varía considerablemente y no siempre se obtienen los datos específicos que se buscan. Entre las fuentes más frecuentes de información estadística se encuentran:

- Anuario de Comercio Exterior
- Informe de Asociaciones y Cámaras de Comercio e Industriales.
- Informes de la ONU
- Compilaciones de revistas técnicas.
- Estudios de Centros de Información Especializados, etc.

**Cuestionarios.**- Otra fuente importante de información de mercados es el cuestionario. Esta técnica no es tan sencilla como aparenta. La preparación, distribución y el análisis de las respuestas se deben hacer teniendo en cuenta las características del sector de población que semestrea.

Los cuestionarios se pueden enviar por correo, usando el teléfono o por medio de la entrevista personal, que es desde luego el mejor método, pero al mismo tiempo el más costoso. Indudablemente la entrevista personal aumenta su valía cuando lo realiza personal con conocimiento profundo del negocio y que además tienen relaciones de negocios o personales con los individuos entrevistados.

**Fuentes de Información Interna.**- La mejor fuente de información de mercado son los registros del propio departamento de ventas, los cuales se pueden extrapolar al futuro o para anticipar las condiciones de nuevas áreas de desarrollo. La clasificación y registro de los datos en tarjetas perforadas es de gran utilidad y de costo moderado. Cuando se tienen datos suficientes, se pueden usar series de tiempo para extender el uso de las curvas para el producto estudiado.

Otra fuente interna de información de mercado es el personal de la compañía. El personal ejecutivo de una compañía tiene una considerable movilidad geográfica y organizacional. Con frecuencia se puede obtener por este medio información sobre las condiciones del mercado en una plaza determinada, que pudiera afectar al producto propuesto.

El departamento de compras es una fuente de información clave en lo concerniente a artículos comprados con frecuencia y que pueden ser de interés para la estrategia de producción futura de la compañía. Esta información incluye descuentos, competencia, materiales sustitutos, etc.

**Síntesis de la Información.**- Al final de la fase de obtención de datos, la información debe consolidarse, organizarse, revisarse y evaluarse en calidad y cantidad. Para tal fin es necesario sintetizar en:

- Volumen esperado de ventas, tipo de ventas y modelo del desarrollo de las ventas.
- Precios y descuentos esperados para ciertos rangos en los volúmenes de ventas y tipos de empaques, con una predicción de los cambios posibles en los precios de ventas debidos a la acción de la competencia.
- Costos de distribución, servicio técnico y otros costos de ventas directas, basados en una plaza, suponiendo ciertas instalaciones de producción y distribución y considerando un tipo específico de desarrollo de ventas.

Como es frecuente, el especialista en mercadotecnia crea un mercado y un sistema de mercado imaginarios, en base a la información que le ha sido proporcionada y de acuerdo a su experiencia en el desarrollo de mercados para productos nuevos y plantas nuevas de producción. Con esto, él puede planter un modelo y determinar el ingreso que puede esperarse.

No siempre es posible un conocimiento adecuado de los mercados en el futuro, ni del ingreso potencial. Es claro también, que se puede gastar una gran cantidad de dinero en la realización de un estudio de mercado. De esto se comprende la necesidad de ejercer mucho juicio para precisar hasta que grado de detalle y que tan completamente se debe hacer el estudio, cuánto dinero se puede justificar, considerando, por una parte la naturaleza necesariamente inclusiva de los estudios de mercado, y por otra, la gran influencia que tiene el ingreso sobre la rentabilidad del proyecto.

#### ESTIMACION DE LOS COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación son el segundo elemento clave en la predicción y control de la rentabilidad de un proyecto. Los detalles para determinar cuales van a ser los costos de operación dependen, desde luego, de la naturaleza del proyecto, pero se van a proporcionar guías generales y algunos ejemplos para plantas típicas de proceso químico, que en principio son aplicables a proyectos de todos los tipos.

**Costos de Operación.** Los costos de operación para una planta de proceso incluyen los costos de materias primas y los costos de proceso, empaque, carga y embarque del producto. Cuando a los-

anteriores se les agregan los gastos administrativos, venta y otros, se obtienen el costo total de operación.

Los costos se pueden organizar en una forma similar a la mostrada en la Fig. 14. Se hace incapié en que la nomenclatura y arreglo para esta tabulación, se debe estandarizar dentro de la organización; la forma que se usa para la estimación del costo debe acomodarse lo más posible a la manera en que se registran y controlan los datos. De esta forma, los ingenieros de costos, contadores y gerentes de operación, obtendrán el máximo beneficio de los registros y datos de la compañía.

Los costos se computan, generalmente, en una base anual, ya que en esta forma se hacen más claros y menos ambiguos, especialmente si se tienen efectos estacionales. En otros casos, como las reparaciones generales en la industria petrolera, por ejemplo, las cifras anuales se computan basadas en estudios de varios años. Los costos también se pueden calcular por unidad de producción, que son particularmente útiles para análisis de costos comparativos y relaciones de ingreso.

**Costos Incrementales.**- En la mayoría de los proyectos, los costos de significación por computarse, pueden ser los incurridos por aumento de producción o por mejoras en las materias primas, proceso, empaque, carga o embarque; en otras palabras, son costos incrementales. El cálculo por incrementos, generalmente es la forma mejor y más sencilla para determinar el cambio que un proyecto causará en el ingreso global de una compañía. Algunas veces, sin embargo, la determinación directa de los costos incrementales y la inversión es bastante difícil. En casos como estos, se puede obtener un cuadro más claro del efecto del proyecto calculando, tabulando y comparando los valores totales respectivos para la planta, división o la compañía antes y después de la implementación del proyecto.

Algunas veces, aún para proyectos que tienen una rentabilidad incremental favorable, se necesitará calcular la rentabilidad total después de la terminación del proyecto para asegurarse que es ventajoso permanecer en el negocio.

Cuando se trabaja con incrementos es útil establecer, al menos mentalmente, la "zona de influencia del proyecto" dentro de la cual todos los cambios en los costos de operación, cambios en el grupo y cambios en la inversión, se deben exclusivamente al proyecto, fuera de la cual, el proyecto no produce efectos substanciales.

La relación de la rentabilidad incremental neta respecto a la inversión incremental, dentro de esta zona, puede ser muy significativa.

**Grado de Investigación.**- Para determinar la extensión en la cual se deben investigar los costos de operación, se necesita una cantidad considerable de razonamiento. Dependiendo del tipo de

operación, casi todas las actividades pueden ser dominantes y merecen una consideración detallada. Cuando se necesita una determinación del orden de magnitud, indicará cuales elementos del costo dominarán y por lo tanto merecen un estudio profundo y completo. También habrá otros elementos del costo que, aún cuando se juzguen erróneamente, no producirán un cambio significativo en la cifra total. No debe por tanto, emplearse mucho tiempo en su cómputo.

Las cifras anuales de costos se deben ajustar en tal forma que se representen con no más de tres cifras significativas. Aún en este caso las tres cifras significativas, muestran el caso poco probable, de una exactitud de una fracción de 1%.

Uso de Computadoras.- La forma de la Fig. 14 para la estimación de los costos de fabricación es en esencia un programa de computadora. Los lugares en la parte izquierda (uso y costo de combustibles) constituyen los datos de entrada. Todas las cifras en el lado derecho, excepto la capacidad 100%, se pueden calcular automáticamente. Un programa de computadora de este tipo debe tener factores normales y fórmulas para estimación de partidas tales como supervisión, gastos generales, etc. Estos factores y fórmulas se deben usar, a menos que se instruya a la máquina con datos específicos para el proyecto que se trabaja.

El costo inicial de desarrollar el programa, recolección de los datos básicos y de los factores y formatos a usarse, puede ser muy alto. Sin embargo, una vez que se ha completado, el programa se puede usar con ventaja, especialmente, en aquellos casos donde se necesita determinar rápida y económicamente el efecto de las variaciones en rendimientos, inversión, sueldos y salarios, costos energéticos, etc. Las hojas de costos de fabricación se pueden imprimir en un lapso de tiempo muy corto para cada caso en estudio, o la máquina se puede instruir para reportar solo las cifras clave necesarias para desarrollar algunas relaciones. El costo de estos programas se puede reducir considerablemente empleando a consultores externos.

Efectos del Nivel de Operación.- Los costos cambian de acuerdo a los niveles de producción y ventas del producto. Por tal motivo, la mayoría de los proyectos se computan a varios niveles - v.gr. 100%, 75% y 50% de la capacidad de la planta. Sin embargo, cuando la capacidad adicional es pequeña comparada con la capacidad total, los niveles que se deben investigar son 100%, 50% y 0%. Calculando los costos a uno o dos niveles adicionales se puede completar una curva de costos de operación contra capacidad de producción.

En la determinación de los costos totales a varios niveles de producción, las partidas individuales caerán dentro de alguna de las siguientes categorías:

VARIABLES.- Cuando el costo anual varía en forma directa al nivel de producción, Este es el caso de las materias pri--

operación, casi todas las actividades pueden ser dominantes y merecen una consideración detallada. Cuando se necesita una determinación del orden de magnitud, indicará cuales elementos del costo disminuirán y por lo tanto merecen un estudio profundo y completo. También habrá otros elementos del costo que, aún cuando se juzguen erróneamente, no producirán un cambio significativo en la cifra total. No debe por tanto, emplearse mucho tiempo en su cómputo.

Las cifras anuales de costos se deben ajustar en tal forma que se representen con no más de tres cifras significativas. Aún en este caso las tres cifras significativas, muestran el caso poco probable, de una exactitud de una fracción de 1%.

Uso de Computadoras.- La forma de la Fig. 14 para la estimación de los costos de fabricación es en esencia un programa de computadora. Los lugares en la parte izquierda (uso y costo de combustibles) constituyen los datos de entrada. Todas las cifras en el lado derecho, excepto la capacidad 100%, se pueden calcular automáticamente. Un programa de computadora de este tipo debe tener factores normales y fórmulas para estimación de partidas tales como supervisión, gastos generales, etc. Estos factores y fórmulas se deben usar, a menos que se instruya a la máquina con datos específicos para el proyecto que se trabaja.

El costo inicial de desarrollar el programa, recolección de los datos básicos y de los factores y formatos a usarse, puede ser muy alto. Sin embargo, una vez que se ha completado, el programa se puede usar con ventaja, especialmente, en aquellos casos donde se necesita determinar rápida y económicamente el efecto de las variaciones en rendimientos, inversión, sueldos y salarios, costos energéticos, etc. Las hojas de costos de fabricación se pueden imprimir en un lapso de tiempo muy corto para cada caso en estudio, o la máquina se puede instruir para reportar solo las cifras clave necesarias para desarrollar algunas relaciones. El costo de estos programas se puede reducir considerablemente empleando a consultores externos.

Efectos del Nivel de Operación.- Los costos cambian de acuerdo a los niveles de producción y ventas del producto. Por tal motivo, la mayoría de los proyectos se computan a varios niveles - v.gr. 100%, 75% y 50% de la capacidad de la planta. Sin embargo, cuando la capacidad adicional es pequeña comparada con la capacidad total, los niveles que se deben investigar son 100%, 50% y 0%. Calculando los costos a uno o dos niveles adicionales se puede completar una curva de costos de operación contra capacidad de producción.

En la determinación de los costos totales a varios niveles de producción, las partidas individuales caerán dentro de alguna de las siguientes categorías:

VARIABLES.- Cuando el costo anual varía en forma directa al nivel de producción, Este es el caso de las materias pri-

mas, energéticos y materiales de empaque. El costo unitario de estas partidas tiende a ser el mismo, independientemente del número de unidades producidas.

**FIJOS.-** Estos costos no se afectan por el nivel de producción. Este es el caso de la depreciación, impuestos, seguros, etc. Los costos generales, se supone, no cambian con la producción. Los costos fijos por unidad de producción disminuyen al aumentar el volumen.

**SEMIVARIABLES.-** Estos costos disminuyen en cierta medida cuando baja la producción, pero no en proporción directa. Por ejemplo, los costos anuales de reparación y mantenimiento, tienden a disminuir con un volumen bajo de producción, pero pueden ser substanciales aún a cero producción. En general, el costo unitario de las partidas semivARIABLES tienden a aumentar a medida que la producción baja pero no es inversamente proporcional.

La "mezcla" en que caen los costos, determina la forma de la curva "producción vs. costo" y es una característica muy significativa que se debe tomar en cuenta en la evaluación de la rentabilidad del proyecto. Los proyectos con costos fijos elevados tienden a ser muy rentables cuando operan a capacidad plena, pero su rentabilidad neta disminuirá muy rápidamente al bajar la producción.

**Costos de Materia Prima y Energéticos.-** El formato para computar el costo de fabricación, tiene espacios en los cuales se incluyen materias primas y energéticos necesarios. Cada partida debe mostrar claramente las unidades en las que se compra el material, el costo unitario y la cantidad empleada por unidad de producción.

Para evitar confusiones de si un material se usa como materia prima o combustible, (gas natural, por ejemplo) se puede indicar con una nota, que todas las necesidades de la planta se hayan satisfechas con la cifra reportada.

La reposición periódica de materiales como catalizadores, mercurio en celdas electrolíticas, etc., se incluye como materia prima. Si la carga inicial de materiales de este tipo, tienen una vida útil grande (más de un año), se considerarán como partidas de capital no depreciable e incluirse como capital de inversión del proyecto. Si su período útil es pequeño, la carga inicial se incluye como gasto de arranque.

Para algunos materiales y combustibles, los precios de compra, se pueden estimar de acuerdo a los registros de la compañía. En proyectos grandes es conveniente confirmar si las cantidades requeridas se pueden obtener a precios corrientes. Algunos materiales obtenidos y vendidos normalmente como subproductos, se pueden obtener en cantidades adicionales a precios bastante más altos. Sin embargo, lo usual es que los costos de materias primas y ener-

géticos disminuyan a medida que aumenta el consumo.

Para obtener datos crudos, de materiales no empleados generalmente por la compañía, se pueden usar las listas de precios publicados por los proveedores, pero se tendrá presente que estas fuentes no revelan exactamente los descuentos cuando se compran en cantidades elevadas.

Los costos de materia prima y combustibles se convierten a "base en planta". Muchas cotizaciones se hacen LAB planta del proveedor u otro punto de distribución. Los datos de flete, impuestos de importación, etc., se pueden obtener del departamento de tráfico, ferrocarriles, líneas de transportes, agencias aduanales, etc.

Las materias primas y combustibles "transferidos" son aquellos producidos en otra división de la misma compañía que opera como un centro de costos diferente y se transfiere en vez de comprarlas en el mercado. El precio de transferencia generalmente es el precio normal del mercado, menos el costo directo de venta, más el flete y otros gastos desde el centro de producción más cercano, hasta los límites de batería de la unidad receptora. En el establecimiento de los "precios de mercado", el cargo a la división consumidora, no debe ser mayor a los ofrecidos a clientes usuales de tamaño y confiabilidad similares.

En algunos casos los materiales transferidos estarán en una etapa intermedia de elaboración, para la cual no hay un precio de mercado establecido. En estos casos, el cargo es el precio de transferencia del producto comercial calculado como se describió anteriormente, menos los costos estandar o estimados de producción de las operaciones no efectuadas para acabarlo, aumentando los costos de fletes, etc.

Los precios de materia prima, ya sean comprados o transferidos de otras compañías, variarán dependiendo de la forma en que se reciban. Los precios a la entrega son muy diferentes si se compra por ejemplo, NaOH al 50% en carros tanques o si se adquiere seca en escamas y en tambores. Un análisis de este tipo tiene en consideración los precios LAB, fletes, costo de las instalaciones y operaciones para su empleo en el proceso.

Los precios de los combustibles varían no solo con el tipo sino con su valor calorífico. Se debe analizar los costos, de modificar equipo existente y otras características relacionadas con la posibilidad del proceso para utilizarlo. Por ejemplo, se necesita equipo especial de precalentamiento y combustión cuando se emplean combustibles pesados. Es necesario analizar por separado la economía de los energéticos, para seleccionar el más apropiado a las condiciones de operación y lugar geográfico de la planta.

HOJA PARA ESTIMACION DEL COSTO ANUAL DE PRODUCCION.  
COSTO ANUAL DE PRODUCCION

APROPIACION No.

PROYECTO No.

PRODUCTO PRINCIPAL

Cap. Aumentada: Tons de Mineral	<u>Ton</u>			
Cap. Aumentada †	<u>año</u>	100%	75%	50%
Producción total				
Producción total †				

Mater. Primas	Unidades	Costo Uso
y Coms.		Unit. Ton/sac.
Tipo		

Sub-Total

SERVICIOS

Electricidad

Vapor

Agua

Sub-Total

MANO DE OBRA

Operación

Mto. 60% de M de O oper.

Supervisión 20% M de O oper.

Sueldos indirectos

Sub-Total

MISCELANEOS

Consumibles 6% M de O de oper.

Repuestos

Laboratorio

Regalías y rentas

Contingencias

Sub-Total

Costos fijos

Gastos Gral. Planta (incluye impuestos)

Depreciación

Sub-Total

CARGA, EMPAQUE Y EMBARQUE

Mater. Incl. 3% emp. \$./ton.

Mano de obra

GGP, TP, Sup. Cont, M.O.

Sub-total

TOTAL COSTO DE PRODUCCION

PREPARADO POR

FECHA

REVISADO POR

FECHA

**Servicios Auxiliares.**- Para estimar los costos incrementales de los servicios, se pueden usar los datos de la compañía y de acuerdo al tamaño de las plantas en operación. Cuando se trata de una planta totalmente nueva o una adición grande a una ya existente, los costos se determinan de datos publicados, cotizaciones si la compañía va a generarlos, hacer un estudio de los cambios en los costos de operación. En las plantas de proceso los costos de los servicios, se pueden relacionar fácilmente con la que sirven.

Los costos unitarios de los servicios disminuyen substancialmente a medida que sube la demanda. Los costos se pueden negociar en base a factores de carga y potencia favorables y comprarse económicamente, comparados con los precios que se obtendrían para una planta pequeña en condiciones menos favorables. Para incrementos pequeños en los consumos de los servicios, el costo unitario es prácticamente constante.

**Mano de obra de Operación.**- La mejor manera de establecer las necesidades de mano de obra de operación, es preparar una tabla de "manning" que muestre las adiciones o reducciones necesarias para el proyecto. Esta se revisará con personal familiarizado en la operación de unidades similares, de preferencia que incluya gente que en el futuro se haga cargo de la operación de la planta. La tabla de "manning" se establecerá para una operación del 100% de capacidad, con notas de las reducciones que se harían si la planta se corriera consistentemente a menor capacidad. Se deben cubrir los casos de trabajar tres turnos durante siete días a la semana o cualquier variación necesaria.

Si el proceso es nuevo, se pueden obtener datos de la literatura o de plantas similares en operación.

La ecuación que sigue, proporciona aproximadamente las H-H de operación por tonelada de producto, para plantas con capacidades de 2 a 2000 Ton/día.

$$T = \frac{K.S}{C^{0.76}} \quad (6)$$

T = H-H/Ton producto

S = Número de pasos de proceso. Un paso de proceso es una operación o proceso unitario tal como aparecen en los diagramas de flujo

C = Capacidad de la planta, Ton/día

K = Constante que dependé del tipo de proceso

-Plantas por lotes con un máximo de Mano de Obra: K=25

-Plantas promedio; K=20

-Plantas continuas bien instrumentados; K=14

Esta ecuación toma en cuenta la mejora en la productividad a medida que la planta aumenta de tamaño. Se puede usar para estudios preliminares de costos de operación. También se puede usar para extrapolar necesidades de mano de obra en plantas mayores o menores con el mismo proceso comparándola con una en operación.

Los costos de mano de obra de operación, se determinan multiplicando el estimado anual de H-H por el salario promedio en la zona geográfica donde se localiza la unidad.

En algunos casos los salarios promedio pueden obtenerse de los registros de la compañía o mejor aún, se usan los publicados en el Diario Oficial de la Nación. Los salarios promedio incluirán los efectos en el segundo y tercer turnos y tiempo extra estimado, si lo hubiera. Generalmente no se incluyen aquí impuestos por productos del trabajo, prima de vacaciones, ni otras prestaciones, ya que se estima como una partida de indirectos al salario.

La mano de obra de operación es generalmente en costo semivariable. Sin embargo, en plantas de proceso continuo muy instrumentadas, prácticamente no hay reducción en la fuerza de trabajo cuando se disminuye la producción y en estos casos se puede considerar esencialmente como un costo fijo. En operaciones que requieran de mano de obra para ensamblar, etc., la necesidad de personal es directamente proporcional a la producción. Debe tenerse presente que las condiciones de contratación, sindicatos, costos de separación, leyes laborales, etc., restringen en la actualidad la elasticidad de la mano de obra.

**Mano de Obra para Mantenimiento.** - La mano de obra para mantenimiento incluye los salarios por hora y pagos extraordinarios del personal ocupado en mantenimiento y reparaciones. No incluye la supervisión general, depreciación del equipo de servicio y reparación, gastos administrativos del taller de mantenimiento, ni costos indirectos de mantenimiento.

Estos se toman en cuenta en tres apartados de la estimación.

La mejor fuente de información para estimar los costos de mantenimiento son los propios registros de la compañía.

En la literatura existe muy poca información y para algunos tipos de plantas se proponen las ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 M &= 0.099 \text{ (In . tn)} + 149,000 && \text{Plantas para pulpa y papel} \\
 M &= 0.004 \text{ (In . tn)} - 83,091 && \text{Plantas coquizadoras} \\
 M &= 0.011 \text{ (In . tn)} - 300,000 && \text{Plantas de cemento} \\
 M &= 0.068 \text{ (In.tn/Ln)} && \text{Plantas de silicones,}
 \end{aligned}$$

$$M = 0.083 \sum_0^n \text{ [In . tn/Ln] Plantas electrolíticas}$$

$$M = 0.022 \times \text{In (Promedio) Refinerías}$$

$$M = 0.009 \times \text{In (mínimo) Refinerías}$$

M : Costo anual del mantenimiento, 60% es debido a mano de obra.

In : Inversión en la planta

tn : Años de instalación de la planta

Ln : Vida útil estimada para la unidad

$\sum_0^n$  : Suma de todas las unidades a mantenerse

Para calcular el costo anual de reparación "tn" se supone la mitad de la vida útil de la unidad. Es obvio que las tres primeras ecuaciones, son válidas solamente para plantas grandes debido a las constante relativamente grandes usadas en ellas.

Cuando una planta está operando al 75% de su capacidad, se supone que los costos de mantenimiento serán el 85% de los necesarios cuando se trabaje al 100%. Cuando se trabaja al 50% de capacidad, el costo será de 75% más o menos del costo a 100% de capacidad.

Para proyectos muy grandes, se prepararán tablas de costos de mantenimiento para varios niveles de operación y se revisan con el personal que será responsable del mantenimiento de la unidad.

Supervisión.- En esta categoría se incluyen los supervisores y sobrestantes necesarios para el mantenimiento de la planta. Sin embargo los supervisores y sobrestantes empleados en operación, mantenimiento, servicios, almacenes y contabilidad no se incluyen. Todos estos se cargan a gastos generales.

Cuando se trata de la adición de una planta grande, se necesita preparar una tabla de manning para supervisión, mostrando los cargos necesarios y revisarlos con el personal que operará la planta. Para adiciones pequeñas, puede no ser necesario aumentar el personal de mantenimiento, sin embargo, esto se verificará con el personal de operación.

Para estimaciones rápidas y en ausencia de mayor información, se supone que la supervisión anda entre el 10% y 25% del personal de operación. La cifra mayor supone un proceso muy complejo o una multitud de unidades pequeñas.

La supervisión se considera como un gasto fijo al nivel de operación de 100%, excepto cuando existe un plan definitivo de ope

ración menor o bien que haya un plan definitivo de operación a menos del 100% de capacidad durante un período largo de tiempo.

**Costos Indirectos de la Nómina.**- Los costos indirectos de la nómina son el costo de pensiones, vacaciones pagadas, seguros de grupo, seguro social, impuestos, etc.

En plantas existentes hay datos y aquí debe tenerse la definición de las cuentas ya que algunas de ellas se pueden incluir en los gastos administrativos, de ventas, o generales. En ausencia de esta información se puede estimar entre el 25 y el 30% de la mano de obra.

En algunos casos la nómina de costos indirectos es significativamente diferente a la de salarios y se debe usar una cifra especial para cada una. La tendencia general, sin embargo, es que el porcentaje de los empleados de confianza, se aproxime al porcentaje de los asalariados.

**Materiales de Operación.**- En este apartado se incluyen materiales como aceites y grasas lubricantes, gráficas de instrumentos, estopas y otros materiales usados en la operación normal de la planta. Se deben excluir todos los materiales estimados como materias primas, partes de repuesto, materiales para reparaciones y material de empaque.

Se usarán, siempre que sea posible, los registros de la compañía. En plantas nuevas los materiales de operación se pueden estimar en aproximadamente 6% de los costos de mano de obra de operación, pero se considerará cualquier condición especial que pudiera aumentar este valor, como por ejemplo, la entrega de ropa de trabajo, etc.

**Materiales para Reparación y Mantenimiento.**- Se incluyen aquí materiales como estopa, tornillos y tuercas, juntas y empaquetaduras, soldadura, oxígeno, acetileno, etc., usados en conjunto con el trabajo de mantenimiento. También se incluyen las partes de repuesto como rodamientos, bandas, poleas, etc. En general se puede suponer que los materiales en este rubro alcanzan el 65-70% de la mano de obra de mantenimiento, o el 40% del total de costos de reparación tal como se discutió previamente.

**Costos de Laboratorio.**- Dependiendo de la práctica de la compañía y el tipo de proyecto, los costos de fabricación pueden incluir cargos por servicios especiales de otras unidades de la compañía. Típicos de estos cargos son los hechos por una laboratorio central que proporciona los servicios de análisis a una planta en operación.

En algunos procesos, se necesita análisis para el control de calidad del producto. De ser posible, el costo del trabajo de laboratorio, se puede estimar de experiencia anterior, considerando el número de muestras y el costo de obtención, transportación y

pruebas de cada una.

Los costos de laboratorio en porcentaje de la mano de obra - de operación para algunas plantas que fabrican materias primas químicas son:

Plantas de $\text{Na}_2\text{CO}_3$	3%
Planta de silicatos	3%
Planta de Cromatos	7%
Planta de $\text{NaOH}/\text{Cl}_2$	13%

Los costos de laboratorio para procesos más complejos pueden ser entre el 10% y 20% de la mano de obra de operación.

Regalías y Rentas.- Las regalías y pagos por uso de patentes, se deben incluir en los costos de operación y se hacen en pagos periódicos o en base a unidades de producción. En estas condiciones se consideran como gastos. En el caso de un solo pago por patentes y know-how, sin embargo, se deben considerar como parte del costo de la inversión, como se discutirá posteriormente. Recurrir a los servicios de expertos en impuestos cuando se tenga dudas sobre la forma de manejar situaciones especiales, ya que los efectos sobre los impuestos pueden ser substanciales.

Los pagos de regalías quedan entre el 1% y el 5% del precio de venta, dependiendo del valor del proceso comparado con otros y del grado y duración de protección contra la competencia. Los acuerdos se pueden hacer en base a una combinación de una cantidad fuerte inicial y pago por unidad producida; máximos, mínimos y escalas decrecientes, etc.

Cuando el proyecto se basa en regalías, patentes o acuerdos de renta, se deben consultar los documentos originales para asegurarse que todos los costos se han incluido adecuadamente en la estimación.

Los pagos por renta dependen de la calidad, valor número y tipo de los artículos. El departamento de compras puede proporcionar información sobre los costos de rentas para algunos equipos. Cuando las instalaciones se rentan con opción de compra, incluirá un factor de depreciación de la unidad y otro por rentabilidad. El factor de rentabilidad dependerá, hasta cierto punto, de la solvencia de la compañía que va a usar el o los bienes, pero es con frecuencia del orden de 5%/6% de la inversión inicial, que equivale a 10%-12% aproximadamente del balance no pagado. Se deben incluir en el estimado los seguros e impuestos de los bienes rentados, otra forma es incluirlos en los gastos generales, como se discutirá después. El mantenimiento generalmente corre a cargo de la compañía y por tanto se debe incluir en la partida de mantenimiento del estimado.

La comparación de una renta contra una compra, puede representar cantidades substanciales de dinero a pagar en periodos largos de tiempo. En estos casos se preparan evaluaciones de cada plan que incluyan varias suposiciones, como vida útil del proyecto, etc. Con el fin de proporcionar herramientas para decidir cual es la mejor política a seguir bajo las circunstancias particulares del proyecto.

Contingencias.- Ya que es virtualmente imposible asegurar que se incluyan en el estimado todas las partidas que componen el costo de fabricación, se tiene que agregar un factor para contingencias. Este factor será pequeño en casos de instalaciones similares a las que la compañía opera corrientemente y mayor para procesos nuevos.

Se sugiere usar los valores siguientes:

- Instalaciones similares a las operadas actualmente por la compañía y con buenos registros de costos: 1.0%
- Instalaciones comunes en la industria, que tengan datos actualizados y confiables: 2.0%
- Instalaciones nuevas que se han desarrollado totalmente y con datos completos de planta piloto: 3.0%
- Estimaciones para instalaciones nuevas que se encuentran en desarrollo: 5.0%

Los porcentajes anteriores se deben aplicar al subtotal de todas las partidas de costo de fabricación, excepto para costos por depreciación y trabajos generales. Estas partidas en general incluyen un cierto porcentaje por contingencias, ya que se basan en inversiones estimadas, e incluyen una cantidad en reserva, calculada de acuerdo a lo dicho en el capítulo IV.

Gastos Generales de la Planta (G.G.P.).- Estos gastos incluyen partidas como seguros, impuestos prediales, administración de la planta, ingeniería de planta, supervisión general de mantenimiento, personal técnico y de servicio, protección de la planta, talleres de mantenimiento, cuartos para herramienta, almacenes, contabilidad, compras, tráfico y otras partidas de servicios similares. También se incluye aquí los costos por depreciación, operación y mantenimiento, espuelas de F.C., caminos, drenajes, estacionamientos, comedores y otras instalaciones de carácter general que sirvan a las unidades de proceso.

Los porcentajes para gastos generales de la planta son difíciles de establecer y comparar, aún entre plantas de la misma compañía. Se pueden obtener valores significativos solamente si se tienen definiciones contables precisas y sujetas a una interpretación uniforme, hecho de por sí bastante difícil.

Las partidas que forman los gastos generales de planta, se pueden segregar en dos grupos, uno de ellos depende primordialmente de la inversión y el otro que depende de la mano de obra. Ambos se pueden estimar por separado como factores de inversión y trabajo, de acuerdo a la experiencia particular de la compañía. A continuación se dan algunas cifras de orden de magnitud para plantas nuevas:

	FACTOR POR INVERS. %	FACTOR POR TRABAJO %
Plantas de químicos pesados, gran capacidad.	1.5	45
Centrales termoeléctricas	1.8	75
Plantas electroquímicas	2.5	45
Plantas de Cemento	3.0	50
Plantas de químicos pesados, pequeña capacidad.	4.0	45

Como ejemplo del uso de estos factores, tómese el siguiente:

- Inversión directa estimada, incluyendo la reserva restringida \$ 50,000.000.00
- Costos anuales de mano de obra (operación, reparación, supervisión, carga, empaque, embarque).

Suponiendo que es una planta petroquímica pequeña los G.G.P. anuales serán:

Por inversión \$ 50,000.000 x 0.04 =	\$ 2'000,000.00
Por mano de obra 1,500,000 x 0.45 =	<u>675,000.00</u>
TOTAL Gastos Generales de la Planta.	\$ 2'675,000.00

Los porcentajes para gastos generales de la planta, generalmente son altos para plantas pequeñas y para complejos compuestos de varias plantas chicas, pero tienden a disminuir en plantas grandes con un número limitado de productos y con procesos sencillos.

Cuando se agrega una unidad grande a una planta en operación, se necesita hacer un estudio detallado de los gastos generales de la planta, necesarios antes y después de la instalación de la nueva planta con el objeto de hacer una estimación realista de su efecto. Se debe tener en cuenta que los gastos generales de la planta adicionales, son proporcionalmente menores para las nuevas instalaciones. Esta verificación detallada se aconseja especial-

mente en modernizaciones o reemplazos o cuando se considera que con el nuevo proyecto se bajarán substancialmente los gastos generales en algún tipo de proyecto, como las de mejoras a instalaciones, pueden producir valores negativos de los gastos generales pero debe existir evidencia de que la reducción actual puede y debe hacerse.

Depreciación.- El Término de depreciación se usa en varios con textos diferentes. Los más usuales son:

- a).- Como una deducción a los impuestos: En este caso la cantidad determinada por el Fisco de acuerdo a la Ley del Impuesto sobre la Renta. Así pues, la depreciación es una transacción en libros y no representa ningún movimiento de efectivo. Sin embargo, las instalaciones sujetas a un deterioro y/o obsolescencia acelerados, deben depreciarse en periodos más cortos. Las tasas muy rápidas de depreciación se documentarán muy ampliamente y deben organizarse en forma adecuada para su presentación ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Las plantas de proceso completas incluyendo cimentaciones, calles, espuelas de F.C., drenajes, edificios, etc., tienen una vida útil para efectos de depreciación de 10 a 15 años, dependiendo de su tipo. Tabla XVIII.

La tasa de depreciación que se usa para analizar las relaciones entre la producción y el ingreso, llamadas gráficas del "Punto de Equilibrio" se hacen sobre una depreciación en línea recta para toda la vida útil del proyecto, es decir, cuando se espera una vida útil de 10 años, cada año se depreciará 10%. La tasa de depreciación se aplica a la inversión en servicios generales, se incluye como parte de los costos de estos servicios. La depreciación de instalaciones generales se incluye como parte de los gastos generales de la planta. El capital se trabajo y otras partidas como partes de repuesto grandes, cargas de mercurio, para celdas electrolíticas y pagos fuertes por know-how, no son depreciables si su valor permanece esencialmente intacto a la conclusión de la vida útil del proyecto.

- b).- Como un costo de operación. La depreciación se considera como un costo de fabricación similar a los costos por mano de obra y materias primas. Sin embargo es más difícil calcular la depreciación unitaria de un producto que usando los costos de mano de obra y materia primas.
- c).- Como un medio de formar un fondo para financiar el reemplazo de la planta. Sin embargo, en las condiciones actuales en que los cambios tecnológicos se hacen a gran velocidad, es dudoso que se reemplace alguna planta ya que los procesos se hacen obsoletos rápidamente. Ade--

**TABLA XVIII.- TASAS DE AMORTIZACION AUTORIZADAS**

<b>TIPO DE INVERSION</b>	<b>TASA, (%)</b>
Activos fijos intangibles y cargos diferidos	5
Edificios y Construcciones Industriales	3
Viviendas para trabajadores	5
Ferrocarriles y embarcaciones	6
Mobiliario y equipo de oficina	10
Automobiles, camiones y remolques	20
Maquinaria y equipo para la producción de Energía eléctrica	3
Cemento, azúcar y derivados, aceite vegetal y derivados	5
Derivados del petróleo y carbón, metales prima- rios	6
Gas, petróleo, gas natural, papel y similares, 7 hule y similares	7
Alimentos y bebidas.	8
Curtido de piel productos químicos, plásticos, publicaciones e imprenta	9
Prestación de servicios de construcción	11
Actividades Agropecuarias:	
Agricultura incluyendo equipo y maquinaria	20
Cria de ganado mayor	11
Cria de ganado, menor	25
Mobiliario y equipo de oficina	10
Equipo de cómputo electrónico	25
Otras actividades no especificadas	10
Fuente: Ley del Impuesto sobre la Renta, 1981	10

más los ejecutivos deben sentirse libres para invertir el capital disponible en los proyectos más rentables. - Generalmente las plantas nuevas no se parecen en nada a las que originaron los fondos.

- d).- Como una medida de la pérdida de valor de un bien. El equipo y las plantas tienen una vida útil limitada. La razón principal de ésta pérdida es una disminución en la vida futura y en consecuencia la disminución del número de años en que se puede obtener una utilidad.

Agotamiento de depósitos naturales.- Es una bonificación por el eventual agotamiento de algún recurso natural como depósitos salinos, arcillas, azufre, petróleo, minas, etc., Desde el punto de vista fiscal la bonificación máxima se establece por Ley.

Amortización.- Es otro costo en que no interviene el efectivo y que se asemeja algo a la depreciación y agotamiento de depósitos. Se aplica a cualquier valor intangible con una vida legal limitada como es el caso de patentes, licencias o concesiones. Durante toda la vida legal del valor, se hace un cargo anual contra la operación concertada de tal forma que al expirar el plazo, se haya pagado el costo total. En algunos casos los costos de arranque, desarrollo y cargos iniciales del proyecto, se pueden capitalizar primero y amortizar después por un período de varios años con el objeto de evitar pérdidas fuertes en libros en los primeros años del proyecto.

En caso de duda sobre el manejo de problemas difíciles e importantes sobre depreciación, amortización, y agotamiento, debe consultarse con el contador y/o expertos en impuestos. Además, puesto que estas partidas no se hacen con movimientos de efectivo en el momento de verificarse, requieren de un tratamiento especial cuando se calcula la rentabilidad del proyecto.

Carga, Empaque y Embarque.- La mejor fuente de información para la estimación de estos costos, es la de los costos estándar de otras operaciones similares de la compañía con las modificaciones adecuadas a las condiciones del caso. Afortunadamente, estos costos son medidos con cierta facilidad y la mayoría de las compañías tienen sistemas de control de costos que proporcionan información actualizada sobre estas partidas.

El costo de los tambores se incluye en esta partida. La estimación de los recipientes no retornables como bolsas, sacos, cajas, cuñetes, etc., es bastante simple, ya que los proveedores proporcionan cotizaciones de inmediato,

Los costos para recipientes retornables son más difíciles de estimar. Entre este tipo de recipientes están tambores y cilindros de acero, tanques colapsibles de hule, pipas, carros-tanque, carros-tolva, barcas, etc. Sus costos incluyen reparaciones, pruebas, limpieza, renta y/o depreciación. El cómputo del tiempo de

retorno es muy importante en la determinación del número de recipientes necesarios,

Los costos de renta de carros-tanque se obtienen de los F.C. Cuando los carros de F.C., son propiedad de la compañía o se rentan los ferrocarriles otorgan un crédito de "tantos" centavos por kilómetro recorrido por la unidad. Estepuede ser un crédito substancial pero es muy difícil de predecir. Como siempre, la mejor guía es la experiencia anterior en una industria particular. En situaciones difíciles se puede recurrir a la ayuda de los F.C., o del departamento de tráfico.

El costo de material por unidad de producción en carga, empaque y embarque tiende a ser constante a cualquier nivel de producción. El costo unitario relacionado con la mano de obra, por otra parte, tiende a aumentar a medida que la producción decrece. En muchas plantas la fuerza de trabajo para este tipo de actividades no se puede cambiar substancialmente con respecto al cambio en las cantidades embarcadas.

Los costos indirectos, gastos generales, supervisión, carga y descarga, empaque y embarque se manejan de acuerdo a la fig. 14. Los porcentajes por gastos generales y costos indirectos se agregan y después se multiplican por los porcentajes de supervisión y contingencias y finalmente por el estimado de mano de obra directa. Esto da el costo asociado con la mano de obra.

Los costos de carga, empaque y embarque se segregan de otros costos de manufactura para proporcionar mayor claridad en el caso de usar varios tipos de recipientes y métodos de embarque. El total de las partidas anteriores se anota en la Hoja de Costos de Producción y representa el costo bruto. Cuando se agregan carga, empaque, embarque, se obtiene el costo total de fabricación, incluyendo la depreciación promedio y otros cargos como agotamiento de yacimientos y amortización.

Gastos Administrativos, Ventas y Generales (GAVG).- Estos son los mayores gastos generales de una compañía incluyendo el costo de la gerencia, contabilidad, compras, servicios al personal, tráfico, ventas, publicidad, relaciones públicas, ingeniería (con la excepción de los proyectos grandes capitalizados, pero incluye los estudios y evaluación de los proyectos para requisiciones de apropiación), investigación y desarrollo, gastos de oficina, manejos financieros y todas las otras partidas de gastos corporativos.

Los gastos administrativos son en general proporcionales a las ventas, el porcentaje tiende a ser menor para las compañías grandes y mayores en las compañías pequeñas. Los porcentajes a las ventas agregadas son por lo general menores a los promedios para las plantas existentes, ya que en algunas partidas son más o menos fijos.

Por ejemplo, si se considera una compañía de tamaño medio - con gastos administrativos promedio de 12%, los gastos administrativos incrementales podrían ser en el orden del 8%. Esta cifra será más grande si el proyecto implica gastos considerables por promoción y ventas y servicio técnico. Por lo tanto, para productos nuevos que presentan costos administrativos inconsistentes con los gastos administrativos de los productos establecidos de la compañía, se prepara una estimación para gastos de ventas y publicidad y los gastos administrativos se ajustan de acuerdo a los resultados.

Se puede decir que la cifra promedio de gastos administrativos es alrededor de 14% del valor de las ventas.

La Tabla XVII proporciona una guía para la obtención de los segmentos individuales de los gastos administrativos en varias condiciones.

En una compañía con varias divisiones, se deben preparar estimaciones de gastos administrativos separados para cada división y para la oficina central. La porción adjudicada a la oficina central puede ser del orden del 2% al 3%, dependiendo de como se hayan asignado las partidas individuales por el departamento de contabilidad, la naturaleza del negocio y político de la gerencia. Se pueden observar algunas variaciones entre las diferentes divisiones, debidas a las causas que las producen en la misma división. Los porcentajes incrementales pueden variar del 3% para una división grande, bien establecida y que produce químicos pasados, al 25% para una división pequeña establecida recientemente que sirve a un mercado muy sofisticado técnicamente.

Analizando y aplicando los gastos administrativos por porcentajes de las ventas netas en compañías con varias divisiones, el valor de las materias primas obtenidas de otras divisiones se deduce de las cifras de ventas netas de esa división. Con esto se evita que los costos generales crezcan en forma piramidal. Esto, en una forma aproximada, dá crédito a la división proveedora sobre los costos de ventas y servicio técnico.

Cuando los porcentajes para gastos administrativos se derivan de los registros de ventas de la compañía o división, los datos se tomarán con base en una operación del 100% de capacidad. Cuando los gastos administrativos se calculan en esta forma, se supone que permanecen constantes en toda la gama de niveles de operación presentados. Esta suposición es razonablemente correcta, ya que cuando se opera a niveles bajos de producción se necesita un esfuerzo mayor en ventas, publicidad, investigación y desarrollo y otras actividades en la oficina central, para balancear las partidas que se pueden cortar cuando la producción baja.

Los porcentajes de gastos administrativos y gastos generales de planta muestran una tendencia muy interesante cuando se grafican en un periodo amplio de tiempo. Las adiciones de producción

**TABLA IX - GASTOS ADMINISTRATIVOS, VENTAS Y GENERALES COMO PORCEN  
TAJE DE LAS VENTAS**

PRODUCTOS QUIMICOS	\$	IND. FARMACEUTICA (Básica)	\$
Air Reduction	13.90	Merk, Sharp & Dohme	38.60
Allied Chemicals	11.10	Miles Laboratories	52.90
American Cyanamid	22.20	Chas Pfizer	34.90
Atlas Chemicals	24.60	Roche	30.60
Celanese Corp.	11.00	Sterling Drug	40.00
Commercial Solvents	11.80	U.S. Vitamin	46.50
Diamond Alkali	12.20	Upjohn	49.20
Dow Chemical	13.00	Werner Lambert	45.50
Dupont	12.60	Schera Mex	46.30
Harshaw Chem	13.00	Syntex	39.80
Hoeber	11.90	Senosiain	35.90
Interchemical	18.70		
International, Min&Chem	16.30	PROMEDIO	41.84
Mallinkrodt	20.30		
Monsanto	14.30	PETROLEO	
Olis Mathieson	18.60		
Pitta. Coke & Chem	10.00	Ashland	12.00
Rahn & Haas	14.90	Marathon	12.70
Spencer	14.10	Shell	12.40
Stauffer Chem	10.40	British Petr.	11.70
Union Carbide	9.20	Exxon	12.20
Grace	15.20	Sohio	13.10
Thickol	5.50		
		PEMEX	17.30
PROMEDIO	14.12		
		PROMEDIO	13.06
INDUSTRIA HULERA (Básica)		MISCELANEOS	
Firestone	15.50		
General Tire	5.90	Eastman Kodak	15.80
Goodrich	17.50	FMC	10.00
Humex	13.80	GAF	23.20
Goodyear	15.30	General Mills	15.20
U.S. Rubber	14.90	Keppers	22.80
		J M	22.60
PROMEDIO	13.82	Phillip Morris	14.60
		National Distillers	9.10
JABON Y ACEITES		Pitt. Plate Glass	15.80
Procter & Gable	25.10		
Colgate Palmolive	26.40	PROMEDIO	15.91
Lever Bros	22.70		
La Corona	27.60		
PROMEDIO	25.45		

Fuente: Williams R. Chem Eng. Prog. April 1964  
Comunicaciones Personales 1978-1980

mayores normalmente disminuirán los porcentajes cuando las plantas nuevas entran en producción, pero después tienden a aumentar con el tiempo y se estabilizan en un nivel más bajo que el obtenido en la ampliación precedente. Los cambios en la gerencia también tienen un efecto. Es usual que una gerencia nueva en una división establecida y con utilidades, tienda a disminuir los gastos administrativos eliminando ciertas prácticas "suaves". En una división con problemas, la nueva gerencia probablemente los aumentará, en la medida en que empuje las ventas, publicidad y la investigación y desarrollo.

Los niveles correctos de gastos administrativos son una materia de decisión de acuerdo a las políticas de la gerencia. En muchas compañías, estos gastos se pueden cortar en forma tal que el dividiendo por acción puede aparecer como del doble. Sin embargo, un arreglo de tal tipo pone en peligro las utilidades futuras, puesto que recortará las actividades de investigación y desarrollo, publicidad, ingeniería, ventas, etc. De lo anterior se concluye que las políticas de la gerencia son un factor muy importante para la estimación de los gastos administrativos.

El cómputo de los gastos administrativos completa la estimación de los costos de operación de un proyecto. Desde luego, las partidas que componen el costo total están compuestas por una mezcla, cuya significación variará substancialmente de un proyecto a otro y de una industria a otra. Se deben considerar todos los elementos de costo, para que la predicción de la rentabilidad del proyecto (el objetivo último de cualquier cálculo de costo) sea una guía adecuada y confiable para las decisiones y control.

#### ESTIMACION DE LA INVERSION TOTAL

El cómputo de la inversión total en un proyecto no es un trabajo sencillo. Se deben considerar todos los elementos para una inversión efectiva, no solamente los costos iniciales de la planta. Además, la inversión se tiene que considerar en una base consistente para que la rentabilidad de los proyectos en competencia sea comparable y así mismo los resultados se puedan comparar con las predicciones.

La perspectiva a largo plazo de la inversión y la rentabilidad se obtiene determinando la "inversión bruta". Esta es una medida del valor de todos los recursos de la compañía puestos al servicio del proyecto. Esto incluye los gastos hechos en diseño, compras, construcción y otras inversiones como:

- Aumento de los costos de operación debidos al proyecto
- Fondos destinados a inventarios, cuentas por cobrar y otras formas de capital de trabajo.
- Valores no depreciables como terreno, know-how, etc.



- Equipos y materiales propios transferidos al proyecto
- Distribución de los costos de servicios para esta y otras unidades,
- El valor de las instalaciones que se van a destruir y que son atribuibles al proyecto.
- Una reserva de inversión, que puede utilizarse o no dependiendo de que tan bien vayan las cosas.

Se ejercerá mucho juicio en decidir el grado de detalle en la investigación y el esfuerzo que se desarrollará en la estimación de cada componente. Las partidas individuales (inventarios - instalaciones temporales, por ejemplo) cuando representan un porcentaje grande del total, merecen una investigación muy acusada. No se empleará mucho tiempo en partidas que no afectan apreciablemente la inversión del proyecto. Se considerará además la etapa de definición del proyecto. En la etapa de investigación y desarrollo, se utilizan aproximaciones gruesas de partidas como el arranque de la planta. Posteriormente al prepararse la estimación definitiva, estos costos se determinarán con mayor precisión, con el objeto de que sirvan como guías en la ejecución del proyecto.

En los párrafos que siguen se considerarán los elementos que integran la inversión bruta y la forma de estimación para cada una de las fases del proyecto.

**Inversión en Capital Directo.**- Este apartado incluye todos los gastos realizados en instalaciones hechas dentro de "límites de batería". Los métodos para el cálculo de estos elementos, se han descrito en la primera parte de este trabajo.

El término "límite de batería" se usa para segregar las inversiones directas de las inversiones de apoyo. Se puede definir como una línea continua que circunscribe cada proyecto, planta en operación, departamento o división que encierra y cae al menos tres metros al exterior de todos los edificios, estructuras, espuelas, "camas" de tuberías, bardas perimetrales y características propias del terreno.

En algunas instalaciones el producto de una planta es la materia prima de otra. En estos casos, la división productora incluye dentro de sus "límites de batería" las tuberías y otros servicios especiales, necesarios para mover el material al límite de batería de la división que lo usa.

**Servicios.**- Entre los servicios se incluyen instalaciones para producir, almacenar, procesar y distribuir, como son:

- Agua
- Vapor y condensado
- Aire comprimido
- Electricidad
- Gas inerte
- Sistema de refrigeración
- Pulverización de carbón de piedra
- Gas natural
- Aceites combustibles, etc.
- 

Los servicios soportan al proyecto, pero generalmente caen fuera de sus límites de batería. En algunos casos cuando la planeación preliminar contempla las instalaciones que van a servir a un solo proyecto, se hacen parte de la inversión directa del proyecto.

En proyectos con plantas múltiples, es útil considerar a los servicios como un centro de costos independientes del departamento de operación. Este departamento carga a cada planta su porcentaje y a su vez es cargado con todos sus gastos de operación incluyendo la inversión. Se espera que el departamento de servicios obtenga una utilidad modesta, similar a la que tendría una compañía externa bien establecida. En estas circunstancias la inversión en las instalaciones de servicio no se incluye en la inversión total de la unidad de producción.

En los casos en que los servicios se reporten entre dos o más proyectos, pero no se establece un departamento de servicios por separado, la inversión se divide en proporción al uso que cada planta haga de ellos.

Instalaciones Generales.- Estas instalaciones quedan fuera de los límites de batería del proyecto y soportan, o se planean para soportar eventualmente, más de una planta e incluyen partidas como:

- Comedores
- Baños
- Muelles
- Defensas
- Enfermería
- Garages
- Estacionamiento
- Laboratorio
- Terreno
- Talleres de mantenimiento.
- Jardines
- Carreteras
- Equipo de seguridad
- Drenajes
- Tratamiento de efluentes
- Almacenes
- Básculas
- Camiones y otro equipo móvil,
- Alumbrado de campo
- Oficinas
- Camas de tuberías
- Parques deportivos, etc.

Los porcentajes aplicados a cada planta dependen mucho de la situación local, la calidad y cantidad de las instalaciones, el número de unidades servidas, etc. La base de aplicación es, generalmente, la inversión directa de los servicios individuales, aunque en ocasiones se usan otros criterios para una distribución más adecuada, como por ejemplo el número de personas servidas, etc.

**Transferencia de Bienes Existentes.**- Estas partidas incluyen el valor de los equipos, edificios, tubería, cable, etc., que se van a pasar de los almacenes u otras instalaciones para uso de un nuevo proyecto. Estos bienes normalmente se transfieren a su valor en libros (valor depreciado) de acuerdo a los registros contables. El valor en libros puede, sin embargo, aumentarse o disminuirse en proporción directa a su valor efectivo en el proyecto. Estas correcciones a los valores en libros se hacen solo en casos en que se manejan sumas grandes y cuando el valor en libros, por alguna razón especial, no refleja razonablemente el valor actual del bien.

La cantidad a transferirse incluye todos los costos originales de instalación a valor depreciado, si el bien se va a quitar de su lugar. Los costos originales de instalación depreciados se descargan como "instalación retirada" si el bien transferido se va a instalar como parte del proyecto. El costo de remover y desmantelar la unidad transferida es parte de los gastos de operación del proyecto. El costo de reinstalarlo se incluye en la inversión directa de la nueva planta.

**Costos de Operación del Proyecto.**- Bajo este rubro se incluyen todos los fondos extra gastados en la construcción y arranque de la planta. En caso de duda se consultará al departamento de contabilidad sobre cuales partidas son gastos o capital, ya que los impuestos pueden involucrar sumas de consideración.

Algunas partidas de los gastos de operación son:

- Preparación del lugar  
La remoción de construcciones, equipo, cimentaciones, tuberías, etc., que obstruyen la nueva instalación.
- Conexiones temporales al proceso  
Se requieren estos trabajos para mantener en operación equipos existentes en forma segura y confiable durante la construcción de las nuevas instalaciones.
- Reparación, relocalización y reacondicionamiento de estructuras existentes.  
Esto incluye limpieza, pintura, desmantelamiento, reparación, etc., que se necesiten para poner instalaciones existentes en buenas condiciones de operación y que están relacionadas con el nuevo proyecto. Las modificaciones que resulten en incrementos substanciales en la vida útil capacidad o eficiencia de las instalaciones se capitalizarán y

no se incluirán en este apartado,

- Costos de arranque

En proyectos grandes y/o novedosos, los costos de arranque pueden ser de tal magnitud que obliguen a incluirlos en la inversión total. Se incluyen aquí los gastos para la formación y entrenamiento del personal de operación/arranque, preparación de los manuales de operación, tiempo extra, - transportación especial, material fuera de especificación, materia prima dañada, ajuste de equipos e instrumentos y modificaciones menores necesarias para hacer la planta operable. No se incluyen modificaciones con objeto de aumentar la vida útil o la eficiencia del equipo, en caso de requerirse, estos gastos se capitalizarán.

- Costos extraordinarios de producción y venta

Se incluyen en los gastos de operación a menos que se presenten como pérdidas directas (out of pocket losses). Si por ejemplo, el programa de construcción impide la operación normal, se deben incluir en este apartado los costos incurridos por ventas no hechas, utilidades no obtenidas y otros costos adicionales para cumplir con las ventas de clientes lejanos o importantes, también se incluye el tiempo extra en producción causado por la construcción.

- Ingeniería preliminar.

Es la ingeniería necesaria para desarrollar inicialmente el proyecto ya sea que se acepte o no y debe considerarse como una parte de los gastos normales de operación y como tales se incluyen en los presupuestos de gastos administrativos y por lo tanto no deben aparecer como inversión de un proyecto en especial.

Retiros Forzosos.- Cualquier retiro de equipo y materiales que resulte de un proyecto, tiene un efecto en el presupuesto de inversiones de la compañía y cualquier valor real que se destruya debe cargarse al proyecto. Estas cantidades normalmente se tratan como inversiones depreciables o "un valor en libros destruido". Se estima un valor de reventa o salvamento, que en ocasiones es mayor al valor en libros.

Se supone que el valor en libros es razonablemente representativo del valor actual del bien que el proyecto forza a retirar, y es, hasta cierto punto, sencillo determinar y con la exactitud adecuada en la mayoría de los casos. En situaciones especiales, donde el deterioro y la obsolescencia reducen anormalmente el valor de los bienes retirados, o cuando por alguna circunstancia el valor en pesos es substancialmente mayor que el de libros, el valor del bien se evaluará por un estudio económico y se obtendrá su valor actual de mercado. Una medida del valor actual es la rentabilidad después de impuestos que representa y en el futuro cercano

que el bien será capaz de producir, capitalizado a valor presente de + 20%. Otra medida sería el precio a que se pueda vender en el mercado.

**Créditos e Incentivos Fiscales.**- Esta es la cantidad en que se reducen los impuestos de una compañía, debido a pérdida o gastos especiales de operación incurridos en conexión con el proyecto. También incluye todos los incentivos y concesiones fiscales otorgados.

Debido a que se consideran los efectos incrementales, los créditos se toman por la mayoría de las compañías al 48% de los gastos incidentales al proyecto en ejecución, más el 48% de la pérdida en libros en los bienes físicamente retirados.

La estimación de los efectos fiscales de bienes retirados es siempre una operación complicada, sin embargo se pueden usar las reglas que se anotan a continuación:

A).- Cuando el valor de venta es menor que el de libros:

1.- El bien es vendido como chatarra

Crédito fiscal de 48% del valor en libros menos el valor como chatarra.

2.- El bien es vendido como unidad en condiciones de trabajo

Si la compañía ha ejercido ya alguna ventaja fiscal, el crédito se toma al 24% del valor en libros menos el valor de venta. En otra forma, se toma el 48%.

B).- Cuando el valor de venta es mayor al valor en libros:

1.- El bien es vendido como chatarra

El impuesto pagado es 48% del valor de la chatarra menos el valor en libros.

2.- El bien se vende como unidad operable.

El impuesto a pagar es en base a la rentabilidad, 24% del valor de venta menos el valor en libros.

Debido a la multiplicidad, variabilidad y naturaleza conflictiva de las leyes fiscales las situaciones importantes, difíciles o dudosas se deben referir a los expertos en impuestos.

Las situaciones en que se trata de reemplazar instalaciones obsoletas por nuevas que tienen costos de operación menores, representan aspectos impositivos de significación. Con frecuencia las instalaciones obsoletas tienen un valor en libros de consideración importantes, aún cuando se pierde su valor actual medido por la posibilidad de utilidad de las instalaciones destruidas y que se considera relativamente pequeño.

Capital de trabajo. El capital de trabajos uno de los elementos más sutiles en un proyecto y frecuentemente pasado por alto, lo que representa una causa clásica de bancarrota en negocios medianos y pequeños en crecimiento,

El capital de trabajo es la cantidad de dinero y bienes que deben existir en una organización en cualquier tiempo para permitir su funcionamiento. El capital de trabajo asignable a un proyecto es el incremento (o decremento) neto en el capital de trabajo total de la organización, creado por la operación del proyecto.

El capital de trabajo incluye:

- Inventarios en proceso
- Inventarios en materiales diferentes a materia prima
- Cuentas por cobrar
- Cuentas por pagar
- Otros valores corrientes (incluyen bonos del gobierno, etc.)

La estimación de cada elemento se discutirá enseguida:

Inventarios de Productos en Proceso.- Estos inventarios se valúan a su costo estimado o precio de transferencia si van a otra división de la compañía e incluye lo siguiente:

- Materias primas
- Materiales en proceso
- Producto terminado en almacén
- Producto en tránsito hacia el cliente y no cobrado aún
- Producto a consignación
- Combustibles almacenados
- Material de empaque en almacén.

Cualquiera de estas partidas en inventario pueden, en un momento dado, ser suficientemente pequeñas como para ignorarlas o muy grandes como para considerarse una partida mayor del proyecto. Los inventarios merecen una atención especial si la compañía se encuentra en una situación de mercado estacional, alto valor del material o embarques a granel. En estos casos es necesario hacer un análisis completo de la situación de los inventarios, tomando en cuenta la producción esperada, embarques y fluctuaciones en las ventas y las necesidades de producto. Se tendrán presentes algunas situaciones especiales como tiempos grandes de proceso, envíos por tubería, etc., que puedan crear algunas dificultades. La solución adecuada de estos problemas requieren con frecuencia de los esfuerzos combinados de personal con experiencia en ventas, tráfico, operaciones y contabilidad.

Cuando una compañía está operando plantas similares a la propuesta, se puede utilizar la experiencia acumulada para desarrollár

relaciones de inventarios que den buenos resultados si se aplican en forma adecuada. La Tabla XXI dá una indicación del órden de magnitud para estas relaciones. Como ya se señaló, las situaciones especiales requerirán que los inventarios sean bastante mayores o menores a los promedios de la tabla.

**Inventarios en Materiales Diferentes a Materias Primas.** - Aquí se incluyen materiales de oficina, partes de repuesto menores, materiales para mantenimiento y operación, materiales para primeros auxilios y otros que se deben tener a la mano siempre, pero que no se capitalizan ni se incluyen en los inventarios señalados. El criterio para estimar estos materiales es el capital total directo invertido en ellos. La experiencia obtenida en operación se puede utilizar y establecer una relación entre esta inversión y el promedio de otros proyectos de la organización. Los valores usuales en las industrias de proceso están en el órden de 3%, pero puede ser mayor cuando se trata de materiales de costo elevado.

**Cuentas por Cobrar.** - Estas cuentas varían según el tipo de negocio y sus políticas de créditos. Generalmente se expresa en meses de producción valuadas a costo. Se excluye el valor de cualquier producto transferido a otras divisiones de la misma compañía, ya que en teoría no existen cuentas por cobrar respecto a esta porción de la producción.

Las políticas de crédito separadas y la naturaleza del negocio, tal como se han visto por la investigación del mercado, se considerarán en la estimación del número de meses de cuentas por cobrar. Los valores normales están en el órden de dos a tres meses. Para productos agrícolas y de plástico esto puede ampliarse a seis meses y más. En algunos casos especiales se paga parte del precio antes de que termine la producción del bien, como es el caso de la fabricación de bienes de capital. En otros casos, los pagos se hacen cuando el material está listo para embarque.

La Tabla XXII dá los tiempos estimados de las cuentas por cobrar.

En nuestro caso, las cuentas por pagar sirven para reducir las necesidades de capital de trabajo. Representan el dinero que necesita tener la compañía en un momento dado por que el pago se efectuará en el futuro, aún cuando se hayan recibido los bienes y servicios. La cantidad promedio en cuentas por pagar en un proyecto depende del sector industrial y de sus prácticas de crédito particulares, la posición financiera de la compañía y el reglamento para el pago de impuestos. Se puede estimar como un porcentaje de las cuentas por cobrar y los inventarios.

La experiencia en proyectos similares es, desde luego, la mejor guía, aunque debe darse consideración especial a la situación impositiva particular. Los porcentajes para cuentas por cobrar en relación con las cuentas por pagar y los inventarios para las industrias de proceso se muestran en la Tabla XXIII.

## TABLA XXI.- INVENTARIOS

TIPO DE PLANTA	MP. Y COMBS. EN % DE COSTOS ANUALES A 100% CAPACIDAD	PRODS. EN PROC. Y TERN. EN % COSTO ANUAL FAB.100% CAP.
Químicos pesados	14 % a 19 %	2% a 4 %
Silicatos	3% a 5%	4 a 6
Sales metálicas	13 a 22	4 a 6
Cemento	Variable	10 a 12
Quim. Organicos	1 a 5	3 a 19

## INVENTARIOS PROMEDIO EN MESES DE VENTA

AÑO	FIERRO Y ACERO	QUÍMICOS Y PETROQUÍMICOS	PETROLEO	INDUSTRIA MANUFACTURERA
1973	2.25	1.92	1.47	2.06
1974	2.45	1.99	1.38	2.02
1975	2.75	2.00	1.40	2.12
1976	2.40	1.98	1.36	2.06
1977	2.36	1.92	1.29	1.96
1978	2.08	1.86	1.27	1.95

Fuente: National Industrial Conference Board.

18

TABLA XXII. - CUENTAS POR COBRAR, POR PAGAR Y ACTIVOS, CUENTOS POR COBRAR EN MESES DE VENTAS

AÑO	PIERRO Y ACERO	QUIMICOS Y PETROQUIMICOS	PETROLEO	INDUSTRIA MANUFACTURERA
1973	1.18	1.33	1.51	1.35
1974	0.94	1.48	1.59	1.39
1975	1.19	1.64	1.69	1.52
1976	1.06	1.50	1.75	1.48
1977	1.19	1.60	1.76	1.43
1978	1.18	1.61	1.85	1.46

TABLA XXIII. - CUENTAS POR PAGAR COMO % DE C. POR COBRAR E INVEN. EN PROCESO

1973	63.90	52.90	60.90	54.30
1974	58.10	51.20	63.00	53.50
1975	53.50	53.40	63.00	53.20
1976	52.70	52.10	63.10	53.60
1977	58.60	50.80	64.60	54.20
1978	58.60	52.80	62.80	54.50

TABLA XXIV. - ACTIVO CIRCULANTE COMO % DE CUENTAS POR COBRAR.

1973	93.00	80.00	87.30	96.90
1974	82.40	70.00	78.20	51.90
1975	77.10	62.00	77.30	49.10
1976	88.40	62.50	67.10	47.70
1977	85.90	59.30	65.00	54.20
1978	78.90	58.50	57.50	54.50

**Activos.**- Estos valores son básicamente dinero en efectivo, bonos y acciones fácilmente convertibles. Estos fondos son necesarios para salvaguardar el crédito de la empresa. Las cantidades tiende a ser proporcionales a las deudas de la compañía y está influida fuertemente por la política financiera. En las industrias de proceso, el porcentaje en efectivo y bonos con relación a las cuentas por cobrar se muestran en la Tabla XXIV.

**Otras Partidas.**- Otras partidas en la inversión, particulares para cada proyecto se pueden listar como sigue:

- Pago por tecnología
- Carga inicial de catalizador, solventes, agentes de suspensión, mercurio para las celdas electrolíticas; todos con vida útil mayor a un año,
- Partes de respuesto de costo elevado.
- Otras partidas no incluidas anteriormente pero necesarias para el buen desempeño del proyecto.

Las partidas en estas categorías con frecuencia requieren un tratamiento especial respecto a la depreciación y deben segregarse de las partidas con tasas de depreciación normales. Los tres primeros, en general, no son depreciables. Sin embargo, tienen una vida legal limitada.

Recuérdese que el reemplazo periódico de catalizador, las pérdidas de mercurio en las celdas electrolíticas y de solventes, son parte de los costos de fabricación. Lo mismo puede decirse de las regalías por patentes pagadas en base anual o por producción unitaria.

**Reserva de Inversión.**- Esta es la cantidad en la cual un proyecto puede salirse de control cuando una gran cantidad de cosas van mal. Se calcula en base a datos estadísticos en proporción al grado de novedad del proyecto y a la extensión a que se ha llegado en la inversión e ingeniería. El procedimiento para establecer este porcentaje se ha descrito en el capítulo IV.

La reserva de inversión nunca será menor al 15% de la inversión total. Los proyectos que son muy sensibles al capital invertido y que son poco atractivos cuando tienen un sobrecosto de 15% o mayor por lo general no son justificados,

Cuando se agrega la reserva de inversión a los elementos de la inversión descritos previamente, se obtiene la inversión total de los activos de una organización, que se comprometerán para iniciar, ejecutar y mantener al proyecto hasta su arranque,

Recapitulando, la Inversión total estimada consta de;

- Inversión directa

- Servicios e instalaciones de soporte
- Bienes transferidos
- Gastos de operación que inciden en el proyecto
- Retiro de Bienes, forzados por el proyecto
- Créditos o incentivos fiscales, que resultan de las dos -  
partidas precedentes y de las instalaciones productivas,
- Capital de trabajo
- Otras partidas (pago por tecnología, catalizador, etc.)
- Reserva de inversión,

### RIESGO

El principio determinante en la evaluación de la rentabili--  
dad, es el riesgo. En efecto, la rentabilidad que espera un inver-  
sionista se puede separar en dos partes. La primera es el interés  
que espera obtener de su dinero cuando está totalmente cierto de -  
recuperar el valor de su principal y que en la actualidad se consi-  
dera que será del 30% aproximadamente. Además del interés, el in-  
versionista requiere un "premio" para inversiones menos seguras, -  
en compensación por el riesgo que toma de perder su capital. En -  
la misma forma, las organizaciones están de acuerdo en aceptar una  
baja rentabilidad para proyectos con una gran seguridad y esperan -  
tener una alta rentabilidad en proyectos más inciertos y que por -  
lo tanto presentan un alto riesgo de no obtener la rentabilidad -  
calculada.

Medición del Riesgo. - Cuando se selecciona un proyecto, la-  
consideración de rentabilidad aparente no es suficiente. El ries-  
go de no obtener esta rentabilidad se debe considerar sería y for-  
malmente. Los proyectos de "alto riesgo" deben tener una rentabi-  
lidad elevada para ser aceptados y viceversa. La medición del ries-  
go es difícil y la posibilidad de no obtener la rentabilidad calcu-  
lada es función de:

- La confiabilidad inherente del proyecto en general y en -  
particular, de cada uno de los elementos que juegan un pa-  
pel importante en la rentabilidad.
- Grado al cual se ha investigado cada uno de estos ele- -  
mentos.

En las figuras 15 y 16 se presentan los elementos de riesgo-  
de acuerdo con ciertos valores relativos. Multiplicando el "riesgo  
inherente" y la "clasificación" se obtiene el "Índice de Riesgo" -  
para ese elemento. El "Índice de Riesgo" total para elementos en el  
grupo de mercado se ha duplicado para ponderar su importancia rela-  
tiva. El gran total es una medida del "riesgo total del proyecto".

La definición de las categorías del riesgo son como sigue:

## RIESGO ALTO

- Proyectos de productos y materias primas nuevos cuyos datos de venta son poco confiables. El Índice de Riesgo es de 220 y marca una rentabilidad de 35% o mayor.

## RIESGO MEDIO ALTO

- Proyectos fuera de la línea normal de la compañía. Proyectos nuevos que emplearán procesos ya establecidos y bien conocidos, con datos de venta razonablemente bien establecidos. El Índice de Riesgo es aproximadamente 140 y la rentabilidad esperada estará entre 25% y 35%.

## RIESGO MEDIANO

- Proyectos dentro del campo actual de la firma con pocos elementos novedosos y buen conocimiento del mercado. El índice será alrededor de 100 con una rentabilidad de 20 a 25%.

## RIESGO BAJO

- Se trata de expansiones de productos con mercado y procesos conocidos.

El índice es de 75 con rentabilidad de 20%

## RIESGO MUY BAJO

- Estos proyectos se implementan para mejorar la conversión, reducir costos, etc., en procesos bien conocidos. El índice es de 50 o menos y la rentabilidad menor al 20%.

Los datos de la Fig. 16 son un resumen de la información procesada y se aconseja anexar a la hoja una descripción más completa de las condiciones de riesgo, que reflejan la opinión de las personas que están conectadas y que conocen de cerca los problemas de que se trata.

Es necesario también evaluar el grado en que se han explorado las características de riesgo. Desde luego, el riesgo de un proyecto se puede considerar conocido de acuerdo solamente a la extensión en que se haya investigado. El grado de investigación se ha calificado desde "excelente" a "pobre" con una ponderación numérica que va de 1 a 5 de acuerdo al caso.

Las calificaciones de riesgo e investigación se combinan por multiplicación para producir el "Índice de Riesgo" para esa partida.

Este proceso de multiplicación enfatiza el peligro en que se cae con una partida poco confiable y que se haya investigado muy

ligeramente. Debe recordarse que, en general, la rentabilidad se define como:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Costos}}{\text{Inversión}} \quad (7)$$

Los riesgos principales relacionados con la "inversión" se han compensado por la "reserva de inversión" discutida anteriormente. Las partidas descritas en la primera parte de la "Hoja de Calificación de Riesgo" se refieren a los elementos de costo de la ecuación. Los renglones de la segunda parte, bajo el subtítulo "mercado", se refieren a la parte de ingresos de la ecuación. En general la magnitud de las partidas de ingresos se pueden considerar como del doble aproximadamente de los de costos, aunque esta relación puede variar dependiendo del tipo del proyecto. Por lo anterior, se puede decir que un error de 10% en la predicción del ingreso, afectará la rentabilidad del doble que un error de 10% total en la predicción del costo. Es por esta razón que el subtotal de los índices de riesgo en la sección de mercado, se multiplican por dos, antes de resumir para obtener el "Índice de Riesgo" del proyecto.

La relación de un grado de riesgo específico de acuerdo a la medición de la tabla de "Calificación de Riesgo", a una tasa de medición de la tabla de "Calificación de Riesgo", a una tasa de rentabilidad aceptable, es gobernada por las políticas y decisiones de la Gerencia. Una guía de este tipo, aprobada por la Alta Gerencia será muy útil para los gerentes de los departamentos de operación, investigación y desarrollo e ingeniería, en el desarrollo y selección de los proyectos antes de enviarlos para su aprobación final.

Riesgo y Rentabilidad desde el punto de vista del Accionista.- En las páginas anteriores, se ha considerado la rentabilidad en relación a la inversión total de una compañía. Cuando un grupo de inversionistas planean una compañía nueva, su punto de vista es diferente. Están interesados en la rentabilidad que obtendrán del dinero que han invertido personalmente.

Un negocio nuevo tiene dos fuentes de financiamiento. La primera son las obligaciones a interés fijo, como préstamos bancarios y bonos. En esta forma, la organización debe pagar un interés regularmente para mantener su crédito. La segunda forma es a través de acciones, en cuyo caso los dueños siguen teniendo utilidades después del pago de las obligaciones a interés fijo.

Si el interés pagado a los bancos después de impuestos es menor a la rentabilidad de la inversión total, esta debe ser mayor para los accionistas que la rentabilidad total del proyecto. En el caso contrario, si la rentabilidad total del proyecto es menor que el interés fijo después de impuestos, la rentabilidad de los accionistas es menor y se puede llegar a una pérdida.

PROYECTO  
ESTIMADO POR

FECHA  
VERIFICADO POR

PARTIDA	CARACTERISTICAS DEL RIESGO (1)	Calif. del Riesgo (2)	Invest. del riesgo (3)	Indice de Riesgo (4)
<b><u>MATS. PRIMS. Y COMBUST</u></b>				
Fuente y transporte				
Precio				
Calidad				
Peligros y reglamentos				
<b>SUB TOTAL</b>				
<b>PROCESO</b>				
Conversión				
Servicios, M. de O.				
Tecnología y Patent.				
Obsolescencia				
<b>SUBTOTAL</b>				
<b>PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS</b>				
Calidad				
Empaque y embarque				
Peligros y reglamentos				
<b>SUBTOTAL</b>				
<b>MERCADO</b>				
Productos Competitivos				
Existentes				
Potenciales				
<b>COMPETENCIA</b>				
Existente				
Potencial				
Capacidad y uso final				
Métodos de venta y Serv.				
Efectos de tiempo y temp.				
Penetración, %				
<b>SUBTOTAL x 2 (5)</b>				
<b>INDICE DE RIESGO, TOTAL</b>				

**NOTAS**

- 1.- Usar otras) hoja(s) si se requieren mas comentarios
- 2.- E: Excelente, poco riesgo; B: Buenas condiciones, riesgo moderado; S, Satisfactorio  
R: Regular; P: Pobre; NA: No Aplica
- 3.- Indicar con "E" hasta "P" para indicar el grado de investigación.
- 4.- Indice de Riesgo, Producto de (2) y (3) cambiando las letras por los números de 1 a 5, según la calificación
- 5.- Se duplica el subtotal de mercado para ponderarlo adecuadamente.

Fig. 15. CALIFICACION DEL RIESGO.

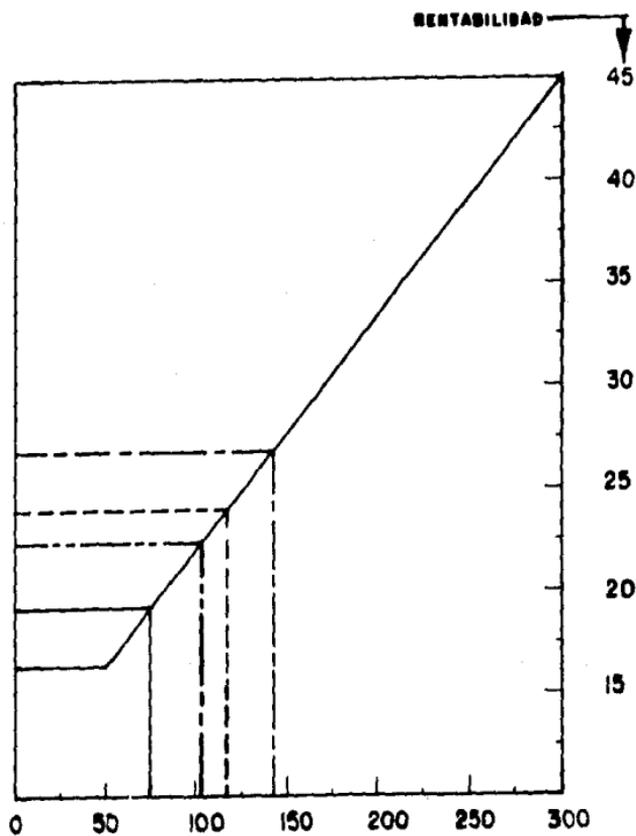


FIG. 16.—INDICE DE RIESGO

La rentabilidad de las acciones comunes, las cantidades obtenidas de bancos y bonos y las acciones preferentes, se insertan en el lado positivo del flujo de efectivo en el momento en que se recibe el dinero. Los pagos al banco y de bonos se tratan como flujo de efectivo negativo. Si el pago se hace hasta el final de la vida útil del proyecto, se supone que el flujo de efectivo es un fondo de amortización que se debe cobrar a interés bancario y usar se para el pago de obligaciones. En esta forma se evitan flujos de efectivos poco realistas siendo, además, una buena práctica de negocios. El interés pagado por bonos y a los bancos, se trata como un flujo de efectivo negativo en el momento en que se paga. Puesto que estos pagos de interés son partidas de los gastos de operación, son deducibles de impuestos.

Los pagos de dividendos de acciones preferentes también representan un flujo de efectivo negativo pero no es deducible de impuestos.

Cuando se establece un estudio de este tipo, la proporción entre la inversión hecha por los accionistas y el dinero obtenido a préstamo deben mantener una relación adecuada.

Existe un límite práctico de la cantidad que los bancos están dispuestos a prestar, en que se considera el interés al que se presta y el grado de seguridad en la inversión. En realidad, cuando el proyecto se financia en parte por préstamos bancarios y bonos, el riesgo estimado en la "Hoja de Cálculo" se concentra en el valor de la inversión de los socios. El riesgo del banco es menor en la medida en que está protegido por la inversión de los dueños del negocio.

Efecto de los Arreglos Financieros sobre la Rentabilidad. Aunque en algunas ocasiones la rentabilidad se calculará desde el punto de vista del inversionista bajo ciertas condiciones financieras, en general es preferible separar el cálculo de la rentabilidad de un proyecto de los arreglos para financiero. Los dos problemas son de suyo bastante complicados como para intentar resolverlos al mismo tiempo. Para compañías que solo tienen un proyecto, la rentabilidad se puede calcular y optimizar desde un punto de vista de empresa general, entonces se debe considerar el efecto de los diversos métodos de financiamiento y el efecto que los impuestos pueden presentar.

Para organizaciones con un programa financiero continuo, se recomienda el tratamiento mencionado en el capítulo concerniente a los costos de operación. Bajo estas condiciones, se cargan todos los proyectos como parte de los gastos administrativos con un interés promedio para la inversión del proyecto. Esta tasa debe aproximarse al interés que la compañía paga en un año, dividido entre la inversión total de la empresa. Usando este método se supone que el nuevo proyecto obtendrá sus fondos de una mezcla variada de fuentes financieras, (acciones, comunes preferentes, bonos, utilidades retenidas, préstamos bancarios, etc.) Esta mezcla se determi-

na por políticas y negociaciones normalmente fuera de influencias del proyecto. El uso del método de la "tasa de interés de la compañía" es realista y evita las complicaciones sobre que fuente financiera se va a utilizar precisamente en ese proyecto.

Otras consideraciones sobre la Rentabilidad.- En adición a la evaluación de los méritos individuales, los proyectos se deben juzgar también como parte del plan de inversiones a largo plazo de la compañía. Los recursos financieros y humano (en la forma de investigadores, ingenieros, operación, ventas y administradores experimentados) limitan lo que una compañía puede hacer en un lapso de tiempo establecido. Estos recursos escasos, se deben aplicar en la forma más ventajosa al seleccionar los proyectos individuales que mejor se ajustan al programa general de desarrollo y crecimiento a largo plazo de la empresa.

Existen otras consideraciones que se deben hacer al evaluar un proyecto. Algunos proyectos se ofrecerán para mejorar las condiciones de operación, eliminación de condiciones peligrosas, tratamiento de desechos, aumento de producción, fabricación de materias primas, etc.

En lo posible, se debe estimar la rentabilidad potencial de los proyectos, aunque se empleen en algunos casos suposiciones no del todo probables, pero si razonables. Por ejemplo, se deben examinar las familias de productos aunque los proyectos para elaborar los se extiendan por un período de varios años. La eliminación de desperdicios puede, en algunos casos, pagarse con la venta de los subproductos, etc. Sin embargo, existirán siempre proyectos que serán evaluados exclusivamente bajo criterios de políticas administrativas. Entre estos estarán los proyectos que puedan crear un cambio mayor en las condiciones de la industria o tecnología, creación de una nueva industria, etc., cuyos efectos no se pueden prever matemáticamente.

No es necesario insistir en que la determinación del riesgo potencial de un proyecto y el riesgo relacionado con la obtención de una rentabilidad adecuada, no es una operación precisa. La técnica para la medición del riesgo proporciona una revisión detallada de las características de rentabilidad y riesgo del proyecto. Durante esta operación, se deben definir las áreas que necesitan de mayor información y eliminar en lo posible los riesgos. Los riesgos que no se puedan eliminar, se deben reconocer y compensarlos en alguna forma aumentando la tasa de rentabilidad mínima esperada. El proyecto evaluado y seleccionado, aunque nunca se desarrollará ni construirá exactamente a lo planeado, operará desde una posición más robusta que lo protejera, hasta cierto punto, de las inevitables adversidades que lo acompañarán en su desarrollo y además tomará ventaja de los puntos fuertes y coyunturas favorables.

## VALORES DINAMICOS DE LA RENTABILIDAD

Como se mencionó anteriormente, la rentabilidad se calcula varias veces durante el curso normal de un proyecto para asegurarse que avanza continuamente sobre condiciones favorables. Este sistema de evaluación de la rentabilidad es dinámico; una variación de cualquiera de sus elementos, producirá un movimiento en la escala de valores. La posición y tamaño relativos del elemento en el sistema y sus relaciones con otros elementos, determinarán el grado en el que se alterarán el riesgo y la rentabilidad. Estos efectos dinámicos se pueden analizar con la ayuda de la ecuación simplificada, para un "año típico".

$$R = \frac{S(p-c)}{D} \cdot t \quad (8)$$

R : Rentabilidad sobre la inversión promedio

S : Número de unidades vendidas

p : Precio unitario de venta promedio

c : Costos totales fijos y variables por unidad producida

D : Depreciación promedio

t : Efecto sobre los impuestos; relación de las ventas después de impuestos, sobre las ventas antes de impuestos.

Sensibilidad de la Rentabilidad a los Cambios en los Costos y Precio de Venta.- La sensibilidad de la rentabilidad respecto al precio de venta, se puede analizar en términos del cambio proporcional de la rentabilidad que resulte de un cambio en el precio. Si se supone que un cambio de precio unitario de "p<sub>0</sub>" a "p" no afecta el volumen de ventas, los costos de operación, porcentaje de impuestos, ni la inversión, se tiene:

$$\frac{R}{R_0} = \left( \frac{S(p-c)t}{D} \right) / \left( \frac{S(p_0-c)t}{D} \right) = \frac{p-c}{p_0-c} \quad (9)$$

y separando la relación de cambios de precio,

$$\frac{R}{R_0} = \frac{p}{p_0} \left( \frac{p_0/c}{p_0/c-1} \right) - \left( \frac{1}{p_0/c-1} \right) \quad (10)$$

De la ecuación [10], se ve que la sensibilidad con el cambio de precio en estas condiciones simplificadas, depende solamente de la relación "precio/costo" antes del cambio. Si se tiene la relación inicial (precio/costo) = 2.0, un aumento de 20% en el precio aumentará la rentabilidad 1.40 veces. Si se toma la relación (precio/costo) = 1.30, la sensibilidad al precio es mucho mayor y el mismo cambio de 20% en el precio aumentará la rentabilidad 1.865 veces.

La diferencia del efecto entre cambios porcentuales similares entre precio y costo es de interés particular. Por ejemplo, con una relación (precio/costo) = 2,0, un aumento de 10% en el precio aumentará la rentabilidad en 1,20 veces. Por otra parte una disminución de 10% en los costos aumentará la rentabilidad en 1.10 veces solamente. Un estudio más detenido de las ecuaciones (8) y (10) mostrará que para que una operación se haga con utilidades, la rentabilidad siempre será más sensible a un porcentaje dado en el precio, que el mismo cambio porcentual aplicado al costo. Téngase presente, sin embargo, que un cambio absoluto en el precio, de \$ 10,00 tendrá el mismo efecto que una reducción en los costos de \$ 10.00. Desde luego un aumento de precio, generalmente hace que el producto sea más difícil de vender.

Aunque las ecuaciones no tienen en cuenta los efectos del tiempo, muestra en líneas generales las reacciones de los cambios en precio y costo sobre la rentabilidad. También muestra la reacción producida por las condiciones de "precio-costo" en una compañía o una industria, muestra en forma particularmente dramática la condición de prosperidad o "hambre" en industrias con una relación "precio-costo" cercana a 1.0, donde un cambio porcentual pequeño en el precio o en el costo puede duplicar la rentabilidad o anularla totalmente.

Sensibilidad de la Rentabilidad a los cambios en el Volumen de Ventas.- La ecuación (8) también se puede usar para determinar la sensibilidad a los cambios en las ventas, segregando los costos fijos y variables.

$$R = \frac{S(p-C_v) - C \cdot t}{D} \quad (11)$$

donde:

$C_v$  : Costo unitario variable de venta

$C$  : Costo total fijo de operación

Entonces, si las ventas cambian de  $S_0$  a  $S$ ,

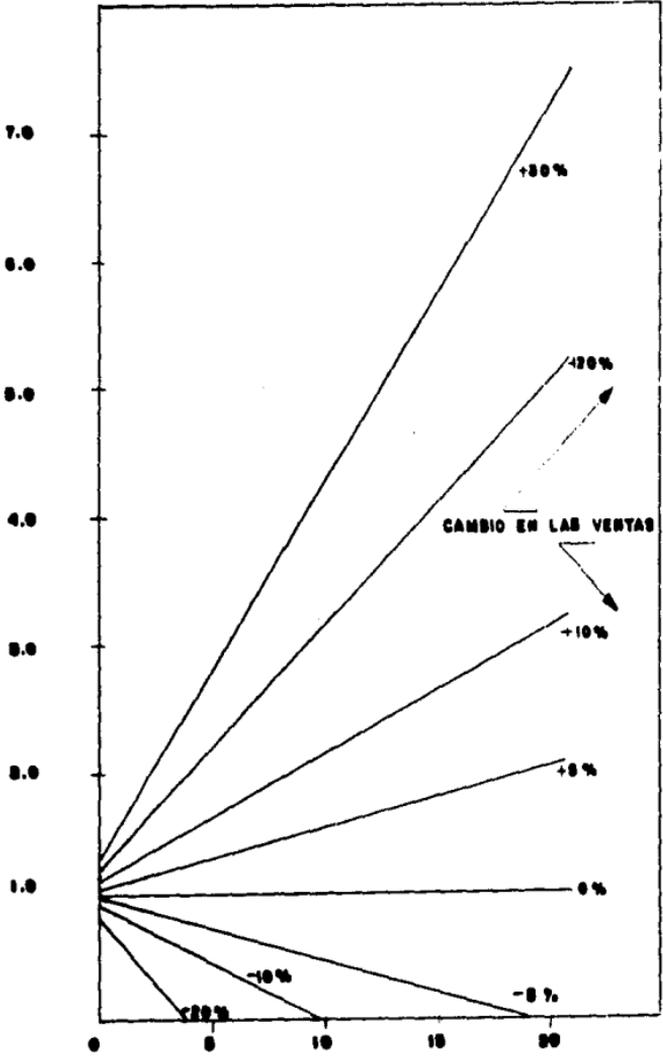
$$\frac{R}{R_0} = \frac{S(p-C_v) - c \cdot t}{D} \frac{S_0(p-C_v) - C \cdot t}{D} = \frac{S}{S_0} \left( 1 + \frac{C}{S_0(p-C_v) - c} \right) - \left( \frac{C}{S_0(p-C_v) - c} \right)$$

haciendo  $f = \frac{C}{S_0(p-C_v) - C}$  se tiene:

$$\frac{R}{R_0} = \frac{S}{S_0} (1 + f) - f \quad (12)$$

De la ecuación (12) se puede establecer que la sensibilidad con respecto al volumen de ventas, depende de la relación de costos fijos a los ingresos netos antes de impuestos, respecto al cambio de ventas. Esta relación muestra cambios muy profundos en la rentabilidad producidos por cambios en el volumen de ventas para instalaciones que tienen altos costos fijos de operación en proporción a sus ingresos. Fig. 17

$\frac{R}{C} = \frac{\text{RENTABILIDAD CON CAMBIO - VENTAS}}{\text{RENTABILIDAD CON BASE VENTAS}}$



$f = \frac{\text{COSTOS FIJOS}}{\text{INGRESO NETO ANTES IMPUESTOS}}$  AL NIVEL INICIAL DE VENTAS S.

FIG. 17.-SENSIBILIDAD AL NIVEL DE VENTAS

Sensibilidad de la Rentabilidad respecto a los Cambios en la Inversión.- Para analizar el efecto que la inversión tiene sobre la rentabilidad, se deben segregarse los costos fijos, en aquellos que realmente son fijos y los que pueden cambiar si se modifica la inversión.

$$R = \frac{S(p-C_v) - [O + kD + (2D/n)]}{D} \quad (13)$$

Donde:

O : Costos fijos de operación no relacionados con la inversión.

(2 D/n) : Depreciación anual, considerada a costo fijo, con "n" años de vida del proyecto y "D", depreciación promedio.

KD : Otros costos fijos relacionados directamente con la inversión, como impuestos prediales, seguros mantenimiento fijo.

Si se tiene:

$$i = \frac{S(p-C_v) - O}{D_o [k + (2/n)]}$$

esto es, valor de las ventas, menos los costos no relacionados con las ventas divididos entre los costos relacionados con la inversión:

$$\frac{R}{R_o} = \frac{D}{D_o} \left( \frac{i}{i-1} \right) - \left( \frac{1}{i-1} \right) \quad (14)$$

La ecuación (14) muestra la gran sensibilidad de la rentabilidad respecto a la sobre-inversión (overruns) o ahorros (underruns) en industrias o proyectos con cargos de inversión elevados, en proporción a sus márgenes entre los ingresos por ventas y los costos de operación no relacionados con la inversión.

Análisis Detallado de la Sensibilidad.- Las ecuaciones desarrolladas proporcionan una base para juzgar la naturaleza económica de los proyectos en general. De hecho, cuando se conocen  $i$ ,  $p/c$  y "f" para un proyecto determinado, se puede estimar rápidamente el efecto que producirán sobre la rentabilidad los cambios en precio, costo, volumen de ventas e inversión. El método se puede usar también cambiando más de un elemento a la vez, es decir, bajar el volumen e incrementar el precio de ventas.

En proyectos importantes, es necesario analizar la rentabilidad con más detalle, evitando las simplificaciones, en especial el factor tiempo, que sirviera como base a las ecuaciones anteriores. Con el uso de computadores, se pueden determinar fácilmente cuales son los parámetros económicos que tienen mayor influencia en la rentabilidad. Esta influencia en la rentabilidad depende no

solamente de la magnitud relativa de los parámetros y sus interrelaciones, sino también en su relación con el tiempo.

Variaciones en la Vida Económica.- Como ilustración tómesese un proyecto cuyas características económicas son las de la Tabla XXV, La Fig. 18, muestra los efectos de la variación de la rentabilidad respecto a la vida útil del proyecto, cuando los otros parámetros se mantienen constantes. Las curvas dependiente positiva muestran un incremento en la rentabilidad, cuando se hace mayor la vida económica (el lapso en el cual el proyecto es productivo). En este caso se supone que los volúmenes de ventas y los precios permanecen constantes en toda la vida útil del proyecto.

Las curvas muestran, por ejemplo, que si el proyecto tiene una vida económica de siete años, la rentabilidad sería del 19% cuando la inversión sea de 1'000,000 UM. Si la planta continúa operando con los mismos costos y ventas por quince años, la rentabilidad será de 25%. Si por otro lado, la operación se termina en cuatro años, la rentabilidad será solamente de 5%.

Variación del Costo del Capital.- La Fig. 18 muestra la rentabilidad para un ahorro (underrum) de 10%, para sobre-costos (overun) de 10% y 20%. Estos aumentos o disminuciones en el gasto del capital, se supone que tiene lugar solamente por los cambios de eficiencia en las compras y la construcción, por lo tanto, no existe ese efecto debido a cambios en los costos de mantenimiento y operación.

Se puede notar que las rentabilidades indicadas por el diagrama, son más favorables que las encontradas en la práctica. Esto ocurre porque en el caso base, se supone que la planta arrancará produciendo al 100% de capacidad desde el primer día de operación, una condición que se busca con fervor pero que prácticamente no se presenta.

El área achurada en la parte inferior de la Fig. 18 muestra los cambios en la rentabilidad producidos por los cambios en la vida económica, por los sobre-costos y los ahorros que se han graficado de las diferencias entre las curvas individuales en la parte superior de la gráfica.

Los datos de la Fig. 18 se pueden comparar con los resultados obtenidos, por ejemplo, si el costo del capital se corta 10%, la Fig. 18 muestra que la rentabilidad para una vida útil de 10 años aumentará del 23.5% al 26%, con una  $R/R_0=1.10$ .

Variaciones en el Capital de Trabajo.- El caso básico supone un capital de trabajo de 10% del costo de la planta. Suponiendo que se puede operar la planta sin capital de trabajo, la Fig. 19 muestra que para una vida razonablemente larga, se puede obtener una mejoría en la rentabilidad del 2%. Si en cambio se necesita un capital de trabajo de 50%, la rentabilidad en este último caso no es favorable y se reduce en 6% ó 7%. El efecto es menos marcado cuando la vida útil es menor. En caso de una vida útil muy

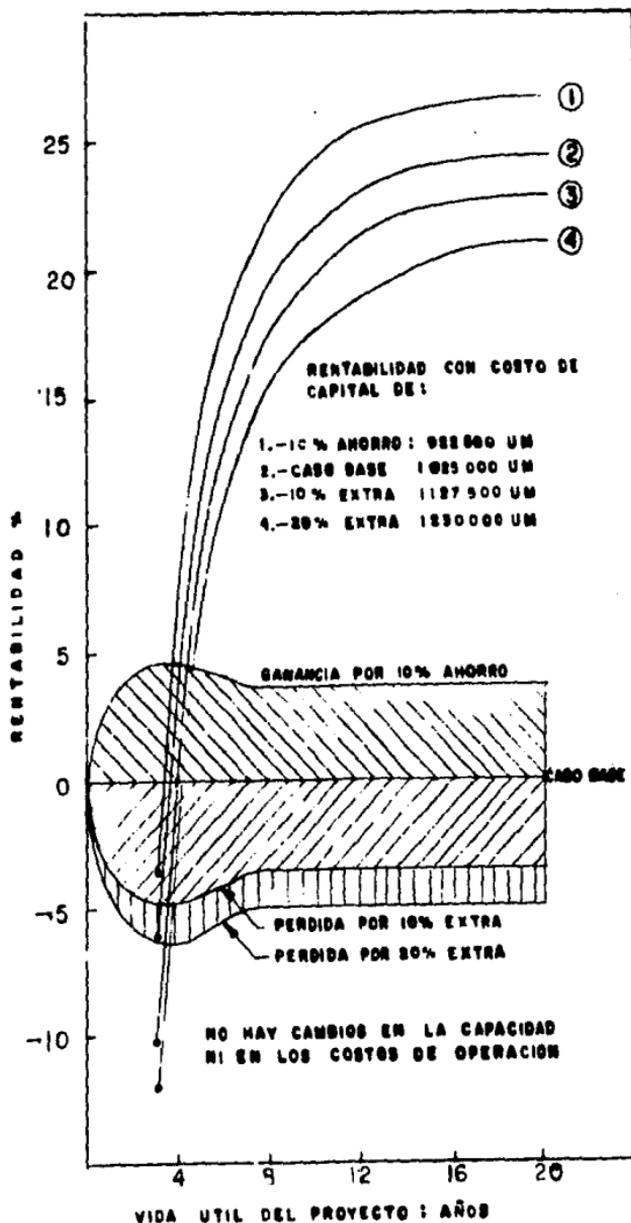


FIG. 18. — SENSIBILIDAD AL COSTO DE CAPITAL

TABLA XXV.- CARACTERISTICAS ECONOMICAS; CASO BASE

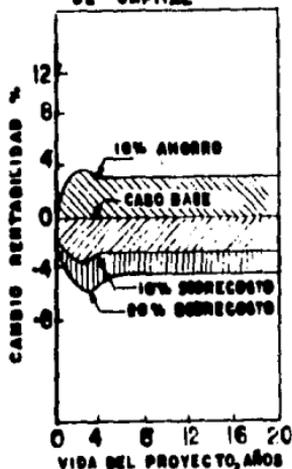
## Partidas relacionadas con el Capital:

Costo de Capital de la planta	1,000,000	U M
Capital de trabajo 10%	100,000	U M
Credito fiscal sobre equipo de producción	0	
Tiempo de construcción	6	MeSES
Interés durante la construcción	10	%
Periodo de arranque	0	
Gastos de arranque	0	
Salvamento solo en capital de trabajo totalmente recuperable	100,000	U M

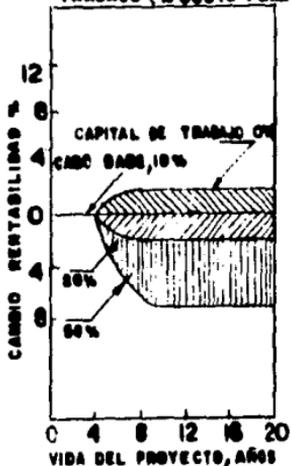
## Partidas relacionadas con los ingresos:

Ventas, uniformes a 100% de capacidad	1,000,000	Unidades/año
Precio neto de ventas	1.0	U M
Costo fijo de producción para la planta	250,000	U M
Costo variable de producción por unidad	0.25	U M/Unidad
Vida útil para fines de depreciación	10	Años
Método de depreciación	Línea recta	
Proporción depreciada del Costo de Capital	100	%
Impuestos	52	%
Vida económica total	0 a 20	Años

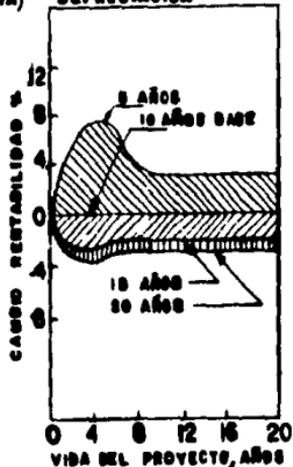
VARIACION DEL COSTO DE CAPITAL



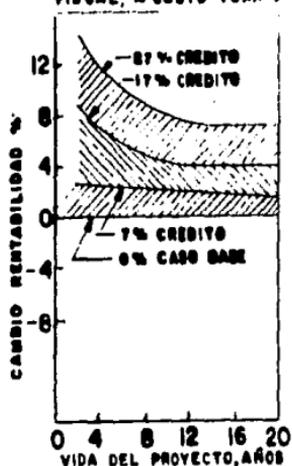
VARIACION CAPITAL DE TRABAJO (% COSTO PLANTA)



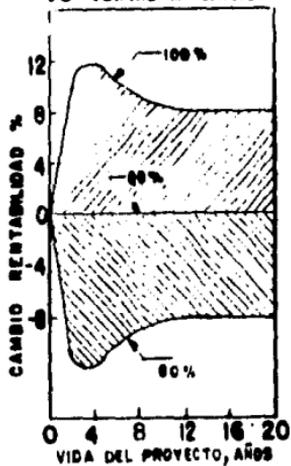
VARIACION TIEMPO DE DEPRECIACION



VARIACION DEL CREDITO FISCAL, % COSTO PLANTA



VARIACION DEL VOLUMEN DE VENTAS % CAPAC.



VARIACION EN EL DESARROLLO DE VENTAS

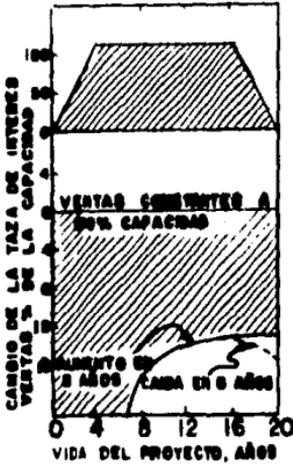


FIG. 19.-PARAMETROS DE RENTABILIDAD

corta el efecto es en sentido contrario. La rentabilidad en este último caso no es favorable, pero se mejora suponiendo una recuperación de 100% del capital de trabajo, en contraste con las grandes pérdidas del capital fijo, invertido en la planta, cuando se suspende la operación después de un corto tiempo en operación.

Variación en el Volumen de Ventas.- Esta sección del diagrama muestra el efecto dramático que sobre la rentabilidad provoca la variación en las ventas. Se ha usado como base 8'000,000 unidades. Si la planta es capaz de trabajar a plena capacidad, hay un aumento del 8% en la rentabilidad y una reducción del 9% si la planta se obliga a trabajar a 600,000 unidades. De acuerdo con la gráfica de sensibilidad en las ventas Fig. 18, "f" para 800,000 unidades vale 1.40, por lo que un aumento a plena capacidad  $R/R_0=1.6$ , que se compara con  $R/R_0=1.5$ , para una vida útil de 10 años, calculado por el método indicado.

Variación con el tiempo de depreciación. La vida depreciable de la planta es determinada por el gobierno de acuerdo con el tipo de industria. Normalmente una compañía puede ejercer una influencia substancial en subir o bajar el promedio de años de depreciación de sus activos. Reduciendo la depreciación de diez años o cinco años, se puede obtener un incremento en la rentabilidad de 2% a 3%, cuando la vida útil de la planta es entre diez años o veinte. Si la vida útil es menor, la rentabilidad mejora aún más, cuando el período de depreciación se hace de diez a quince años, la rentabilidad disminuye en 2% aproximadamente. Si la depreciación se amplía de quince a veinte años, la rentabilidad disminuye 1% más, es decir será 3% menor aproximadamente.

Desde el punto de vista práctico, la "vida" usada para los cálculos de depreciación tiene poca relación con la vida económica. Esta última para un proyecto determinado, se puede extender por medio de mejoras en operación, falta de competencia, o disminuir en forma abrupta por obsolescencia o cambios en el mercado. El período de depreciación se puede establecer para obtener la situación más favorable para sus intereses dentro de la legislación vigente, considerando los reportes financieros publicados, ya que esto afectará cualquier nuevo financiamiento, de ser necesario, y lo mismo puede decirse de la reputación de la administración de la compañía.

Si se supone que en los primeros cinco años se operará con una capacidad de 500,000 unidades aproximadamente y se incrementará a 1'000,000 unidades a partir del sexto año y continuar así hasta el final del vigésimo año. Una situación de este tipo se puede efectuar de dos formas, construyendo desde el principio una planta para 1'000,000 unidades en un solo paso, construyendo una planta para el 50% de la capacidad final y agregando el balance en el quinto año. Suponiendo que la ampliación de la planta costara 10% más que si se construyera la planta al 100%.

En estas condiciones el programa muestra una mejora sustancial de la rentabilidad, comparado con la planta grande, especialmente si la planta tiene una vida económica de cinco años, cuando la planta grande tiene 50% de su capacidad ociosa. Después del décimo año el programa en dos pasos tienen una ventaja continuada de 9% sobre el programa en un solo paso.

Variación del Crédito Fiscal.- Una de las situaciones más significativas en el cómputo de la rentabilidad es el efecto de los incentivos fiscales que otorga el Gobierno para promover las inversiones. Para el caso base, un crédito de 7% resulta en una mejora de aproximadamente 2% en la rentabilidad, que es, prácticamente, dependiente de la vida útil del proyecto.

Las otras dos curvas muestran el efecto de los créditos fiscales cuando se produce el retiro forzoso de alguna instalación que tiene un alto valor en libros pero que está operando a baja rentabilidad o aún a pérdidas debido a obsolescencia. En general estas instalaciones se pueden retirar como pérdidas con un crédito fiscal de 48% del valor en libros. Créditos fiscales de este tipo se puede traducir en beneficios monetarios substanciales que se pueden usar en el pago de impuestos. Desde luego, si la instalación fuera a continuar operando. Desde luego, si la instalación fuera a continuar trabajando, se podría obtener un crédito por la misma cantidad por medio de la depreciación anual, pero la ventaja aquí es que la compañía puede ahorrar el interés si es que se obtiene dinero prestado. Que representan sumas considerables en la actualidad debido a las altas tasas de interés vigente.

Variación en el Desarrollo de las Ventas.- Esta sección del diagrama compara la rentabilidad de una planta que tiene un gráfico de ventas que va desde 0% al arrancar al 100% de capacidad al finalizar el quinto año, con una planta idéntica que puede arrancar al 100% de capacidad desde el primer día. No es necesario decir que un desarrollo lento en las ventas causará una disminución substancial de la rentabilidad.

Este diagrama muestra también el efecto de una disminución en las ventas durante los últimos cinco años de vida del proyecto. Este efecto no es de mucha significación ya que la ecuación (8) pone poco énfasis sobre los ingresos esperados en los últimos años.

Variación en otros Parámetros.- Se puede estudiar cualquier otro parámetro de interés en la ecuación de rentabilidad, como ejemplo, el tiempo de ejecución del proyecto, etc. La importancia relativa de cada uno, depende del momento en particular, su posición en la ecuación y el tamaño relativo de los otros factores. En el caso de un proyecto en particular, los primeros tanteos indica-

rán cuales términos son los más significativos. A estas partidas - se les dará, por supuesto, mayor consideración con respecto a otras partidas con una menor importancia relativa.

## CAPITULO VII

## CONCLUSIONES

En las páginas anteriores se ha desarrollado un sistema organizado que permite administrar y controlar eficientemente los proyectos de inversión que se realizan en la industria de proceso. Por ser de importancia vital en el desarrollo de los proyectos que se llevan a cabo en este sector de la industria, el énfasis se hace en las actividades de control en cada una de las fases por las que atravieza.

Al resumir todo lo anterior se tiene que:

- 1.- Por ser la tecnología uno de los elementos más importantes en el desarrollo de un proyecto, se ha creído conveniente incluir unos breves comentarios sobre la Ley de Invencciones y Marcas, el Registro de transferencia de Tecnología y la Explotación de Patentes y Marcas. El objetivo es proporcionar un marco de referencia sobre los diferentes aspectos que se deben tener presentes al negociar la compra de tecnología y know-how.
- 2.- Se describen también brevemente, los elementos de Organización de una compañía de proceso típica, situando en ella los departamentos técnicos que hacen posible el desarrollo, administración y control de los proyectos de ingeniería. Se hace hincapié en las actividades que realiza el Gerente de Proyecto y su importancia en el buen desempeño del trabajo.
- 3.- Desde luego, el objeto principal de la tesis es la implantación de un sistema que utilizando técnicas bien es tablecidas permitan una evolución ordenada de las diferentes partes del proyecto desde su inicio hasta la operación inicial de la planta, que incluye las siguientes fases:
  - Investigación y desarrollo
  - Definición del proyecto
  - Decisión económica
  - Ingeniería 

}	básica
}	detallada
  - Compras
  - Construcción
  - Arranque y operación inicial
- 4.- El concepto que se ha discutido consiste en administrar y controlar adecuadamente las cualidades de;

- Costo del proyecto
  - Tiempo de ejecución
  - Rentabilidad del proyecto
- 5.- En el cuerpo de la tesis se describen las etapas que recorre un proyecto y las cualidades clave que se deben medir y controlar en cada una de las fases; con estos elementos se ha desarrollado una Matriz de Control. En cada una de las casillas de la Matriz, se necesita un elemento de control, es decir, se desarrolla un método que permita medir en forma satisfactoria el desempeño de cada una de las cualidades que participan en esa etapa del proyecto y compararla con un valor estimado en la etapa de planeación del proyecto. Cuando se presenta una desviación de magnitud significativa, se ejecuta la corrección adecuada.
  - 6.- El costo, el tiempo y la rentabilidad forman un sistema dinámico interrelacionado que se retroalimenta continuamente. De acuerdo a este sistema, la rentabilidad que el proyecto es capaz de generar, se verá reducida si, por ejemplo, se incrementa el costo de las instalaciones. Del mismo modo, cuando el proyecto se ejecuta lentamente, la fecha de arranque se difiere, aumentándose por período no productivo del proyecto, con lo que se reduce también la rentabilidad, ya que se propicia una entrada tardía al mercado y se tienen que soportar las cargas financieras por más tiempo, las que actualmente son sumamente pesadas como consecuencia de las altas tasas de interés, debidas al serio proceso inflacionario que sufre la economía a escala mundial.
  - 7.- También se ha mencionado que los mecanismos de control para las cualidades de costo, tiempo y rentabilidad operan en forma dinámica y concurrente, que para hacerlas operables se requiere de sistemas y procedimientos adecuados y que trabajen dentro de una organización desarrollada específicamente para el proyecto.
  - 8.- Durante todo el trayecto de la tesis, se hace énfasis en que la cualidad esencial a controlar es la rentabilidad, que se presenta como una medida del valor del proyecto, es decir, de su "deseabilidad" relativa a otros proyectos que se someten a concurso. Como se dijo anteriormente, cualquier desviación significativa en el costo y avance del proyecto con respecto a lo planeado, afectará en gran medida la rentabilidad final.
  - 9.- La rentabilidad también se puede alterar durante el curso del proyecto por causas internas y externas que cambian sus ingresos potenciales, los costos de operación,

características del proyecto y otros riesgos inherentes. Por lo anterior se recomienda hacer un estudio de sensibilidad que incluya todos los elementos que entran en juego.

- 10.- Uno de los objetivos básicos de la tesis es el de proporcionar la mayor cantidad de información de índole práctica, obtenida de proyectos realizados en México, con personal y firmas de ingeniería nacionales y que por lo tanto, representan la realidad en que se llevan a cabo los proyectos en nuestro medio.
- 11.- En el transcurso de las páginas precedentes se han ido describiendo también, métodos y procedimientos que nos permiten el manejo y la conservación de toda la información, relevante, generada en un proyecto, dado que ésta es la única forma confiable de obtener los datos estadísticos que, debidamente manejados, serán la base para la preparación de las estimaciones en trabajos futuros. Lo anterior es de particular importancia en un país como el nuestro, en que prácticamente no existen fuentes de información estadística confiables y adecuadas a este tipo de trabajos. Si además se tiene en cuenta la situación de inflación que se sufre en la actualidad y el notable incremento en la actividad del Sector de Construcción; el valor de un archivo bien organizado y puesto siempre al día aumenta considerablemente.
- 12.- Aunque la aportación sea modesta, uno de los propósitos más importantes del trabajo es el de estimular el intercambio de ideas entre los colegas que, de una u otra forma, se encuentran ligados al desarrollo de Proyectos de Ingeniería y Construcción, con el objeto de desarrollar, en la medida de lo posible, una metodología que se adecúe a las características sui-generis de nuestro mercado.

## CAPITULO VIII

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Project Engineering of Process Plants  
H.F. Rase And M.H. Barrow  
Sixth Printing, 1967  
John Wiley and Sons, Inc. New York, N.Y.
- 2.- Chemical Engineering Plant Design  
F.C. Vilbrandt and C.E. Dryden  
Fourth Edition, 1959  
Mc Graw-Hill Co. Inc., New York, N.Y.
- 3.- Process Engineering Economics  
H.W. Scheweyer  
Mc Graw-Hill Co, Inc. 1955, New-York, N.Y.
- 4.- Chemical Engineering Economics  
Ch. Tyler & C.H. Winter  
Fourth Edition, 1959  
Mc Graw-Hill Co, Inc, New York, N.Y.
- 5.- Plant Design and Economics for Chemical Engineers  
M.S. Peters and K.D. Timmerhaus  
Third Edition, 1981  
Mc Graw-Hill Co, Inc. New York, N.Y.
- 6.- Preliminary Chemical Engineering Plant Design  
W.D. Baasel  
First Edition 1977  
- Elsevier New York, Oxford & Amsterdam
- 7.- Technique Economic et Gestion Industrielle  
J. Le Sourne  
Deuxieme Edition, 1963  
Dunod et Cie, Paris.
- 8.- Introduction to Engineering Economy  
R.M. Woods and E.P. Degarmo  
Second Edition 1963  
The Mcmillan Co. New York, N.Y.
- 9.- Principles of Engineering Economy  
E.L. Grant  
Second Edition 1941  
The Ronald Press, Co, New York, N.Y.
- 10.- Statistical Methods Applied to Economics and Business  
F.C. Mills  
Sixth Edition, 1958  
Henry Hold and Co, New York, N.Y.

- 11.- Statistical Forecasting for Inventory Control  
R.G. Brown  
First Edition, 1959  
Mc Graw-Hill Book Co, Inc. New York, N.Y.
- 12.- Introduction to Design  
M. Asimow  
First Edition, 1968  
Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- 13.- Introducción a la Ingeniería de Proyectos  
M.A. Corzo  
Primera Edición, 1975  
Limusa, México, D.F.
- 14.- Administración de Empresas de Edificación  
C. Suárez Salazar  
Segunda Edición, 1978  
Limusa México, D.F.
- 15.- Cash-Flow, Origen y Aplicación de Fondos  
P. Rivero Torre  
Cuarta Edición, 1980  
Limusa, México.
- 16.- Costo y Tiempo en Edificación  
C. Suarez Salazar  
Tercera Edición, 1978  
Limusa México, D.F.
- 17.- Management of Engineering Projects  
V.G. Hajek  
Second edition, 1977  
McGraw-Hill Book Co, New York, N.Y.
- 18.- Project Management  
Ch. C. Martin  
First Edition, 1976  
AMA COM. New York, N.Y.
- 19.- Business and Economic Forecasting  
M.H. Spencer, C.G. Clark and P.W. Hoguet  
First Edition, 1961  
Richard D. Irwin, Inc.  
Homewood, III.
- 20.- Managerial Economics  
M.H. Spencer  
Third Edition, 1968  
Richard D. Irwin, Inc.  
Homewood, III.

- 21.- The management of Capital Expenditures  
R.G. Murdick and D.P. Dewing  
First Edition, 1968  
McGraw-Hill Book Co. New York, N.Y.
- 22.- The Capital Budgeting Decision  
H. Bierman and S. Smidh  
Third Edition, 1978  
The Mac Millan Company. New York, N.Y.
- 23.- Capital Budgeting  
J. Dean  
Seventh printing, 1964  
Columbia University Press. New York, N.Y.
- 24.- Beyond Management by Objectives  
J.D. Batten  
First Edition, 1966  
American Management Association, Inc.
- 25.- Construction Cost Control  
American Society of Civil Engineers  
Second Printing, June 1955.
- 26.- Applied Project Management for the Process Industries  
E.E. Ludwig  
First Edition, 1974  
Gulf Publishing Co. Houston, Tex.
- 27.- Project Management  
V.W. Uhl, F. Sanderson, R.G. Widman and W. Cosinuke  
First Edition, 1972  
American Insitute of Chemical Engineers, New York, N.Y.
- 28.- Project Management  
S.R. Hed, 1976
- 29.- Practical Accounting for General Contractors  
H.D. Grant  
First Edittion, 1922  
Mc Graw-Hill Book Co. New York, N.Y.
- 30.- Contracts in Engineering  
J.I. Tucker  
Second Edition, 1922  
Mc Graw Hill Book Company, New York, N.Y.
- 32.- Assesing Projects  
Imperial Chemical Industries LTD, Staff  
First Edition, 1970  
Methuen and Co, Ltd, London, Eng.

33. - Métodos Modernos de Programación y Control  
M. Rodríguez C.  
Primera Edición, 1962, México, D.F.
34. - Critical Path Technique  
Catalytic Construction Co. Staff, 1971.  
New York, N.Y.
35. - CPM in Construction Management  
J.J. O'Brien  
First Edition, 1965  
Mc Graw-Hill Book Co. New York, N.Y.
36. - Introduction to PERT  
H.F. Evarts  
Fourth Printing, 1967  
Allyn and Bacon, Inc. Boston, Mass.
37. - Financial Analysis of Investment Alternatives  
R.R. Mayer  
First Edition, 1966  
Allyn and Bacon, Inc. Boston, Mass.
38. - Effective Maintenance Management  
E.T. Newbrough  
First Edition, 1967  
Mc Graw-Hill Book Co. New York, N.Y.
39. - Formulación y Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Industriales  
H. Soto R., E. Espejel y H.F. Martínez  
Primera Edición, 1975  
México, D.F.
40. - El Presupuesto en el Control de las Empresas  
W. Rautenstrauch, E.R. Villers  
Segunda Edición, 1962  
Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
41. - Cycles, The Science of Prediction  
R. Dewey and W.F. Dakin  
First Edition, 1947  
Henry Holt and Co. New York,
42. - Les Graphiques  
R. Satet et Ch. Yoraz  
Nouvieme Edition, 1956  
Editions de L'Enterprise Moderne, Paris.
43. - Gantt on Management  
A.W. Rathe  
First Edition, 1963.  
American Management Association, New York, N.Y.

- 44.- Financial Management  
R.W. Johnson  
Second Edition, 1962  
Allyn and Bacon, Inc. Boston, Mass.
- 45.- Les Problemes de la Correlation et de L'Elasticité  
V.Rouquet la Garrigue  
Premier Edition, 1953  
Centre de Documentación Universitaria, Paris, France.
- 46.- L'Econometrie  
J.Tinbergen  
Premier Edition, 1954  
Librerie Armand Colin, Paris, France.
- 47.- Economía de las Empresas Industriales  
W. Rautenstrauch y R. Villers,  
Primera Edición, 1953  
Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- 48.- The Calculus of Observations  
E. T. Whittaker and G. Robinson  
Second Edition, 1937  
Blackie and Son, Ltd, London, Eng,
- 49.- Como Proyectar una Empresa Industrial  
W. Rautenstrauch  
Primera Edición, 1957  
Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- 50.- Successful Managerial Control by Ratio Analysis  
S.A. Tucker  
First Edition, 1961  
Mc Graw-Hill Book Co, New York, N.Y.
- 51.- Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry  
H.C. Bauman. 1964  
Reinhold Publishing Corp. New York, N.Y.
- 52.- Applied Statistics for Engineers  
W. Volk, 1958  
Mc.Graw-Hill Book Co. New York, N.Y.
- 53.- Materials Handling  
J.R. Immer, 1971.  
McGraw-Hill Book Co. New York, N.Y.
- 54.- Administracion Industrial  
M. Anzures, 1954  
Edit M. Anzures México, D.F.

- 55.- The Management of Capital Expenditures  
R.G. Murdick and D.D. Deming, 1968  
McGraw-Hill Book Co. New York, N.Y.
- 56.- Systems and Procedures  
V.M. Lazaro, 1967  
Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- 57.- Work Sampling  
R.M. Barnes, 1957  
John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y.
- 58.- Motion & Time Study  
R.M. Barnes, 1957  
John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y.
- 59.- El Factor Humano en la Actividad Económica  
Cesar de Madariaga, 1953  
Aguilar, S.A. de Ediciones, Madrid
- 60.- Cronocinergología  
Angel Caso, 1960  
Aguilar, S.A. de Ediciones México, D.F.
- 61.- Organization For Plant Design  
R.L. Miller  
Chem. Eng. July, 1956, P. 185-88
- 62.- Engineering Assistance to Research and Development  
W.S. Gilfoil And L.E. Rasmussen  
Ind & Eng. Chem. Sept. 1958, P. 62 A - 64 A
- 63.- Factor Affecting the Cost of Engineering  
E. Roy Sweet  
Ind. & Eng. Chem. Sept. 1959, P. 989-990
- 64.- How to Manage an Engineering Project  
J.F. McGarry  
Petr. Ref. Oct. 1959, P. 149-158
- 65.- Project Management  
Petr. Ref. Feb. 1961, P. 93-111
- 66.- Dealing with an Outside Designer  
S.B. Hetting  
Chemical Eng. June 25, 1962. P. 103-104
- 67.- Eighth Tips Toward a Better Plant  
J.P. Wiseman  
Chem. Eng. June 25, 1962 P. 105-106

- 68.- Managing Engineering Projects  
J.M. Mc Clellan  
Chem. Eng, May 13, 1963. P. 157-172
- 69.- How to Pick a Project Engineer  
R.W. Peterson  
Hydr. Proc & Petr, Ref, Oct. 1963. P. 181-83
- 70.- Profile of a Profitable Project  
H.K. Eckert & C.A. Cain  
Chem. Eng, Prog. March. 1964. P, 181-92
- 71.- Communications Between Maintenance, Design and Production  
J.W. Tracht  
Chem. Eng. April 27, 1964 P. 174-178
- 72.- La Capacitación del Ing. Químico en la Elaboración de -  
Proyectos Industriales.  
H. Lara Sosa, F. Manzanilla, J. Mendoza F, etc.  
Rev. IMIQ, Junio 1964 P. 22-24
- 73.- A Project Checklist of Safety Hazards  
S.B. Hettig  
Chem. Eng. Dec, 1966 P. 102-104
- 74.- Los Sistemas de Comunicación en la Realización de un -  
Proyecto Industrial  
R. Díaz García  
Rev. IMIQ. Julio 1969 P, 23-27
- 75.- How Much Working Capital will the New Project Need?  
T.B. Lyda  
Chem. Eng. Sept. 18, 1972, P. 182-188
- 76.- Guidelines for Successful Project Management  
E. Jenett  
Chem. Eng. July 9, P. 70-81
- 77.- How to Achieve Effective project Control  
R.A. King.  
Chem. Eng. July 4, 1977, P. 117-121
- 78.- Data Management on Engineering/Construction Projects  
C.L. Waligara and R.L. Motard  
CEP, Dec. 1977. P. 62-70
- 79.- Use a Matrix for Project Plans  
R.L. Kimmons  
Hydr. Proc.

Feb. 1978, P.177-80; April, 1979, p.245-252  
May, 1979, P.307-80; July, 1979, p.255-257  
Sept, 1979, P.301-310; January, 1981, P.232-237

80. - Get More Control Over Any Project with Bar Charts  
C.W. Lowe  
Chem. Eng, July 14, 1980, P. 139-142
81. - Rapid Estimation of Plant Costs  
J.T. Gallagher  
Chem. Eng, Dec. 18, 1967, P. 89-96
82. - More Accurate Plant Cost Estimates  
N.G. Bach  
Chem. Eng. Sept. 22, 1958. P. 156-158
83. - Use Capital Ratio to Catch Errors in Estimates  
L. Lynn and R.F. Howland  
Chem, Eng. Feb. 8, 1960. p. 131
84. - Predict Costs Reliably via Regression Analysis  
N.E. Mascio  
Chem. Eng. Feb. 12, 1979, P. 115-121
85. - Índice de Costos de Construcción en México, D.F.  
Revista Mexicana de la Construcción  
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción  
Nov. 1973
86. - Pump and Compressor Costs,  
CE Cost File No. 57 Oct. 2, 1961, P. 128-130
87. - Simplified Technique for Estimating Centrifugal Process  
Pump Costs.  
T.J. Sniffen and E.J. Serven  
Chem, Eng, Nov. 26, 1962, P. 146-150
88. - New Cost data for Centrifugal Pumps  
F.S. Chapman and P.A. Holland  
Chem. Eng, July 18, 1966, P. 200-202

- 89.- Evaluación Analítica de Proyectos de Inversión  
Fernández N, René  
Seminario 16 Oct; a 11 Dic. 1978  
Universidad del Valle de México Sn. Angel, D.F.
- 90.- Vaitzos V. Constantino  
Jefe del Depto. de Política Tecnológica  
Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú  
Comunicación Personal 11 de Dic. 1975.
- 91.- Política en Materia de Transferencia de Tecnología  
BUTRON S., J. A.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Conferencias Agosto 21 a 24, 1978  
Cartago, Costa Rica C, A.
- 92.- Desagregación del Paquete Tecnológico  
BUTRON S., J. A.  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Conferencias Agosto 21 a 24, 1978  
Cartago, Costa Rica, C, A.
- 93.- Fundamentos de la Política Sobre Comercialización de  
Tecnología en los Países del Pacto Andino  
Vaitzos V. Constantino  
Acuerdo de Cartagena 4 de Feb. 1972  
Lima, Perú.
- 94.- Transferencia de Tecnología  
Myrdal G. y otros  
El Cid Editor, 1977  
Caracas, Ven.
- 95.- Ley del Impuesto Sobre la Renta  
Secretaría de Hacienda y Crédito Público  
México, D. F. 1981.
- 96.- Marketing de los Productos Industriales  
Wilson Ambrey  
Editorial Blume  
Barcelona Esp, 1968.
- 97.- Problemática Típica de la Mediana Empresa Tradicional  
Martínez Holgado., J. L.  
Cours de Direction CIPPT  
Turín, Italia 1970.
- 98.- La Planification a long Terme  
Cours de Direction CIPPT  
Turín, Italia 1970.

- 99.- The Management Gap en A World Context  
Haeni, Paul M.  
Cours de Direction CIPPT  
Turin, Italia 1970
- 100.- The Product and the Mar ket  
Rogowski E.  
Cours de Direction CIPPT  
Turin, Italia 1970.
- 101.- Tecnica E Pratica delle Ricerche di Mercato  
Tagliacarne G.  
Ariel Editori, Spa.  
Roma, Italia, 1962
- 102.- Analysis of Decisions  
Howard R.A.  
Inst. de Investigaciones Eléctricas, CFE  
México, D.F. 1976
- 103.- Planning and Developing the Company  
Organization Structure  
Dale Ernest  
American Management Association  
New York , 1959