

15



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGON

EVALUACION DE PROYECTOS

300293

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ISIDRO JUAN HERNANDEZ ESCALONA

DIRECTOR DE TESIS:
ING. RICARDO RODRIGUEZ CORDERO

MEXICO, 2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| EVALUACION DE PROYECTOS | Pag |
| Indice | I |
| Agradecimientos y dedicatorias | II |
| Introducción | III |
| CAPITULO I | |
| DECISIONES DE EVALUACION EN INGENIERIA | |
| 1.1 Ingeniería objetivos y tecnología | 1 |
| 1.2 Eficiencia, técnica y optimización económica | 10 |
| 1.3 Aspectos asociados a las decisiones humanas y sociales | 12 |
| 1.4 Diferentes clases de decisiones en la evaluación de proyectos | 15 |
| 1.5 Técnicas y estrategias de decisiones en la evaluación de proyectos | 21 |
| CAPITULO II | |
| METODOS DE EVALUACION DE PROYECTOS | |
| 2.1 Relación entre diferentes proyectos | 23 |
| 2.2 Contabilidad de costos | 26 |
| 2.3 Clasificación de costos | 28 |
| 2.4 Costos para planeación y control | 31 |
| 2.5 Diferencia entre la contabilidad y el análisis económico | 34 |
| 2.6 Costo de ingeniería y construcción | 36 |
| 2.7 Costo de operación | 39 |
| 2.8 Ingresos de operación | 42 |
| CAPITULO III | |
| EVALUACION DE PROYECTOS MEDIANTE LA TASA DE RENDIMIENTO INTERNO | |
| 3.1 Evaluación de proyectos mediante valor presente | 43 |
| 3.2 Análisis de alternativas mediante horizontes económicos | 43 |
| 3.3 Análisis de alternativas mediante incrementos de flujo | 58 |
| 3.4 Saldos y diagramas de un proyecto | 60 |
| 3.5 Flujo de efectivo acumulado | 63 |
| 3.6 Evaluación de flujos mediante valor presente y valor futuro | 66 |
| 3.7 Criterios de selección para el valor presente | 69 |
| 3.8 Aplicación del valor presente en evaluación de proyecto | 70 |

CAPITULO IV (EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS)

| | |
|---|----|
| 4.1 Análisis económico en proyectos | 73 |
| 4.2 Calculo de recuperación de una inversión | 86 |
| 4.3 Análisis de flujo efectivo acumulado | 88 |
| 4.4 Análisis de flujo de efectivo acumulado | 91 |
| 4.5 Análisis de rentabilidad de un proyecto | 93 |
| 4.6 Factores de variaciones técnicas comerciales | 95 |
| 4.7 Uso de la computadora en el análisis de un proyecto | 96 |

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA EN PROYECTOS DE REEMPLAZO

| | |
|---|-----|
| 5.1 Importancia de los proyectos de reemplazo | 98 |
| 5.2 Equipo de reemplazo | 99 |
| 5.3 Factores de reemplazo | 99 |
| 5.4 Estudios de vida económica | 101 |
| 5.5 Determinación de la vida económica | 103 |
| 5.6 Decisiones de reemplazo | 107 |
| 5.7 Alcance de costos en efectivo con ayuda del CPM | 112 |
| 5.8 Variación de los costos de oportunidad | 116 |

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE PROYECTOS PÚBLICOS

| | |
|---|-----|
| 6.1 Importancia de la inversion publica | 123 |
| 6.2 Evaluación de proyecto mediante la relación costo beneficio | 126 |
| 6.3 Fronteras en los sistemas públicos | 128 |
| 6.4 Análisis beneficio costo en un proyecto | 130 |
| 6.5 Diferencia entre costos sociales y privados | 133 |
| 6.6 Normatividad para la selección de proyectos públicos | 135 |
| 6.7 Precio sombra en un proyecto | 136 |
| 6.8 Criterio para valuar la utilidad de un proyecto | 140 |
| 6.9 Medición de resultados de una evaluación | 144 |
| 6.10 Métodos para la evaluación de proyectos públicos | 146 |

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

| | |
|---------------------|-----|
| Conclusiones | 149 |
| Comentarios finales | 150 |
| Bibliografía | 151 |

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

POR DARMEME FE EN LO QUE PARECIA MUY DIFÍCIL DE REALIZAR Y MANTENER EN MI LA ESPERANZA Y CONFIANZA PARA PODER REALIZAR Y CUMPLIR LA META QUE ANHELABA AL INICIAR LA CARRERA EN LA UNIVERSIDAD.

A MIS PADRES

POR LA EDUCACIÓN QUE DESDE ENSEÑARON DESDE PEQUEÑO. ASÍ COMO EL APOYO ECONÓMICO MORAL QUE ME BRINDARON. AUNQUE UNO DE ELLOS NO ESTE PRESENTE FÍSICAMENTE PERO SI ETERNAMENTE EN MI EN ESPECIAL PARA ELLOS QUE LO MERECEN LES DEDICO ESTA TESIS.

A MIS HERMANOS

POR UN APOYO SINCERO Y SIN CONDICIONES. POR LA UNIÓN FAMILIAR QUE SIEMPRE NOS HA CARACTERIZADO.

AL INGENIERO DIRECTOR.

POR BRINDAR EL APOYO INTELECTUAL EN LA EJECUCIÓN Y ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO. POR COMPARTIR SU EXPERIENCIA COMO INGENIERO Y PROFESOR.

A MI UNIVERSIDAD.

POR DARMEME LA OPORTUNIDAD DE EJERCERME COMO PROFESIONAL. LA ENSEÑANZA QUE ME BRINDO CADA AÑO DE LA CARRERA.

INTRODUCCION

La ingeniería como profesión solo encuentra razón de ser en la satisfacción de las necesidades humanas. Por tanto, en las decisiones que día a día debe tomar el ingeniero influyen no solo las decisiones factores no solo de carácter técnico, sino también económico y humanos. La excelencia de las obras de ingeniería se estiman tomando como base tanto su eficiencia técnica, como su eficiencia económica. Las decisiones estratégicas de inversión en nuevos equipos e instalaciones son muy importantes y requieren de herramientas especiales de análisis, las cuales constituyen el objeto de este tema.

Cuando un ingeniero trata de evaluar proyectos de construcción para una empresa privada o dependencia gubernamental, o por su propia cuenta, por lo general necesita asesoría de otro ingeniero, de algún libro, ya que la rama de la ingeniería civil abarca desde lo más sencillos, hablemos de una limpieza de terreno hasta grandes construcciones de edificios, puentes, puertos, túneles etc. Por esto se comenta en esta tesis como evaluar un proyecto económicamente.

Es por ello que en esta tesis se hace énfasis en modelos de diferentes proyectos que abarcan la rama de la construcción pero basándose en el aspecto económico, criterios como beneficio en un periodo exclusivo. Con incrementos que puede mantenerse en la etapa de construcción, estados de pérdidas y ganancias por eso es importante establecer que en estos seis temas se comprendan desde la forma de evaluación, características, tipos de decisiones hasta la determinación y operación de un proyecto.

La importancia de la evaluación de proyectos es poder decidir que tan conveniente es realizar un proyecto con respecto a otro, sin tomar en cuenta que lo más económico es la mejor si no a través de análisis, métodos tanto en privados como públicos y ver su funcionalidad con respecto al tiempo.

Se toma en cuenta en evaluación de proyectos ya existentes se puede analizar un reemplazo para mejorar su funcionalidad y mantenimiento.

Otro aspecto importante es la toma de decisiones en la evaluación de proyectos públicos que se basa en la relación su costo beneficio es decir, de donde se extraen los recursos y evaluar si los beneficios son percibidos socialmente.

En esta tesis se toma muy en cuenta que es de carácter introductorio, es decir, no supone conocimientos previos en la materia si no nada más la base matemática del (Álgebra, cálculo diferencial e integral), proporcionada por el estudio de ingeniería.

CAPITULO I

DECISIONES DE EVALUACION EN INGENIERIA

1.1 INGENIERIA, OBJETIVOS Y TECNOLOGIA

INGENIERIA

La mayor parte de las cosas que rodean al hombre y de las cuales se sirve, que no forman parte del ambiente natural, son obras de ingeniería civil

El ingeniero ha diseñado y construido caminos, presas, edificios, fábricas, plantas industriales, aeropuertos, puertos y toda la infraestructura de una ciudad

Estas obras han permitido que la sociedad integre un amplio sistema de producción que han facilitado la vida moderna de la sociedad, además puede afirmarse que la ingeniería está íntimamente ligado al progreso de la civilización y a los procesos de cambio, cada vez más rápidos del medio social y económico

OBJETIVO DE INGENIERIA

Se concluye que el objetivo primordial de la ingeniería es crear sistemas capaces de proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas.

La ingeniería como profesión solo encuentra su razón de ser en la satisfacción de necesidades humanas, por consiguiente, la excelencia de las obras de ingeniería deberán juzgarse por su contribución al bienestar humano.

Puesto que los sistemas objeto de la ingeniería deben construirse en armonía con el medio físico y aprovechando los recursos que el mismo provee han sido antecedentes necesarios para el desarrollo de la ingeniería entre otros los siguientes:

- El conocimiento e investigación de las leyes que gobiernan el mundo físico (ciencia pura)
- La ciencia aplicada, es decir el conjunto de investigaciones y conocimientos derivados de la ciencia pura orientados a la solución de problemas que plantea la producción satisfactoria.
- El conocimiento empírico de medios y formas de hacer las cosas, no derivado de la experimentación científica que en conjunto con la ciencia aplicada, constituye la tecnología.

Resumiendo, la base sobre la cual se desarrolla la ingeniería la constituyen la ciencia y la tecnología tiene como objetivo final satisfacer las necesidades humanas teniendo relación con otras disciplinas del saber humano.

TECNOLOGIA

Cuando el ingeniero realiza sus actividades, se enfrenta a decisiones que debe tomar en función de la tecnología y la economía; por lo que es preciso que las soluciones tomadas sean correctas, económicas y aceptables.

Para tomar estas decisiones se necesitan medir las consecuencias de dichas alternativas y aplicar un criterio económico combinado, esto depende de las condiciones de mercado y de otros aspectos que se mencionarán más adelante

Por lo anteriormente mencionado se puede afirmar que la ingeniería trasciende a la tecnología ya que debe prestar atención al principio general de la economía y optimización del uso de los recursos que se dispone, en un tiempo, lugar y un contexto social determinado

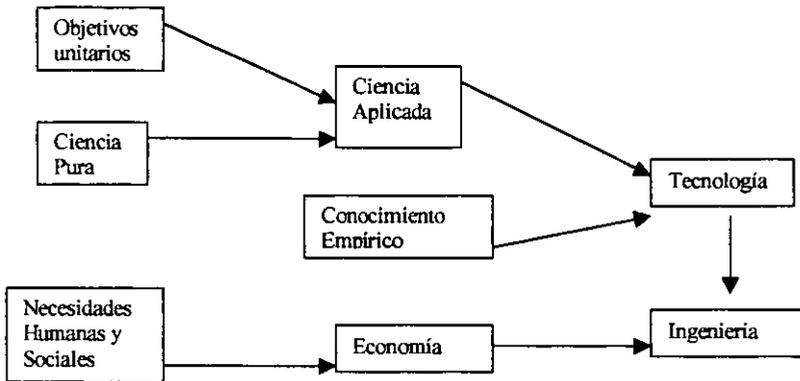


Figura 1.1

La economía destaca su importancia en esta tesis, debido a su relación con otras ciencias (figura 1.1), ya que existe una gran cantidad de sistemas que son técnicamente factibles, pero que no encuentran justificación económica.

Para ilustrarlo tenemos el siguiente ejemplo:

Se han desarrollado diversos procesos para la conversión del agua salada del mar en agua dulce, los cuales no han prosperado debido a que resultan económicamente elevados en presupuesto y de no encontrar amplia aplicación.

PROYECTO

Puesto que esta función es tema de todos los capítulos posteriores, digamos ahora que consiste en emplear una metodología racional para encontrar una solución detallada a algunas necesidades establecidas en un estudio inicial.

La palabra proyecto ha adquirido muchos significados a través de la evolución constante de la ingeniería. Es una palabra que se aplica, a veces sin propiedad, a numerosas actividades. Por eso existen muchas opciones de lo que es un proyecto o cual es la actividad de proyectar. Así vemos que una persona que tiene una idea que piensa desarrollar en el futuro dice “ que tiene un proyecto en mente”

En ingeniería se dice que un proyecto es el conjunto de cálculos, especificaciones, dibujos, modelos que sirven para construir un aparato o un sistema. Esta es una definición igualmente válida. Sin embargo el concepto de ingeniería de proyectos debe ser más amplio y debe igualmente describir la esencia misma de esta actividad.

LA INGENIERIA DE PROYECTOS

Un proyecto es una actividad cíclica y única para tomar decisiones, en la que el conocimiento de las bases de la ciencia de ingeniería, la habilidad matemática y la experiencia se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan las necesidades humanas.

El proyecto también es una actividad única puesto que los criterios, los cálculos y las especificaciones que sirven de base para obtener un sistema o un mecanismo, no se utilizarán en su forma original para otro proyecto.

Un ejemplo, se ve en la construcción de un puente que se realiza para cruzar un río o un barranco. El proceso que se sigue para la construcción del puente se llama proyecto. Un segundo puente que se construye, inclusive a poca distancia del primero, será un nuevo proyecto, pues las condiciones del suelo, la longitud del puente, y otras restricciones semejantes no podrán ser idénticas a las que rigieron la construcción del primero figura 1.2.

A veces se usan las palabras proyecto y diseño indistintamente. Esta es una práctica que convendría rechazar, puesto que la actividad de diseño es solo una fase del conjunto de actividades que forma el proyecto.

Existen dos tipos de proyectos que se utilizan en el ejercicio profesional, uno es el proyecto por innovación figura 1.3 y el otro por evolución.



Fig. 1.2 aspectos de algunas obras de ingeniería



Fig. 1.3 proyecto por innovación

El proyecto por evolución, es una actividad que predominaba anteriormente, pues no existía la gran demanda tecnológica de la actualidad. Una vez que se establecía dicho sistema, este evolucionaba poco a poco y se introducían mejoras hasta alcanzar el nivel más deseado en un momento específico.

Durante mucho tiempo la construcción de las casas y edificios se efectuó por evolución. Los primeros moradores de la tierra se resguardaron en cuevas y cavernas, posteriormente albergues, con paja y adobe, después, roca cortada, hasta llegar al concreto armado y la tecnología actual.

El proyecto por innovación requiere una mayor disciplina mental. Es por lo tanto una actividad que se encuentra más dentro de nuestras definiciones anteriores de la ingeniería, el proyecto por innovación tiene su origen en las actividades de los ingenieros, mediante un estudio previo de las necesidades del mercado, pero no basado exclusivamente en ellas.

Proyectar es un proceso complejo que al ingeniero novel le parece una barrera invisible en muchos casos. Sin embargo, este proceso puede metodizarse y dividirse en diversas actividades y en distintas etapas para lograr una solución mejor.

Las características básicas del proyecto son las siguientes:

- Identificación de las necesidades existentes.
- Acumulación de la información pertinente.
- Formulación de las soluciones posibles.
- Análisis de estas soluciones.
- Valuación física y económica de las soluciones.
- Optimización de las soluciones.
- Valuación en el campo

IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES EXISTENTES

Este es el primer elemento de un proyecto, y quizá el más importante cuantificar estas necesidades por que la ingeniería esta sometida a un criterio económico y una falsa identificación puede traer consigo soluciones que no satisfagan las necesidades reales del consumidor provocando algún fracaso económico.

ACUMULACION DE LA INFORMACION PERTINENTE

La información acumulada permitirá desarrollar válidamente un proyecto, siempre y cuando esta información sea útil. Esta etapa puede padecer tediosa y a veces difícil de llevar a cabo por la aparente falta de información.

FORMULACION DE SOLUCIONES POSIBLES

La tendencia a proporcionar una solución única a un problema determinado es, por lo general, muy fuerte. Esta tendencia, sin embargo, debe evitarse, puesto que al iniciar un proyecto, el ingeniero no se encuentra en posición de valorar todos los criterios que la rigen. Mediante la formulación de múltiples soluciones se podrá alcanzar un nivel más elevado y más satisfactorio de un proyecto.

VALUACION FISICA Y ECONOMICA DE LAS SOLUCIONES

A veces se ha dicho que cualquier proyecto se puede realizar si existe bastante dinero y bastante tiempo para efectuarlo. Este no es un caso común, si no por el contrario, siempre hay limitaciones de tiempo y de dinero. Por eso las soluciones deben valorarse desde el punto de vista de su realización física, es decir, si es posible construir el sistema con los materiales existentes y si, además, tiene justificación desde el punto de vista económico.

Aquí conviene preguntarse si la inversión que se piensa hacer en un sistema determinado rendirá beneficios económicos y como se puede financiar esa inversión.

OPTIMIZACION DE LAS SOLUCIONES

Las técnicas modernas de optimización son muy numerosas. Conviene, por lo tanto utilizar estas herramientas de la ingeniería para solucionar los problemas, con este fin se conceptúa un modelo matemático que representa los parámetros más importante de cada sistema y ese modelo se optimiza basándose en ciertos criterios para estar así en la posibilidad de escoger una solución.

DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA

Una vez que se obtiene una solución optimizada se puede proceder a elaborar el diseño detallado, que consta del trazado de los planos correspondientes y la enumeración del conjunto de especificaciones necesarias para la realización del sistema.

Conjuntamente con esta etapa, se hace un estudio económico más detallado de la solución, especificando todas las erogaciones necesarias para la construcción o la producción del proyecto, analizando cuidadosamente el plan de financiamiento y asignando el tiempo y el dinero necesario para la buena administración del proyecto.

VALUACION EN EL CAMPO

Una vez obtenido el sistema físico o prototipo, es necesario efectuar la valuación bajo condiciones reales, con el fin de identificar las ventajas y las fallas de su comportamiento. Ningún proyecto puede presentarse de modo ideal, debido a las limitaciones del tiempo, dinero, y las limitaciones impuestas por condiciones especiales, por lo que esta valuación es muy necesaria para acumular los datos que servirán como base práctica para la elaboración de futuros proyectos.

ADMINISTRACION DE UN PROYECTO

La administración existe a diversos niveles que traen responsabilidades y obligaciones acordes a éstos. El ciclo administrativo consta de cinco elementos:

1. Establecer las metas deseadas.
2. Desarrollas los planes de acción para lograr dichas metas.
3. Determinar los horarios y las erogaciones de cada paso
4. Controlar y valorar el progreso.
5. Tomar una decisión y actuar de la manera apropiada para poder implementarla.

Para poder administrar efectivamente un proyecto existen distintas herramientas que se encuentran al alcance del ingeniero. Algunas son obvias como: hacer una lista de lo que se piensa y ver si en efecto se esta llevando a cabo, otras son aparentemente más complejas, pero están basadas en una metodología que permite organizar de una manera concisa cualquier proyecto y llevar a cabo los cinco pasos enumerados anteriormente.

Dos de estas técnicas han tenido mucho éxito en la industria. Se conoce como ruta critica y PERT. Estos dos métodos se emplean con frecuencia en los proyectos medianos y en la totalidad de los proyectos mayores.

A veces se piensa que el proyecto más económico en costos de dinero es el más económico bajo cualquier concepto. Esto no es siempre cierto. El valor del tiempo es también grande, en efecto. si un proyecto está parado por una situación que implica que este proyecto durará un mes más de lo previsto, la maquinaria o los operarios que se utilizan no estarán produciendo y estos costos son tan reales como la cantidad de dinero que se paga de multa o que se recibe de utilidad extra si el proyecto termina antes o después de la fecha especificada en el contrato. La comparación de costos y de tiempo es muy valiosa en cualquier proyecto.

VALUACION FISICA

El ingeniero tiene un conjunto de soluciones que pueden o no ser viables. La primera valuación que se debe de hacer es la valuación física. Que consiste en examinar las probabilidades de que cada una de las soluciones posibles pueda realizarse físicamente. Para esto puede tomar en cuenta el estado actual de la tecnología y considerar, entre otros los siguientes aspectos:

¿ Es posible su realización desde el punto de vista estructural?

¿ Existen los materiales necesarios para construir la solución?

Si no existen ¿se puede crear o fabricar?

El volumen del proyecto, si parece de dimensiones poco usuales, ¿esta dentro de los límites aceptables?

Hay alguna limitación de carácter físico que impida la realización.

Esto permite determinar cuál o cuales de todas las soluciones posibles pueden realizarse físicamente. Si ninguna de ellas puede realizarse, será necesario regresar a la generación de soluciones y proponer nuevos conceptos. Por esto habíamos dicho en la definición de un proyecto, que esta es una actividad cíclica. La iteración constante permite valorar el avance del proyecto y verificar si la solución propuesta es válida.

VALUACION ECONOMICA

Al conjunto de soluciones físicamente realizables aplicamos una valuación económica. Esto puede parecer un tanto difícil a este nivel y muy amplio para hacer aplicado a cada uno de las soluciones

posibles, pero es posible hacer un análisis económico de orden de magnitud que nos permita comparar las distintas soluciones y determinar si su costo esta dentro de las limitaciones establecidas en las necesidades inicialmente detectadas y en la definición del problema.

Aquellas soluciones realizables físicamente y económicamente válidas pasan a ser valoradas desde el punto de vista financiero, las que no sean económicamente válidas se rechazan y no se analizan más.

VALUACION FINANCIERA

Las soluciones se examinan para determinar si existen medios adecuados de financiamiento para la creación del proyecto, teniendo un análisis económico de los costos de las distintas soluciones y, tomando en cuenta los recursos que es necesario asignar para implantación o producción, se buscan las fuentes apropiados de financiamiento. Entre estas se pueden nombrar a:

- Cientes previamente establecidos
- Industria del ramo
- Dependencia gubernamentales
- Organismos internacionales
- Financieras
- Bancos
- Inversionistas privados
- Instituciones de investigación
- Bolsa de valores

Aquellas soluciones que son validas desde el punto de vista financiero pasan a ser el conjunto de soluciones viables que son el inicio de la segunda etapa del ciclo primario del proyecto.

Si se da el caso de que ninguna solución posible se transforme en solución viable, será necesario regresar a aquellos pasos en que detectaran las fallas e incluir las modificaciones necesarias para poder obtener un conjunto de soluciones viables. Antes de pasar al proyecto preliminar, daremos algunos ejemplos relativos al estudio de viabilidad.

Un ingeniero es un profesional, que hace cosas, que establece proyectos para su creación, que elabora planos para su realización. Es evidente que todo esto no puede lograrse sin contar con un elemento muy importante: el dinero.

Tanto en las grandes industrias como en las pequeñas, es más estimado el ingeniero que, además de los conocimientos tecnológicos de su profesión, como mecánica, hidráulica, potencia o alguna otra rama, tiene conocimientos de administración. Un sencillo análisis de los salarios que perciben los ingenieros que desempeñan actividades administrativas contra los salarios de los ingenieros que se dedican exclusivamente a la técnica, nos señala que aquellos reciben una remuneración más elevada que estos. La razón es simple, los dueños de una empresa están interesados en obtener un beneficio máximo, razonable, de acuerdo con las circunstancias y los objetos de la empresa; pero desean obtener un beneficio. El ingeniero que puede determinar el costo de producción de algún proyecto o que conoce la forma de obtener financiamiento o que puede elaborar un estudio económico de un proyecto es, desde luego, el que mejores oportunidades tendrá de ver su actividad creadora realizada.

De ahí que el estudio de los aspectos económicos ligados a la ingeniería de proyectos sea una parte importante de esta actividad.

Hemos establecido anteriormente la necesidad de tomar decisiones en la ingeniería. Algunas veces las decisiones son de carácter tecnológico. Otras veces son de carácter económico.

En primer lugar decidir que es lo que hay que hacer, cómo hacerlo y cuando. En segundo lugar administrar a las personas y a los grupos dentro de la empresa que llevarán a cabo estas decisiones.

¿Cuál debe de ser el objetivo económico de la empresa?

¿Que es lo que se persigue, desde el punto de vista económico, en el proyecto?

¿Que tipo de equipo es necesario adquirir?

¿Cuánto debe invertirse en un proyecto de investigación?

Decimos que los dueños de una empresa están interesados en obtener el máximo beneficio a lo que invierten de ahí la importancia de evaluar el proyecto de lo que fuese, posteriormente hacer la comparación de costo benéfico y tomar la decisión de invertir o cancelar su iniciativa e intentar en otra.

COSTOS

La estimación o determinación previa de costos, específicamente de los costos de realización o manufactura, es un aspecto esencial de un estudio económico.

Los costos establecidos, por ejemplo, en informes financieros relativos a proyectos similares ya ejecutados, pueden no ser los más adecuados para la toma de decisiones en la ingeniería de proyectos, puesto que el tipo de costos adecuado para un objetivo puede variar tomando en consideración lo que el proyecto persigue. Es decir, que los distintos tipos de estimaciones y de conceptos de costos son adecuados para distintas decisiones administrativas. Además, para nuestro propósito, estamos más interesados en los costos futuros, puesto que en un proyecto estamos desarrollando un concepto nuevo y diferente. Sin embargo, debemos reconocer que los datos contables de experiencias semejantes (tenidas en el pasado) constituyen un elemento útil para estimar los costos futuros. Finalmente, los datos contables deben ser complementados, con frecuencia, por datos estadísticos de la economía, de ingeniería y de un análisis profundo para obtener una información básica que nos ayude a calcular los costos futuros.

Para expresar el costo estimado de un proyecto dado, así como para medir el impacto económico que su desarrollo podría tener en la empresa en conjunto, conviene ayudarse de los métodos seguidos por la contabilidad en su función de medir los resultados de las operaciones consumadas.

Podemos obtener una idea clara acerca de los elementos más importantes que intervienen en el cálculo de los costos, si examináramos el documento contable que se prepara precisamente para detallar como los costos, comparados con los ingresos y productos, relativos todos a las operaciones de una entidad, se traducen finalmente en un beneficio o en un quebranto, expresados desde el punto de vista económico en unidades monetarias.

Ese documento contable se denomina generalmente "ESTADO DE RESULTADO" o "ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS" y su preparación busca mostrar el resultado (beneficio o quebranto) de una empresa, durante un determinado periodo de su vida, o de su operación, que por regla general es de un año, aunque puede referirse a un periodo mejor o bien a un concepto específico de la operación, independientemente de la duración de este.

El beneficio neto o final, designado usualmente con el termino "utilidad neta" es el resultado de comparar la utilidad bruta con los gastos de operación, y el impuesto a las utilidades; la utilidad bruta resulta de comparar los ingresos del negocio, con sus costos directamente atribuibles o desembolsados en relación directa con la generación de dichos ingresos

CONSTRUCCION

Mediante esta función el ingeniero combina los resultados obtenidos en las etapas anteriores para ensamblar, armar o producir los sistemas a los aparatos deseados. Esto se hace por medio de la administración de los recursos económicos, de materiales, equipo y mano de obra necesarias para obtener el producto acabado. Esto puede ser por ejemplo, una torre de una línea, de transmisión o un edificio de varios pisos etc.

1.2 EFICIENCIA TECNICA Y OPTIMIZACION ECONOMICA

EFICIENCIA TECNICA

La excelencia de las obras de ingeniería no se estima solo en relación con la eficiencia técnica de los sistemas que crea, si no también con base en su eficiencia económica, expresada en función de los costos incurridos y de los beneficios alcanzados.

Es tarea fundamental del ingeniero combinar recursos, herramientas de producción capaces de generar productos nuevos y útiles, o productos a un costo menor.

Cuando el ingeniero se fija como objetivo la eficiencia técnica, se plantea preguntas como las siguientes: ¿puede hacerse un diseño mejor del producto? ¿Puede darse un servicio más rápido o más cómodo? ¿Puede diseñarse un producto más ligero compacto o versátil?, Todo esto con el fin de obtener la mejor eficiencia de un proyecto.

En general en todo proyecto el objetivo primordial es obtener eficiencia técnica en relación:

$$\text{Eficiencia técnicas} = \frac{\text{Cantidad y calidad del producto o servicio}}{\text{Necesidades físicas y psicológicas del usuario}}$$

Donde el numerador es representativo de la perfección técnica del sistema que produce. El denominador significa que dicha perfección técnica se debe evaluar en relación con las necesidades del usuario.

La eficiencia técnica se puede aumentar mejorando el numerador en relación con el denominador. Debe tenerse presente que con frecuencia, un producto nuevo o mejorado estimula y hace crecer las necesidades de los usuarios, cambiando el patrón de la eficiencia técnica.

OPTIMIZACIÓN ECONOMICA

Por otra parte, cuando la meta es la optimización económica se plantea de otro tipo de preguntas como: ¿puede lograrse lo mismo a menor costo? ¿Puede incrementarse los ingresos o beneficios económicos sin incrementarse los costos? ¿Puede realizarse el mismo proyecto a un costo reducido?

En general, cuando se busca obtener optimización económica, es impredecible optimizar la relación:

$$\text{Optimización económica} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Costo}}$$

En efecto a mayor eficiencia técnica significa mayor utilidad o valor para el usuario. Introducir el valor costo en el denominador del quebrado implica que para lograr eficiencia económica, los aumentos de eficiencia técnica deben obtenerse mediante un aumento proporcionalmente menor de los costos respectivos o, todavía mejor si fuera posible, sin que aumenten dichos costos.

Por lo que respecta a estos últimos es necesario tener en cuenta que la administración en el consumo de algún recurso no siempre significa un costo menor; en muchos casos dicha disminución sólo se logra aumentando el consumo de otros recursos. Por ejemplo se puede utilizar menos mano de obra a cambio de más y mejores máquinas; o se puede lograr menor consumo de un material a cambio de mayor consumo de otros; o se puede escoger un consumo presente menor de capital (menores costos de fabricación o construcción) a cambio de aumentar el consumo futuro (mayores costos del mantenimiento o reposición más frecuente).

PROCESO DE OPTIMIZACION ECONOMICA

Una de las palabras que más han sido adoptadas en la ingeniería moderna es el término optimización. Su significado ha variado mucho en los últimos años y la palabra se ha aplicado a una gran variedad de situaciones. Existen en un uso corriente términos como:

- Optimización de recursos
- Optimización de inversiones

- Optimización de tiempo
- Optimización de un sistema
- Optimización de un recurso

Para definir adecuadamente esta palabra dentro del contexto de la ingeniería de proyectos, debemos usar otro termino: criterio. El criterio es un patrón contra el cual se miden distintas alternativas. Así optimizar implica encontrar la solución más adecuada, de acuerdo con cierto criterio, para el mejor funcionamiento posible de un sistema. No podemos hablar de un proyecto óptimo de una presa sin pensar en el costo y el tiempo necesario para construirla. Por lo general, siempre encontraremos en la ingeniería de proyectos situaciones en las que tendremos que sopesar dos o más factores y seleccionar aquel que se considere importante. Por ejemplo:

- ♦ La estructura más resistente con el peso más reducido.
- ♦ La mayor superficie de construcción con el costo más barato posible.
- ♦ La vía de comunicación más rápida con el menor tiempo de construcción.

De lo anterior se infiere que los recursos escasos pueden combinarse de muchas maneras para lograr un objetivo dado. El denominador del quebrado optimización económica es distinto, en general, para cada uno de las posibles combinaciones de recursos. En consecuencia, la optimización económica sólo se puede alcanzar considerando diferentes alternativas viables desde el punto de vista técnico y evaluando la optimización económica de cada una de ellas respecto a las demás.

El análisis de dichas alternativas conduce a una decisión económica: la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista de su optimización económica.

La mejor alternativa es aquella en que los recursos escasos se aprovechan en forma óptima, esto es, produciendo la máxima utilidad para el usuario en relación con el costo de dichos recursos.

Esta búsqueda constante de aumentar un factor y disminuir simultáneamente el otro es el aspecto más difícil y que pone a prueba la capacidad del ingeniero con mayor frecuencia.

1.3 ASPECTOS ASOCIADOS A LAS DECISIONES HUMANAS Y SOCIALES.

Muchas organizaciones llevan a cabo trabajos de mantenimiento y construcción con su propio personal y equipo regular de trabajo, operando sobre un presupuesto financiero anual; además algunas de estas organizaciones pueden prorratar parte de su trabajo con un contrato. Cuando es posible, procuran emplear con regularidad a su personal de planta y equipo normal (que de preferencia debe permanecer estable), de manera que se lleve a cabo eficientemente un máximo de trabajo al año, dentro del presupuesto anual fijado. Algunos ejemplos de estas organizaciones incluyen a los servicios de utilidad pública, los consejos locales gubernamentales, ciertos departamentos de gobierno y algunas grandes empresas

industriales. Todos ellos obtendrían considerables beneficios al planear sus programas de trabajo anual

Los procedimientos de planeación se basan en los principios ya discutidos. Primero, se preparan los presupuestos detallados de costo directo para todos los trabajos, poniendo atención en el año siguiente y en el subsecuente futuro cercano; la lista de trabajos se dispone en un orden de preferencia para su construcción. Por lo general, la lista es más larga de lo que se puede hacer con los fondos disponibles, así, que es útil conocer, por lo menos, los trabajos más urgentes. Cuando los trabajos son de gran magnitud, deben ser sometidos, individualmente, a un análisis de red, para determinar sus duraciones y costos. Ya sea que esto se efectúe, o no, es esencial dar aproximaciones destiempo y costo para cada artículo de la lista de trabajos. En segundo lugar, deberá obtenerse la demanda de trabajadores y el programa de equipo para cada trabajo; cuando sea necesario en trabajos mayores, debe iniciarse una distribución de los recursos, para reducir al mínimo las fluctuaciones de sus requerimientos.

Los trabajos individuales se coordinan, entonces, en un diagrama de flechas combinado, ordenando primero los trabajos importantes urgente efectuando adaptaciones oportunas para asegurar la continuidad de la mano de obra y del empleo del equipo. Entonces se calculan y registran los tiempos y flotantes; si se desea, podrá trazarse una gráfica de barras CPM, para visualizar el problema en esta etapa. Durante el análisis de las redes de trabajo individuales, y en el diagrama de flechas combinado, debe efectuarse todo esfuerzo para mantener las operaciones en su estado normal. Si es necesario fallar alguna actividad, deberán obtenerse los costos adicionales, y sumarse a los datos de costo-tiempo, ya que por lo general, el presupuesto anual no es muy flexible. Al final de esta etapa se establecen los costos y los programas de equipo de los trabajos más grandes; se calculan los programas de equipo y trabajadores para las operaciones combinadas, y se tabulan los tiempos libres y los flotantes disponibles. Los trabajos menores se intercalan, entonces, en esos tiempos libres, o en los flotantes disponibles, completando así el programa del año, dentro del presupuesto.

Como un ejemplo simple de este método de planeación para un gasto fijo anual, considérese el consejo de un pequeño condado, cuyo equipo comprende, principalmente, dos motoconformadoras, un tractor, una pala de cucharón frontal y una pequeña planta de concreto transportable. Con esto se lleva a cabo el mantenimiento general y los trabajos de mejoras dentro de su zona, dejando bajo contrato todas las construcciones mayores (y los trabajos fuera de su capacidad). Sólo los vehículos de servicio operan y pertenecen al consejo, efectuando, cuando es necesario, los trabajos de transporte en general, por medio de camiones rentados. Los fondos anuales disponibles para los gastos de costos directos de los trabajos ascienden a 245,000 dólares.

La industria de la construcción tiene características que no se encuentran en otras industrias, primero, hay un extenso número de operaciones y procesos, desde una simple excavación hasta la construcción de una presa, desde el hincar pilotes hasta construir un edificio de muchos pisos, desde abrir un túnel, hasta la creación de un puente, desde el trabajo náutico hasta la pavimentación, etc., todos ellos requieren métodos de construcción, equipo y mano de obra diferentes. Segundo, el lugar de trabajo es siempre temporal y con frecuencia

apartada; la producción a plena capacidad, en cualquier sitio, puede durar tan solo unos meses, o cuando menos unos años. Tercero, la gerencia local muy rara vez tiene un control completo de la política a seguir, ni del aspecto financiero de la obra, además, nunca podrá ser autosuficiente. Finalmente, el personal de construcción esta dividido en dos grupos, los ejecutivos más o menos permanentes, y los operativos transitorios. Así, la organización del campo debe adaptarse a las distintas condiciones que varían del proyecto a proyecto, y debe ser lo bastante factible como para controlar adecuadamente los trabajos que se estén realizando, bajo la multiplicidad de estas condiciones. Aun más, la planeación y el presupuesto de los trabajos de construcción deben tomar en cuenta estas características.

Por lo tanto, los proyectos de construcción deberán estar cuidados sumamente planeados y estimados, en forma tal que puedan ser terminados satisfactoriamente en cuanto a calidad, tiempo y costo. La planeación ayuda a seleccionar el método de construcción más económico, determinando el equipo, ajustando las necesidades financieras y de mano de obra, fijando apropiadamente los pedidos y entregas de materiales, estableciendo la supervisión necesaria, definiendo la necesidad de solicitar subcontratista competente, en el tiempo adecuado para ella y llevando a cabo el trabajo dentro del costo previsto.

El propósito primordial del control de proyecto es revisar los procedimientos en curso y pronosticar las necesidades futuras del trabajo, con objeto de que éste sea terminado satisfactoriamente. Para trabajar eficazmente, debe de haber alguna forma de determinar soluciones rápidas y efectivas, a los problemas diarios, a fin de que los requisitos esenciales de las medidas de reparación sean iniciados con prontitud.

Por esto puede ser conveniente hacer de nuevo el presupuesto de la porción incompleta de los trabajos, y de revisar el costo tiempo, a la luz del costo que, en ese momento, tengan las operaciones, puede ser necesario volver a distribuir los recursos disponibles o adquirir otros; sin duda, será esencial revisar el resto completo del programa, con el fin de terminar el trabajo dentro del tiempo especificado y al menor costo posible. Al emplear los métodos como el de la ruta critica, pueden determinarse las revisiones lógicas necesarias para las nuevas situaciones. El método tradicional de acelerar todo el trabajo cuando no se cumplía con el programa, resulta obsoleto en la oficina de unos directos.

Entre más lógica y exacta sea la planeación, más fácil será ejecutar el trabajo de acuerdo con el programa. Sin embargo, una planeación detallada lleva tiempo y cuesta dinero. En consecuencias, la planeación de un proyecto en la etapa de concurso puede no proseguir lo suficiente, como para dar todos los detalles necesarios en el control del proyecto. Por esta razón, es esencial que antes de iniciar los trabajos en el lugar de la obra el programa para el proyecto sea revisado para obtener los detalles especiales.

Aunque este procedimiento de revisión es realmente la ultima fase de la planeación detallada, es también el primer paso hacia el control real del proyecto en el lugar de su realización, y debe llevarse a cabo cuidadosamente.

Sin embargo hay otro tipo de recursos de especial importancia, pero que no pueden ser controlados en la forma usual, directamente en el lugar, basándose únicamente en las consideraciones del avance de las actividades del proyecto. A estos se les conoce con el nombre de recursos restringidos. Un ejemplo es la cantidad del precio total del proyecto, que se presupuso para los pagos progresivos; otro es la cantidad de materiales que restan en las bodegas. Ambos pueden ser bitales y deben mantenerse bajo control; no obstante, debe quedar claro que, el recurso restringido, en financiamientos con pagos parciales progresivos, es la diferencia entre el importe real de los gastos de trabajo y el importe real de los ingresos ganados (y recibidos).

1.4 DIFERENTES CLASES DE DECISIONES EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

ASPECTOS DE LAS DECISIONES EN LA INGENIERIA

El aspecto económico de la ingeniería se relaciona, con la satisfacción de las necesidades humanas, las cuales se originan con frecuencia en factores psicológicos, emocionales, más que en procesos lógicos. Por eso es necesario aceptar la incertidumbre de las acciones y reacciones humanas como factor insofrible del análisis económico.

La eficiencia económica, implica la obtención de la máxima utilidad para el usuario, en relación con el costo. Debe reconocerse que la utilidad involucra aspectos psicológicos subjetivos tan importantes como los factores objetivos de eficiencia técnica. Un diseño de ingeniería que no considere los aspectos subjetivos económicos sería incompleto y quizás inútil.

ASPECTOS HUMANOS

Por otra parte, las obras de ingeniería son resultado del esfuerzo humano, el trabajo del hombre es sin duda el factor esencial en la producción de bienes y servicios, por lo cual su buen aprovechamiento es vital para la economía. La dirección y organización del trabajo humano es tarea básica de la administración de la empresa; por lo que existe relación entre ingeniería y administración, por lo general los proyectos de ingeniería involucran decisiones de tipo administrativo: contratación o desplazamiento de obreros, capacitación de operarios para nuevos procesos, creación de medidas de seguridad y muchas otras.

Concluyendo de lo anterior se puede decir que todo proyecto de ingeniería debe considerar las decisiones administrativas que implica y el probable impacto económico de dichas decisiones, tanto en utilidad y beneficios que derivan del mismo, como en el costo de operación y adquisición.

Los aspectos subjetivos de los problemas humanos asociados al fenómeno económico han hecho que a menudo, el ingeniero se destienda de dichos problemas en los sistemas que proyecta y construye, para concentrarse en los aspectos técnicos, susceptibles de un análisis objetivo y exacto. Quizás se piensa que las decisiones acerca del problema humano y socioeconómicos corresponden al empresario o al ejecutivo, y que el ingeniero solo debe poner a consideración de aquel las alternativas técnicas viables.

Esta posición es desafortunada, por que los problemas técnicos han llegado a ser de tal manera complejos y especializados, que la persona sin conocimiento de ingeniería encuentra difícil, y aun posible comprender los aspectos técnicos de una propuesta, relacionándolos con su valía económica. De esta manera, el ingeniero observa en ocasiones que desechan propuestas bien fundadas o se aceptan propuestas inconvenientes, por que algún ejecutivo no tuvo los elementos de juicio necesarios para entender cabalmente su significado y sus implicaciones técnico-económicas. Cada vez más el ingeniero debe tomar parte en el proceso de decisiones gerenciales, en un mundo más y más tecnificado.

En síntesis el ingeniero necesita abandonar el papel pasivo que en ocasiones asume en relación con los problemas económicos y humanos que plantea su profesión y adoptar un cambio una aptitud creativa, sin temor a aceptar la responsabilidad respecto a dichos problemas, inesperados de los técnicos, en los sistemas que tiene la misión de crear para beneficio de su comunidad.

EL PROCESO DE DECISION

Una de las dificultades más grandes a las que se enfrenta un ingeniero es la de formar una decisión correcta. De una decisión dependerán muchos esfuerzos, mucho trabajo y una suma considerable de dinero. Como por lo general no se tiene a la mano toda la información correcta, es necesario hacer suposiciones y valuaciones que se aproximen lo más posible a la realidad.

No todas las decisiones, desde luego, tienen la misma importancia. Algunas requieren un gran esfuerzo por parte del ingeniero quien, inclusive, llama a otros colegas para que lo asesoren. Otras decisiones pueden tomarse sobre la marcha sin afectar mucho el resultado final.

En un proyecto son tres elementos que intervienen para tomar una decisión:

- 1.- Las posibles alternativas.
- 2.- Los beneficios que se van a obtener.
- 3.- Las dificultades de llevar a cabo o implantar la decisión.

Las alternativas son necesarias, ya que sin ellas sólo queda un camino que seguir y no hay posibilidad de escoger. Los beneficios que se piensan obtener están ligados estrechamente a las alternativas, es decir, que cada beneficio es una función de su correspondiente alternativa. Finalmente, la dificultad de implementar cada alternativa debe ser una de las normas que se apliquen en el proceso de decisión para poder seleccionar la que más se adopte a las necesidades del proyecto.

Cuando se rediseña un elemento estructural, de manera que se logra menor costo de materiales o un proceso de construcción más económico, los ahorros resultantes de esta

decisión de proyecto se logran en forma inmediata al ejecutar la decisión, ósea al construir dicho elemento estructural de acuerdo con el proyecto.

Lo mismo sucede con multitud de decisiones técnico-económicas que se toman en la etapa de proyectos de una obra, o durante la operación de una instalación. En estos casos, las diferentes alternativas de diseño o de acción que se presentan pueden evaluarse desde el punto de vista económico mediante una simple comparación de los costos asociados a cada alternativa. Este tipo de decisiones se llaman decisiones de resultados inmediatos.

Hay otras decisiones que implican beneficios o ahorros que solo se logran con el tiempo, por ejemplo:

- a) Se toma la decisión de proteger una estructura contra la corrosión; se efectúa para ello un gasto inmediato, con la expectativa de lograr ahorros mayores en el futuro.
- b) Entre dos alternativas de diseño de una tubería de conducción, se escoge la de mayor diámetro, realizándose en este caso un gasto presente mayor, para tener menor costos de operación en el futuro.
- c) Se adquiere una nueva maquina de construcción, con la expectativa de llevar a cabo más trabajo y obtener utilidades adicionales durante cierto lapso.

En estos casos se toma la decisión de invertir una suma en el presente, con la expectativa de obtener utilidades en el futuro que sobrepasen el costo inmediato incurrido. Las decisiones de este tipo se denominan decisiones de inversión, proyectos de inversión, proyectos de capital o nada más proyectos.

DECISIONES DE INVERSION

La evaluación económica de decisiones o proyectos de inversión exige herramientas especiales que tomen en cuenta la distribución de los costos y beneficios a lo largo del tiempo.

El ingeniero necesita herramientas que le permitan evaluar la valía o eficiencia económica de un proyecto de inversión, de la misma manera que las necesita para juzgar el comportamiento de un sistema desde el punto de vista estructural, hidráulico o termodinámica.

El conjunto de principios y técnicas que utilizan para comprar y evaluar sistemas alternativos desde el punto de vista económico, constituye el análisis económico de sistemas en la ingeniería.

Por lo anterior podemos escribir la siguiente relación:

$$Ad = f(An, Ba, Ia)$$

En donde:

Ad = Alternativa decidida o por la que se opta.

An = Conjunto de alternativas.

Ba = Benéfico de cada alternativa.
 Ia = Dificultad de implementación.

Se puede cambiar el beneficio de cada alternativa con la dificultad de implementación, de una manera tabular como se ve en la figura A.

| | B1 | B2 | ... Bn |
|-----|------|---------|--------|
| I1 | B1I1 | B2I1 | BnI1 |
| I2 | B1I2 | B2I2 | BnI2 |
| ... | ... | ... | ... |
| In | B1In | B2In... | BnIn |

Figura A (los beneficios se dificultan de implementación se combina para obtener una valuación de las alternativas).

Otorgando ciertos valores numéricos a cada beneficio y a cada dificultad de implementación se puede tener aquella alternativa que más se acerque a nuestras condiciones ideales.

NATURALEZA DE LA DECISION

Existen dos tipos de elementos que se deben tomar en cuenta para efectuar una decisión: los elementos cuantificables y los no cuantificables. Los elementos que se pueden cuantificar fácilmente, tales como el consumo de un automóvil cuantificables y los no cuantificables.

Los elementos que se pueden cuantificar fácilmente, tales como el precio de una bomba de agua y de materiales en si, a estos elementos los denominaremos "A".

Los otros elementos, que llamaremos "E" son aquellos que no pueden cuantificarse con tanta facilidad como por ejemplo: la influencia social de un conjunto urbano.

Sin embargo para poder efectuar una selección entre varias alternativas es necesario, muy a menudo, tomar en cuenta tanto los factores "A" como los factores "E", es decir que nuestra función debe representar ambos elementos, o sea:

$$F_c = \sum(A+E)$$

DECISIONES PARA PROYECTOS

Existen dos tipos de decisiones que nos interesan dentro del marco de la ingeniería de proyectos:

1. Decisiones para proyectar.

2. Decisiones para seleccionar.

Veremos las decisiones para proyectar en primer lugar. Existen dos categorías de elementos dentro de las decisiones para proyectar, los elementos que se pueden controlar y los elementos que no se pueden controlar. La siguiente es una tabla de ejemplos de estas dos categorías:

CONTROLABLES

Numero de varillas en una columna de concreto.
 Fuerza aplicada a una palanca.
 Voltaje de una línea.
 Flujo del combustible.
 Altura de una caída de agua.
 Generación del calor.
 Intensidad de un foco.
 Espesor de una llanta.

NO CONTROLABLES

Precipitación pluvial.
 Salinidad de la atmósfera.
 Turbulencia del aire.
 Estado económico de un país.
 Interferencia causada por la actividad
 Vibración de un bulbo.
 Terremotos.
 Demanda de asientos de un ómnibus.

Algunos de los elementos no controlables pueden tratar de controlarse imponiendo ciertas restricciones, por ejemplo: la precipitación pluvial, con ayuda de tecnología se puede tratar de modificar. Pero la manera más adecuada es mediante el uso de una matriz de decisiones como se muestra en la fig. b.

| N1 | N2 | N3 | ... | Nm | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| E1 | R11 | R12 | R13 | ... | R1m |
| E2 | R21 | R22 | R23 | ... | R2m |
| E3 | R31 | R32 | R33 | ... | R3m |
| . | . | . | . | ... | . |
| . | . | . | . | ... | . |
| . | . | . | . | ... | . |
| En | Rn1 | Rn2 | Rn3 | ... | Rnm |

Fig. b. (Una matriz de decisiones permite establecer estrategias y estados para determinar los objetivos)

En donde E1,2,...n representa las diferentes estrategias que se pueden seguir; N1,2,...m representa los distintos estados controlables que existen y R11,R12,R21,R22,...Rnm los resultados obtenidos.

Como se puede observar, estos resultados tienen su origen al seguir una estrategia determinada tomando en consideración los distintos estados.

DECISIONES PARA SELECCIONAR

Cuando se presentan varias alternativas entre las cuales se debe seleccionar, es necesario establecer un patrón común contra el cual medirlas, a fin de poder compararlas y optar por una de ellas. Este patrón que nos sirve para medir distintas alternativas se denomina criterio.

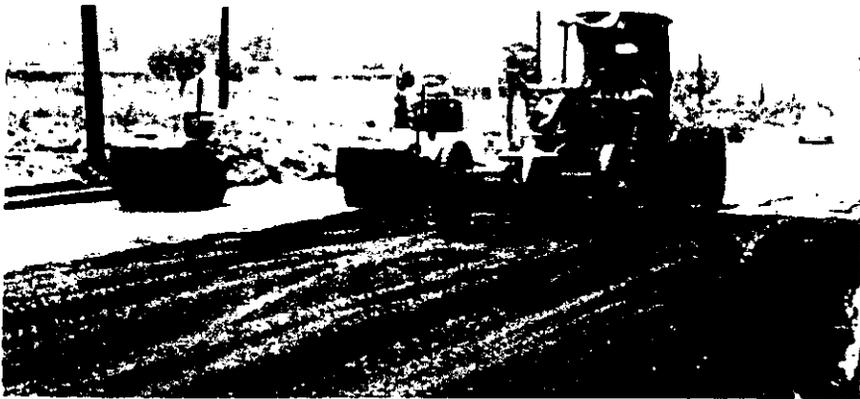


Fig. 1.4 decisiones estratégicas

MODELOS EN LA INGENIERIA.

Un análisis un poco profundo de los problemas que se suscitan en la elaboración de un proyecto, nos lleva inmediatamente a pensar que no es posible obtener una solución perfecta a los problemas. En efecto, podemos pensar en todos los factores que intervienen, por ejemplo, en el comportamiento de un puente. Algunos de ellos son:

- ◆ Cargas vivas
- ◆ Cargas muertas
- ◆ Oscilación
- ◆ Cargas debida al viento
- ◆ Vibraciones
- ◆ Efectos de temperatura
- ◆ Humedad
- ◆ Efectos de contaminantes aéreos
- ◆ Fenómenos metereologicos

Un ingeniero deberá, desde luego, tomar en cuenta todos estos factores en su proyecto del puente. Una cantidad importante de decisiones debe tomarse a cada paso con el fin de acercarse, lo más posible a la solución verdadera del problema. Al compenetrarse mas del problema al que se enfrenta, el ingeniero busca una idealización de éste, es decir, una serie de problemas sencillos íntimamente ligados que permiten resolver el “gran problema”. Esta idealización de la solución es un modelo.

1.5 TECNICAS Y ESTRATEGIAS DE DECISIONES EN LA EVALUACION DE PROYECTOS

Las decisiones de inversión se caracterizan por su longevidad e irreversibilidad. Los efectos de una decisión de inversión se extienden durante varios años y, una vez realizada, el capital invertido casi es irrecuperable, al menos en buena parte. Por lo tanto, las decisiones de inversión siempre van asociadas a un riesgo. Se habla de una inversión táctica cuando el proyecto no implica un compromiso cuantioso de recursos, ni un cambio importante en la forma de operar de la empresa.

DECISIONES ESTRATEGIAS

Para una compañía constructora de tamaño medio, la reposición de una máquina o la adquisición de una nueva sería una decisión táctica que no modificaría a fondo la posición de la empresa dentro del mercado de la construcción.

Por otra parte, una inversión estratégica implica el compromiso de un capital relativamente grande, y quizá un cambio radical en las políticas de la empresa o en su posición competitiva en el mercado. Son decisiones estrategias típicas de la

expansión horizontal de la empresa para competir en nuevos mercados o lograr una porción mayor de los existentes; también las de integración vertical para producir algunos o todos los insumos que requiere un proceso, o para también procesar los productos del mismo.

En una empresa constructora dedicada a la pavimentación de caminos, la decisión de dedicarse, además, a trabajos de terracerías, sería de carácter estratégico y de expansión horizontal, ya que con seguridad exigiría una fuerte inversión en equipo nuevo.

La misma compañía puede decidir integrarse en forma vertical, al producir los agregados y/o las emulsiones asfálticas necesarias para construir los pavimentos. También en este caso se trataría de una decisión estratégica que comprometería sumas importantes de dinero y cambiaría la posición competitiva de la empresa.

En las inversiones estratégicas, es muy importante analizar si las utilidades que se esperan derivadas de la decisión de invertir, compensan adecuadamente, el costo en que se incurre.

Los estudios de evaluación económica cobran una importancia vital, ya que de su correcta realización depende en alto grado el futuro de la empresa. Dichos estudios deben incluir el análisis formal de los riesgos implícitos. La profundidad y detalle del análisis dependerá de la magnitud de estos riesgos.

CAPITULO II

METODOS DE EVALUACION DE PROYECTOS

2.1 RELACION ENTRE DIFERENTES PROYECTOS DE INVERSIÓN.

CONCEPTO DE PROYECTO.

De manera más explícita, un proyecto se puede identificar con el proceso de cambio requerido para alcanzar una meta definida, dentro de restricciones específicas. Con un enfoque de sistemas.

Proyecto es la creación de un nuevo sistema, realizada por un sistema de orden superior.

Es obvio que la introducción de un nuevo sistema involucra un proceso de cambio, ya sea que aquél venga a sustituir a un sistema existente o que constituya un elemento adicional de la organización a la que pertenece. Las metas y restricciones del proyecto las fija el sistema de orden superior.

En este capítulo interesan los proyectos realizados por el sistema empresa. Por lo general, el término proyecto se usan con referencia a las primeras etapas del ciclo de vida de un sistema hasta que éste entra en operación; sin embargo, la evaluación de un proyecto involucra el análisis de todo el ciclo de vida del sistema.

El empresario se enfrenta de ordinario con el problema de elegir entre distintos proyectos o alternativas de inversión que se le presentan en un momento dado.

Dichas alternativas se denominan económicamente independientes si los beneficios esperados de una cualquiera de ellas no resultan afectadas por que se acepte o rechace en forma conjunta alguna de las otras alternativas; en caso contrario, las alternativas son económicamente dependientes.

La dependencia entre dos alternativas puede ser de complementación, o bien de rechazo o sustitución mutua, según se muestra en la tabla 1-A

| UN PROYECTO DE INVERSION "A" PUEDE SER, RESPECTO A OTRO PROYECTO "B" | | |
|--|--|--|
| 1 "A" Prerequicito de "B" | | "B" carece de utilidad sin A o bien, "B" no es técnicamente factible sin "A" |
| 2 "A" y "B" fuertemente complementarias. | | La utilidad de "B" depende Grandemente de la realización de "A" |
| 3 "A" y "B" ligeramente complementarias | | La utilidad de "B" mejora si se realiza "A" |
| 4 "A" y "B" independientes | | La utilidad de "B" depende de la realización de "A" |
| 5 "A" sustituto débil de "B" | | Los beneficios de "B" disminuyen si se realiza "A" |
| 6 "A" sustituto fuerte de "B" | | Los beneficios de "B" se pierden si se realiza "A" |
| 7 "A" y "B" mutuamente exclusivo | | "B" pierde su utilidad si se realiza "A". |

Tabla I-A

Es importante observar que las relaciones entre proyectos señalados en el cuadro sólo son simétricas en algunos casos. Por ejemplo, "A"= Prerequicito de "B", no implica "B"= Prerequicito de "A", así como "A"= sustituto fuerte de "B", no significa "B"= sustituto fuerte de "A".

Las alternativas de inversión mutuamente exclusivas son muy importantes, ya que gran parte de los problemas de análisis económico puede reducirse a ellas. Ejemplos comunes de decisiones que involucran alternativas mutuamente exclusivas serían: en la ampliación de una planta; elegir entre dos o más capacidades de producción posibles; la elección entre dos maquinas para realizar determinada tarea, cuando una de ellas tiene mayor costo inicial, pero menores costos de operación y mantenimiento; la opción entre seguir operando un equipo o sustituirlo por otro nuevo; la decisión entre de rentar o comprar un equipo; y otros ejemplos semejantes. En todos estos casos, la aceptación de una alternativa implica el rechazo de la(s) otra(s).

COMBINACION DE ALTERNATIVAS

Cuando dos o más propuestas de inversión, se complementan, es necesario analizar en forma conjunta, combinarlas para formar alternativas independientes o mutuamente exclusivas. Por ejemplo, la decisión "B" de invertir un sistema de aire acondicionado tiene como prerequisite la decisión "A" de invertir en el edificio que se va a instalar, suponiendo que éste no se haya construido. "A" es prerequisite de "B", pero "B" no es prerequisite de "A" se puede formar por tanto, las alternativas mutuamente exclusivas de "A" y "A+B".

Es común el error de considerar por separado inversiones complementarias, atribuyendo a cada uno de los beneficios que sólo pueden obtenerse en conjunto; por ejemplo, se presenta el estudio económico justificativo de la instalación de una maquina, sin estudiar el costo de cierto equipo auxiliar necesario; se presenta después la justificación económica de este, sobre la base que permite obtener los beneficios atribuidos al principio a la maquina. Es posible que al considerar los costos conjuntos, la inversión resulte mucho menos atractiva, o aún inaceptable.

El estudio de alternativas mutuamente exclusivas conduce a la elección de uno, entre varios sistemas técnicamente diferentes, pero que intentan resolver un mismo problema. El problema considerado corresponde algún objetivo particular de la empresa, pero no al objetivo global de la misma, dicho de otro modo, los proyectos mutuamente exclusivos son variantes de un solo subsistema dentro del sistema empresa.

La comparación económica entre proyectos mutuamente exclusivos tiende a la selección de la variante del sistema que alcance sus objetivos con la mayor eficiencia económica. El criterio de selección, según se vera en este capítulo, se basa en el modelo valor tiempo del capital expuesto.

PROYECTOS INDEPENDIENTES

Por otra parte los proyectos independientes corresponden a diversos subsistemas de la empresa, cada uno con objetivo distinto. En éste caso, la elección debe hacerse entre diferentes paquetes de proyectos, en función del objetivo global de la empresa. Los paquetes pueden diferir en su composición y en el monto total de inversión requerida. Los proyectos que muestran algún grado de sustitución entre ellos pueden considerarse en diferentes paquetes alternativos.

En teoría, lo mismo que en la práctica, el problema de elección del presupuesto de inversiones (paquete de proyectos) óptimo, está muy ligado al de elección de las fuentes de financiamiento, y ambas determinan el valor marginal del capital. Todos estos problemas pertenecen al ámbito de la economía empresarial y, por tanto, rebasan el objetivo de este tema.

2.2 CONTABILIDAD DE COSTOS

Los estados financieros sirven para analizar el desenvolvimiento de las actividades de una empresa a largo plazo, y desde un punto de vista global. (La *contabilidad de costos*, por otra parte, se preocupa de los detalles de dichas actividades, mediante un registro adecuado y, preciso de los costos, a medida que se originan en el curso del proceso productivo y de los procesos de comercialización y administración.

La contabilidad de costos provee a la gerencia de la empresa, a todos los niveles, de la información necesaria para planear y controlar los procesos mencionados, y a fin de evaluar la contribución (positiva o negativa) de diferentes segmentos de la organización o de diversos productos, a las utilidades del negocio.

Puesto que muchos datos que sirven de base a los estudios económicos se toman de los registros de la contabilidad de costos, es importante conocer el significado y el alcance de las diversas clases de costos que se consignan en esos registros contables.

Costo se define como la renuncia a un bien o el sacrificio del mismo, medido en términos monetarios, realizado o por realizar, para lograr un objetivo específico, en el contexto de las actividades de una empresa.

Los bienes que se sacrifican pueden consistir en recursos monetarios, bienes tangibles o intangibles, como un derecho. El costo es un atributo de los recursos escasos, puesto que los que se pueden obtener libremente no exigen ningún sacrificio para su adquisición.

El término *gasto* se usa, en el mismo sentido, para designar cierto tipo de costos que no tienen relación directa con la producción, como los gastos de comercialización y de administración. Sin embargo, *gasto* puede significar erogación o desembolso, sin relación con un objeto específico.

Cuando el término *costo* se aplica en forma específica, se acompaña siempre de un calificativo relacionado con el criterio usado para su determinación.

Los siguientes términos, agrupados por categorías, son los que se usan con mayor frecuencia:

1. COSTOS REFERIDOS AL TIEMPO

- a) *Costo histórico*: precio de cambio real que fue pagado, p.e., el costo pagado por el propietario en la fecha de adquisición.
- b) *Costo pasado*: costo incurrido en el pasado, irrelevante para una decisión económica en el presente.
- c) *Costo estimado*: costo futuro que puede afirmarse razonablemente en el presente. Este tipo de costo es muy útil en la empresa constructora pues del depende el presupuesto de un proyecto.

d) *Costo estándar*: determinación anticipada del monto justificable de un costo, bajo condiciones previstas.

e) *Costo por período*: gasto que guarda relación con el tiempo, más que con un índice de actividad.

2. COSTOS REFERIDOS A SU ORIGEN

a) *Costo directo*: costo generado de modo interno en un centro de costos. En la construcción se ven en los precios unitarios.

b) *Costo indirecto*: costo que afecta a más de un centro de costos.

c) *Costo de producto*: tiene su origen en un producto dado.

d) *Costo conjunto*: originado en instalaciones o servicios utilizados para producir dos o más productos comercialmente significativos.

3. COSTOS REFERIDOS AL CONTROL

a) *costo controlable*: costo directo, del cual es responsable por completo una persona o unidad de organización.

b) *Costo de oportunidad*: costo de un bien, referido al mejor uso alternativo que puede hacerse de él.

c) *Costo marginal*: costo de incrementar en una unidad el nivel de actividad; o la diferencia de costos correspondientes a dos niveles de actividad.

d) *Costo asignado*: determinación de un costo con base en un criterio subjetivo y arbitrario, en ausencia de información específica.

4. COSTOS REFERIDOS AL NIVEL DE ACTIVIDAD

a) *Costo fijo*: aquél que no varía en forma apreciable con el nivel de actividad.

b) *Costo variable*: cambia proporcionalmente al nivel de actividad.

c) *Costo semivariable*: cambia con el nivel de actividad, pero no en forma proporcional.

Los costos deben determinarse e interpretarse siempre en relación con el propósito del estudio en que se apliquen, ya que los mismos datos de costos no son aplicables por igual a todos los fines. Las transacciones que originan los costos no proporcionan datos directamente utilizables para los propósitos de la empresa. Dichas transacciones quedan registradas en documentos fuente, como facturas, recibos, tarjetas de tiempo, vales de almacén y muchos otros.

La contabilidad de costos constituye un sistema (figura 2.1) cuyo objetivo

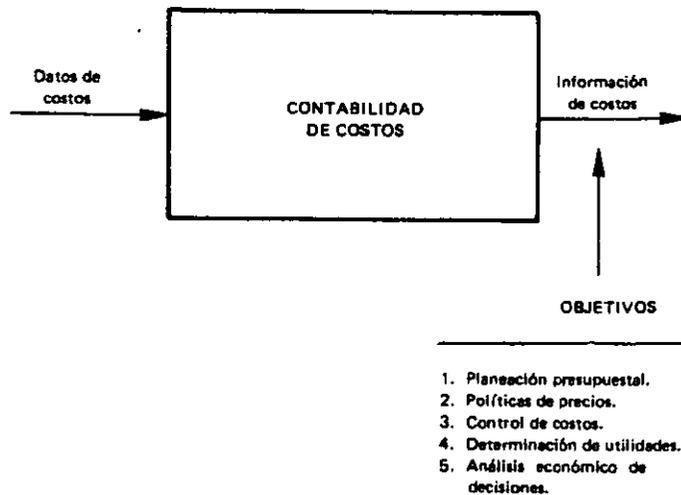


Figura 2.1

Es procesar los *datos* derivados de las transacciones para convertirlos en *información* de costos utilizable por la gerencia de la empresa para diversos propósitos, como:

- a) Planeación de utilidades por medio del presupuesto.
- b) Determinación de políticas de precios.
- c) Control de los costos.
- d) Determinación periódica de las utilidades, incluyendo la valorización de los inventarios.
- e) Análisis económico de decisiones.

2.3 CLASIFICACION DE COSTOS

Puede apreciarse que el costo total es la suma del *costo de producción* más los *gastos de operación*. El primero se refiere al costo de fabricar un producto, mientras que los segundos representan el de venderlo y de administrar el negocio.

El costo de producción se subdivide, relacionándolo con el producto, en *costo directo* y *costo indirecto*. El primero comprende:

- a) Materiales que forman parte del producto terminado y que se pueden cargar directamente a éste;
- b) Mano de obra empleada en el proceso de fabricación en forma directa.

El costo indirecto incluye materiales, mano de obra y servicios que no pueden cargarse de modo directo a determinado producto o lote de producción, por lo cual se consideran como gastos y cargos generales de la planta.

El costo indirecto de producción, más los gastos de operación incurridos en un periodo, deben distribuirse entre las unidades producidas en el mismo periodo, para obtener el costo indirecto por unidad de producto.

A fin de efectuar la distribución mencionada en forma metódica y objetiva, se empieza por dividir la empresa en unidades llamadas *centros de costos*, a los cuales se cargan los costos incurridos para su clasificación y acumulación. Los centros de costos son subsistemas de la empresa y, como tales, comprenden con frecuencia centros de costos más pequeños, y forman parte, a su vez, de centros de costos más amplios. En los niveles superiores de la organización, por lo general los centros de costos coinciden con las divisiones o los departamentos de la misma, mientras que en niveles inferiores pueden o no coincidir con divisiones organizacionales.

El concepto de costos directos e indirectos se extiende a los subsistemas de la empresa. En un sistema cualquiera, son costos directos de producción los asociados al proceso que desarrolla el sistema, en especial los relativos a insumos primarios: materias primas, esfuerzo humano y energía consumidos en el proceso. Por otra parte, son costos indirectos intrasistémicos los asociados al procesador, en particular los costos de adquisición y de mantenimiento del sistema, los cuales no pueden atribuirse o asignarse a ningún producto o lote de producción específico. El término producción debe entenderse aquí en su acepción más amplia, como el proceso que desarrolla un sistema cualquiera, incluyendo tareas administrativas, financieras, comerciales y de servicios. En el mismo sentido amplio deben entenderse los términos producto y lote de producción.

Todos los costos generados internamente en un subsistema o centro de costos, por ejemplo SS 1, figura 2.2., Son sus *costos directos*. Por consiguiente, los costos directos de un sistema comprenden los costos directos de producción

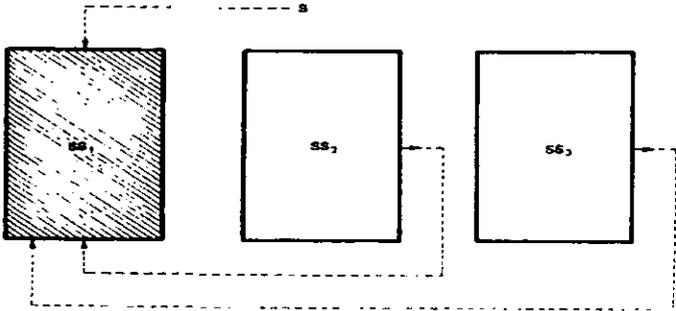


Figura 2.2

y los indirectos intrasistémicos. Los costos generados en otros subsistemas, como SS-2, y SS3, o en el sistema S de mayor orden, por productos y servicios que contribuyen a la función o al producto de SS1, deben considerarse como costos indirectos extrasistémicos de SS1

Entre los sistemas o centros de costos componentes de la empresa, es importante distinguir los *departamentos de producción* de los *departamentos de servicio*. Los primeros son los sistemas en los que se efectúan, total o parcialmente, los procesos de producción de los productos finales de la empresa, sean bienes o servicios.

Por otra parte, los departamentos de servicio no participan de modo directo en los procesos de producción, sino que proporcionan servicio o auxilio a los departamentos de producción; el servicio prestado puede consistir en asesoría, información, insumos para el proceso (p. ej. agua, vapor. . .), servicios de compra o de transporte y muchos otros.

Los costos ocasionados por los departamentos de servicio deben ser absorbidos como costos indirectos extrasistémicos por los departamentos de producción, en proporción al monto de los servicios que cada uno recibe.

Ejemplo de aplicación 2.1.

En una empresa constructora podrían considerarse los centros de costos que se muestran esquemáticamente en la figura 2.3. El rectángulo mayor representa la empresa en su conjunto, la cual sería el centro de costos de mayor orden. En las oficinas centrales de la compañía se consideran, de manera ejemplificativa, los siguientes departamentos o funciones:

- Administración central.
- Compras.
- Ingeniería.
- Maquinaria.

Cada obra que contrata la empresa constituye un importante centro de costos, que a su vez comprendería (por ejemplo) los siguientes centros de costos:

- Administración de campo.
- Construcción.
- Servicios técnicos.
- Talleres de mantenimiento de equipo.

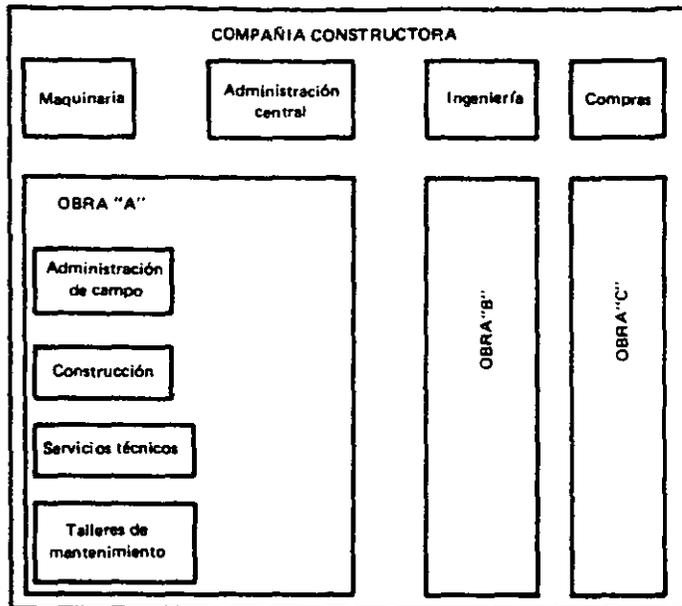


Figura 2.3

La administración de campo incluye: contabilidad, personal, servicios de oficina y otras funciones que podrían considerarse como centros de costos. Las actividades de construcción también se podrían dividir por especialidades; otro tanto puede decirse de los demás centros de costos mencionados.

Al nivel de empresa, el centro de costos *obra* equivale a un departamento de producción, mientras que los demás centros de costos mencionados son de servicios. Al nivel de obra, *construcción* es centro de producción y los demás son de servicios.

2.4 COSTOS PARA LA PLANEACION Y CONTROL

Para fines de planeación, control de costos y determinación de utilidades, se usan los llamados *costos estándar* o costos predeterminados para los materiales directos, mano de obra directa y los indirectos de producción, bajo condiciones normales que se suponen fijas. Se habla así *de costo estándar de materiales, costo estándar de mano de obra y costo indirecto estándar*.

Por lo general, el contador colabora con el ingeniero y la gerencia de la empresa para definir los costos en condiciones de eficiencia y capacidad normales de la planta. Los costos fijos se cargan al producto sobre la base del nivel normal de operación de la planta.

Las diferencias entre los costos incurridos y los estándares se denominan *desviaciones*.

- a) Las desviaciones en los costos de materiales pueden deberse a mayor (o menor) consumo que el estándar, o a variaciones de los costos de adquisición. Las causas de una desviación en exceso pueden ser: incremento de productos defectuosos, desperdicios no controlados, deficiente control de calidad de la materia prima, mala política de compra o de inventarios, etc.
- b) Las desviaciones desfavorables de la mano de obra pueden deberse al empleo de más horas-hombre de trabajo que las previstas o a mayor salario promedio que el normal. Debe investigarse la necesidad de entrenamiento en la operación, selección de personal, tiempos muertos por falta de materiales o por descompostura de las máquinas, uso de operarios de mayor categoría que la requerida y otras situaciones que disminuyen la productividad.
- c) Por lo general, el costo indirecto estándar se expresa como porcentaje del costo directo estándar o la mano de obra estándar o en pesos por unidad producida. Es necesario establecer estándares para diferentes niveles de producción de la planta, debido a la existencia de costos fijos y semivariable. Esto es lo que se conoce como presupuesto flexible:
 - Una desviación positiva del costo indirecto presupuestado respecto al estándar, para el nivel de producción logrado, significa que la planta no logró el nivel de producción estándar.
 - Una desviación del costo indirecto realmente incurrido, respecto al presupuestado para el nivel de operación logrado significa ineficiencias en el manejo y uso de los recursos indirectos.

Deben buscarse y corregirse las causas de cada uno de estos dos tipos de desviaciones.

Un buen sistema de costos estándar permite el control de costos por excepción, llamando la atención con prontitud hacia las desviaciones que afectan la productividad, y permitiendo la aplicación oportuna de medidas correctivas.

Ejemplo de aplicación 2.2

La figura 2.4 muestra una forma de análisis del precio Unitario del concepto "cimbra de madera para concreto. Las cantidades de materiales, cuadrilla de trabajadores y maquinaria de construcción, así como los rendimientos y los porcentos de costos indirectos que se consignan en la forma, son representativas de condiciones medias normales de trabajo. Se supone que dichas cifras son el resultado de una estadística realizada en observaciones de campo a lo largo de varios años.

Las cantidades de materiales, cuadrilla de trabajadores y maquinaria de construcción, así como los rendimientos y los porcentos de costos indirectos que se consignan en la forma, son representativas de condiciones medias normales de trabajo. Se supone que dichas cifras son el resultado de una estadística realizada en observaciones de campo a lo largo de varios años.

Al aplicar a dichas cantidades los precios unitarios de materiales, salarios de los trabajadores y rentas horarias de la maquinaria que corresponda, se obtiene un costo unitario estándar para el concepto señalado al principio. Este costo estándar puede compararse con el costo real del concepto obtenido para cada obra, a fin de juzgar la eficiencia de ejecución del concepto en cuestión.

| | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Zona _____ | Concepto: suministro, elaboración, | | | |
| Jornada _____ | colocación y remoción de cimbre | | | |
| Especificación _____ | de madera para vaciado de concreto. | | | |
| Unidad _____ | | | | |
| MATERIALES | Cantidad | Costo/unidad | Costo | Sumas |
| Madera | 12.5 PT | \$ _____ | \$ _____ | |
| Clavo | 0.300 kg | _____ | _____ | |
| Alambre | 0.200 kg | _____ | _____ | |
| Diesel | 0.50 L | _____ | _____ | |
| Varilla | 0.300 kg | _____ | _____ | |
| Chetlán | 0.17 M | _____ | _____ | |
| | S U M A | | | \$ _____ |
| MANO DE OBRA | | | | |
| Cabo de oficios | 0.1 J | \$ _____ | \$ _____ | |
| Operario te. | 1 J | _____ | _____ | |
| Ayudante Op. | 1 J | _____ | _____ | |
| Obrero general | 0.5 J | _____ | _____ | |
| | S U M A | | \$ _____ | |
| Rendimiento | 7.25 m ² | | | |
| Importe por mano de obra | | | \$ _____ | = \$ _____ |
| | | | 7.25 | |
| MAQUINARIA | | | | |
| Camión recitas 3 T. 0.20 H. | | \$ _____ | \$ _____ | |
| | S U M A | | \$ _____ | |
| Rendimiento | 7.25 m ² | | | |
| Importe por maquinaria | | | \$ _____ | = \$ _____ |
| | | | 7.25 | |
| COSTO DIRECTO TOTAL | | | | \$ _____ |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD _____% | | | | \$ _____ |
| PRECIO UNITARIO | | | | \$ _____ |

Figura 2.4

El porcentaje estándar de indirectos considerado en el formulario, figura 2.4, representa un nivel determinado de actividad. Podrían asignarse diferentes porcentajes para otros niveles de actividad que puedan esperarse. En cada año de operación de la empresa puede conocerse el porcentaje de costos indirectos realmente incurridos, con respecto a los costos directos, y comparar esa cifra con los estándares. En un año con poca actividad de construcción, el porcentaje de costos indirectos será en general más alto que en un año con mayor cantidad de obra realizada. Se pueden separar así las variaciones de costos debidas a fluctuaciones del volumen de obra realizada, de las debidas a mayor o menor eficiencia en las operaciones constructivas.

2.5 DIFERENCIA ENTRE CONTABILIDAD Y ANALISIS ECONOMICO

Hasta aquí se han visto las características más importantes de los registros contables y las clases de costos que contienen. Conviene señalar ahora cuáles son los puntos de vista de la contabilidad inaplicable a los estudios de análisis económico.

El análisis económico de un sistema solo interesa el flujo (entradas y salidas) de efectivo asociado a cada una de las alternativas consideradas.

El costo total de un proyecto comprende el de todos los elementos necesarios para planearlos, diseñarlo, construirlo y operarlo durante su vida útil. El número de partes a considerar puede ser muy grande, por ejemplo en un estimado detallado de costos de construcción, para ellos es necesario tener un modelo económico de subsistemas de ingeniería de construcción y operación. Para ejemplificarlo se muestra la figura 2.5

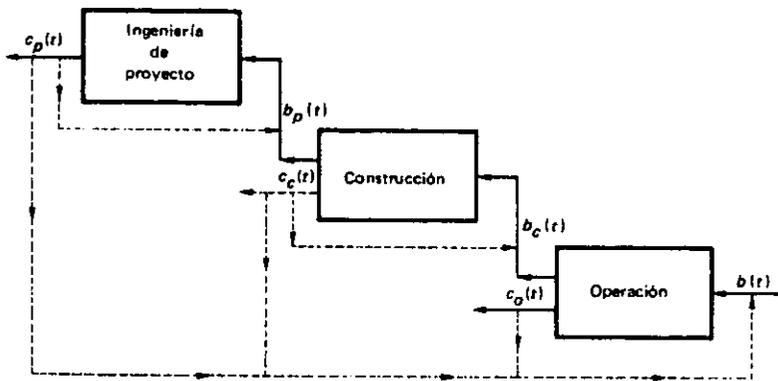


Figura 2.5

Al analizar cada subsistema es necesario tener en cuenta los costos que se transfieren de un sistema al siguiente. El flujo de beneficios $b(t)$ debe compararse con la suma de los flujos de costos de proyectos $c_p(t)$, de construcción $c_c(t)$ y de operación $c_o(t)$

Cuando el sistema está en la etapa de proyecto deben estimarse los flujos de costos C_p , C_c y C_o para toda la vida económica del sistema así como el flujo de beneficios $b(t)$. Resulta evidente la necesidad de encontrar con buenas técnicas de predicción.

El objetivo del análisis económico es seleccionar la alternativa o curso de acción que maximice el patrimonio de la empresa, o sea el valor del capital neto generado internamente en ella; por tanto, sólo son relevantes en dicho análisis los cambios en el flujo de efectivo que sea consecuencia del proyecto que se analiza; este flujo comprende los costos de inversión y los de operación en efectivo; pero no aquellos cargos que no implican entradas ni salidas de efectivo, como la depreciación. Debe recordarse siempre que ésta es sólo un asiento contable mediante el cual se distribuye el monto de una inversión en varios períodos contables, a fin de sumarlo a los costos de

operación en efectivo de dichos períodos y obtener así los costos de producción. En el análisis económico, por otro lado, no se trata de calcular un costo de producción, sino de establecer si los ahorros o ingresos en efectivo derivados de una inversión compensan, con una ventaja aceptable, el monto de la misma.

En el análisis económico de sistemas nada más interesan los costos evitables y los beneficios obtenibles correspondientes a cada alternativa.

Eso quiere decir que a cada opción sólo se le deben cargar los costos que se evitarían en caso de no realizarla, y sólo se le deben acreditar los ahorros o beneficios que se obtendrían en caso de llevarla a cabo.

De acuerdo con este principio, muchos de los *costos indirectos no son relevantes* en el análisis de alternativas de inversión, ya que no son evitables; por ejemplo, si la alternativa es instalar una máquina nueva en un taller, no debe cargarse a su costo de operación el porcentaje de indirectos determinado por la contabilidad para el taller, sino sólo los gastos indirectos adicionales que deben efectuarse.

De manera similar, si una de las ventajas de dicha máquina es que disminuye el empleo de mano de obra, sólo debe acreditársele el ahorro correspondiente al personal que pueda reducirse, sin aumentos por indirectos que de hecho no variarían.

Ejemplo 2.3

Una pequeña compañía constructora adquiere en \$8,000,000 una planta de producción de concreto. Durante los primeros 6 meses de operación, se observa que la planta resulta demasiado grande para las necesidades de la empresa; como consecuencia, permanece mucho tiempo ociosa y origina gastos elevados de operación, que no se recuperan más que parcialmente. En la actualidad, dicha planta se podría vender por \$5,000,000, pero el gerente de la compañía se resiste a venderla porque perdería \$3,000,000 y además le resulta difícil reconocer que su elección fue errónea. Sin embargo, por \$5,000,000 podría comprar una planta más pequeña y adecuada a las necesidades de la empresa, con lo cual evitaría seguir teniendo pérdidas. En la decisión de vender o no la planta, no deberá influir el costo ya pagado (\$8,000,000), sino nada más las consecuencias de la decisión, las cuales son claramente favorables a su venta y la consecuente adquisición de otra más pequeña.

Las cifras de la contabilidad son de distinto carácter a las que se requieren para el análisis económico de proyectos.

El contador trata de informar en forma veraz y exacta acerca del empleo de los fondos de la empresa, la situación financiera de ésta y los resultados económicos de las operaciones. En tal virtud, tiene una preocupación fundamental por la precisión de sus cifras "hasta el último centavo"; el contador informa acerca de transacciones ya efectuadas, y por ello sus cifras pueden tener ese carácter de exactitud.

Por otra parte, en el análisis económico, el ingeniero y el administrador manejan cifras estimativas de las consecuencias económicas de diferentes alternativas en el futuro; necesariamente sus cifras son de carácter aproximado, por lo cual pueden pasar por alto ciertos detalles de los movimientos de efectivo, como fluctuaciones de las cuentas por cobrar, cuentas por pagar y niveles de inventarios, cuando estos fenómenos son aleatorios y tienden a compensarse a lo largo del período de análisis.

El uso de *costos históricos* en el análisis económico, sin ningún ajuste, implica que el futuro será idéntico al período al que se refieren los costos registrados, lo cual rara vez constituye una hipótesis aceptable. Sin embargo, es necesario aprovechar los costos históricos como punto de partida para predecir los costos futuros, introduciendo las correcciones que procedan, según las tendencias y condiciones futuras previsibles.

2.6 COSTO DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Se denominan *costos de ingeniería* aquellos relativos a los estudios y el proyecto completo de una obra. Las tareas más importantes de esta etapa del ciclo de vida de un sistema son:

- a) *Estudios de factibilidad técnica y económica*, incluyendo los de tecnologías aplicables, mercados, ubicación de las instalaciones, rentabilidad de la inversión y financiamiento.
- b) *Estudios relativos al sitio de la obra*: topográficos, geológicos, de mecánica de suelos, hidrológicos, de transportes, y otros que sean necesarios para desarrollar el proyecto detallado de las obras e instalaciones.
- c) *Ingeniería básica*, la cual define las características más importantes del proyecto; por ejemplo, en una presa, el nivel máximo de embalse, la capacidad del vaso, el tipo y características de la cortina, la ubicación y capacidad del vertedor de demasías, etc.; tratándose de una planta industrial, el tamaño y características de operación del equipo de proceso y del auxiliar, los requisitos de los servicios de agua, energía eléctrica, vapor y otros, la distribución general de la planta, el proyecto general de los edificios, etc.
- d) *Ingeniería detallada*, que comprende el cálculo, dimensionamiento y especificación de cada uno de los elementos integrantes de la obra, elaboración de planos constructivos y especificaciones técnicas de construcción, formulación de listas de materiales y de cantidades de obra y, en general, elaboración de todos los documentos técnicos necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- e) *Servicios técnicos para adquisición de equipo y materiales*, incluyendo elaboración de solicitudes de cotización, selección de proveedores calificados, evaluación de las propuestas, y colocación y agilización de pedidos.
- f) *Ingeniería de campo*, comprendiendo asesoría técnica durante la construcción, inspección y control de calidad, elaboración de planos y otros documentos relativos a modificaciones, cambios de última hora y certificación de estimaciones y pagos al contratista encargado de la construcción.

Los estudios a que se refiere el inciso a) anterior, por lo común se cargan a los gastos generales de la empresa, ya que en esta etapa aún no se decide efectuar el proyecto. Los gastos generados en las etapas sucesivas descritas en los incisos b), c) y d), generalmente se consideran como parte de los costos de inversión del proyecto específico de que se trate y, en consecuencia, forman parte del flujo de efectivo de este último. Para finalizar, los costos correspondientes a las etapas e) y f) con frecuencia se consideran parte de los costos indirectos de construcción y se incluyen en el flujo de efectivo de esta actividad.

Por lo general, en proyectos sencillos, los trabajos de ingeniería se realizan utilizando el propio personal técnico de planta de la empresa; en este caso, los costos de ingeniería se estiman dentro de los gastos generales de la empresa y no se consideran como parte del flujo de efectivo del proyecto.

Los costos de construcción engloban todas las erogaciones necesarias para realizar un proyecto, con base en los planos, especificaciones y demás documentos que lo definen en todos sus aspectos. La construcción puede consistir en la simple adquisición e instalación de una máquina, o involucrar un conjunto de procesos constructivos complejos, en los que intervienen máquinas de muchas clases, operarios especializados, materiales y equipos muy variados, personal directivo y administrativo, y servicios auxiliares diversos, como transportes, energía eléctrica, comunicaciones y muchos otros. El costo de terrenos y derechos de vía se incluye también en la fase de construcción.

Hasta aquí se explicó como pueden dividirse los costos de construcción por subsistemas funcionales y de tareas, hasta llegar a definir *paquetes de obra* que sirven de base para el control de costos y de tiempos de ejecución. Dentro de cada paquete de obra, los *costos directos* incluyen los de mano de obra, los de materiales y los de maquinaria. Los costos de mano de obra incluyen los pagos hechos directamente al personal que realiza las operaciones constructivas, y los efectuados por diversos organismos, de conformidad con las leyes, en beneficio de dicho personal: por ejemplo, las cuotas del Seguro Social y las del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda del Trabajador. Los costos de materiales comprenden los de adquisición, los de fletes y maniobras hasta el sitio de la obra, y los debidos a mermas y desperdicios. Por lo general, los costos de maquinaria se estiman con base en las horas o días de utilización y en las rentas horarias (o diarias) que se determinan para cada máquina.

Los costos indirectos de construcción se fijan para la obra en conjunto. Por lo regular se dividen en indirectos de obra e indirectos de oficinas centrales. Los primeros corresponden a las erogaciones que se hacen en las obras, pero que no pueden cargarse a ningún concepto de costo en particular; los segundos, a las erogaciones de la empresa constructora en sus oficinas generales, por lo cual se distribuyen entre las diversas obras que ejecuta la misma. La siguiente relación, sin pretender ser exhaustiva, da una idea de las diferentes clases de gastos que componen los costos indirectos.

a) Honorarios, sueldos y prestaciones

Personal directivo.
Personal técnico.
Personal administrativo.
Personal en tránsito.
Cuota patronal de Seguro Social e impuesto adicional sobre remuneraciones
Pagadas para los conceptos anteriores.
Pasajes y viáticos.
Consultores y asesores.
Estudios e investigaciones.

b) Depreciación, mantenimiento y rentas

Edificios y locales.
Campamentos.
Talleres.

Bodegas.
Instalaciones generales.
Muebles y enseres.

c) Servicios

Depreciación o renta y operación de vehículos.
Laboratorio de campo.

d) Fletes y acarreos

De campamento.
De equipo de construcción.
De plantas y elementos para instalaciones.
De mobiliario.

e) Gastos de oficina

Papelería y útiles de escritorio.
Correos, teléfono, telégrafos, radio.
Situación de fondos.
Copias y duplicados.
Luz, gas y otros consumos.
Gastos de concursos.

f) Fianzas y financiamientos

Primas por fianzas.
Intereses por financiamientos.

g) Trabajos previos y auxiliares

Construcción y conservación de caminos de acceso.
Montaje y desmantelamiento de equipo.

El flujo de efectivo en la etapa de construcción se determina con base en el programa de obra, el cual fija los lapsos de realización de cada actividad y el tiempo en que deben adquirirse los materiales y equipo total de construcción puede dividirse en periodos trimestrales o semestrales a fin de obtener el costo total por incurrir en cada periodo. Sin embargo, en proyectos cuyo plazo de ejecución es corto, no se requiere dicha división. En cualquier caso, debe tomarse en cuenta el lapso que media entre la ejecución de una actividad y el desembolso respectivo, ya que no siempre coinciden.

Cuando la obra se realiza por contrato, lo realizado en un mes se estima al final del mismo y se liquida quizá dos, tres o más meses después, dependiendo de las circunstancias. Cuando se trata de equipo para la obra, como calderas, elevadores, etc., al colocar el pedido se pueden estipular pagos anticipados o diferidos respecto a la fecha de entrega.

Es necesario revisar en forma periódica el programa de construcción para detectar cambios imprevistos. Con frecuencia se alarga mucho el plazo de construcción y el programa sufre cambios notables, debido a demoras en la entrega de materiales y equipos, mal tiempo, fallas de financiamiento, u otras causas. En estos casos se altera sustancialmente el flujo de efectivo, lo cual puede tener efectos adversos sobre la *rentabilidad* o *valía económica* del proyecto. La revisión oportuna del flujo de efectivo durante la construcción permite adoptar medidas correctivas adecuadas.

2.7 COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación son los necesarios a fin de operar y mantener el sistema que se proyecta, de manera que se obtengan de éste los productos esperados, en las condiciones previstas durante la etapa de estudio y diseño.

Al calcular los costos de operación de una planta o instalación, deben tomarse en cuenta todas las repercusiones económicas de ésta en la empresa. Interesa el flujo de efectivo incremental, o sea la diferencia entre los costos de operación antes y después del proyecto. Para ello es necesario determinar su zona de influencia, considerando su impacto sobre los diferentes departamentos de la empresa. También deberá tomarse en cuenta el efecto que tendrán sobre los costos las variaciones en el nivel de utilización de la planta, de acuerdo con la demanda esperada, separando los costos fijos de los variables o semivariables.

Por lo general, los costos de operación se determinan por periodos anuales coincidentes con los contables. En cada período se acumulan los cargos generados durante el mismo, aparte de las fechas de pago. La diferencia entre las fechas de generación de los cargos y las de su liquidación, se toma en cuenta en el rubro de capital de trabajo, como cuentas por pagar, según se señalan más adelante.

Los principales renglones de los costos de operación de una planta son:

- a) Costos de insumos de proceso y operación.
- b) Costos incrementales en otros departamentos.
- c) Capital de trabajo.
- d) Impuestos incrementales.

Los costos de insumos de proceso y operación comprenden conceptos como los siguientes:

- *Materias primas y combustibles*: deben estimarse los consumos y mermas normales, con base en los niveles de operación previstos por período.
- *Energía eléctrica y otros servicios auxiliares*: incluyen vapor, agua, aire comprimido, etc. Las tarifas o los costos de producción pueden variar en forma sustancial, según el nivel de consumo.
- *Mano de obra de operación y mantenimiento*: se estima con base en relación del personal adicional requerido para operar y mantener las nuevas instalaciones, incluyendo el de supervisión; salarios y prestaciones aplicables a dicho personal, y variaciones esperadas en el nivel de contratación de personal, según los niveles de operación previstos.
- *Artículos de operación y mantenimiento*: pueden estimarse globalmente de acuerdo con la experiencia de la empresa, o en forma particular, cuando se trata de conceptos importantes.

- *Otros costos de operación y mantenimiento*: abarcan, por ejemplo, servicios de laboratorio o de control de calidad, rentas de muebles o inmuebles y pago de regalías por el uso de patentes, cuando éstas se fijan con base en la producción. Las regalías que se pagan una sola vez por el uso de un diseño o proceso, casi siempre se incluyen en los costos de ingeniería.
- *Costos indirectos de la planta*: los más comunes son seguros, impuestos sobre la propiedad, administración y dirección de la planta, ingeniería de producción, contabilidad, servicios al personal, gastos de almacenaje, etc. Los artículos de operación y mantenimiento pueden incluirse en los indirectos cuando su monto no es muy grande. Por lo general, los costos indirectos se expresan como un porcentaje de los costos directos, el cual se estima con base en la experiencia y los registros contables de la empresa. Puede incluirse en esta cifra un porcentaje de contingencia que cubra las omisiones de conceptos menores. Es importante que los costos indirectos se estimen con el criterio incremental antes señalado, considerando sólo los costos *adicionales* a los existentes antes del proyecto

La nueva planta o instalación puede afectar los costos de operación de otros departamentos de la empresa o los de ésta en su conjunto. Los costos incrementales pueden incluir:

- *Servicios generales*: gastos adicionales en cafeterías, vigilancia, servicios médicos, talleres generales, transporte de personal y otros.
- *Costos de operación de otros departamentos*: incrementos de costos de otros departamentos que tengan relación con la nueva planta; por ejemplo, costos adicionales en los departamentos de ventas, de personal o de compras.
- *Administración general*: tiempo de ejecutivos destinado a las nuevas operaciones, e incrementos en la estructura de organización de la empresa.
- *Variación de ingresos por ventas*: introducir un nuevo producto puede originar la disminución o aumento de las ventas de otros productos de la empresa.

El capital de trabajo, es igual a la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante. Representa la inversión en efectivo y en mercancías que debe existir en cualquier momento a fin de permitir la operación normal de la empresa. El capital de trabajo adicional necesario para un proyecto está integrado por:

- Inventario de insumos de producción.
- Más efectivo adicional necesario en caja o valores.
- Más aumento de las cuentas por cobrar.
- Menos aumento de las cuentas por pagar.

El inventario de productos terminados o en proceso no se cuenta (excepto para el cálculo de impuestos), ya que no implica ingresos o egresos de efectivo, sino diferencia entre lo producido y lo vendido.

Al iniciar la operación de una planta o instalación, es necesario acumular un inventario (inicial) de materias primas, combustibles y artículos para operación y mantenimiento de la planta. El inventario inicial aumenta o disminuye después, siguiendo en términos generales las fluctuaciones de la producción. Los demás elementos del capital de trabajo tienen un patrón de variación semejante. Cuando los requerimientos de capital de trabajo son aproximadamente constantes a lo

largo de la vida de un proyecto, dicho capital puede considerarse como parte integrante de los costos de inversión, recuperable al final de la vida del proyecto.

A fin de determinar el ISR incremental atribuible a un proyecto dado, se siguen los siguientes pasos, pero aplicándolos sólo al proyecto considerado:

- a) Determinación de los ingresos adicionales atribuibles al proyecto.
- b) Especificación de las deducciones aplicables a dichos ingresos por conceptos de costos de operación, depreciación, pérdidas, etc., originados por el proyecto.
- c) Cálculo del ISR incremental debido al proyecto.

La determinación de ingresos y costos para un proyecto específico se describió con amplitud en las anteriores secciones. Por lo que se refiere a la depreciación, las reglas para su especificación son las expuestas en el capítulo anterior; por tanto, los pasos a) y b) mencionados no ameritan mayor explicación.

En cuanto al último paso (c), relativo al cálculo del *impuesto incremental*, debe estimarse la diferencia entre la utilidad o resultado fiscal de la empresa, antes y después del proyecto.

Ejemplo de aplicación 2.4

Una empresa pequeña registra en los últimos años utilidades anuales que fluctúan entre \$ 320,000 y \$ 350,000. La empresa estudia un proyecto de modernización de su equipo de producción que, según se estima, incrementaría las utilidades en \$30,000 anuales. En este caso, el intervalo de variación de las utilidades de la empresa cae entre \$300,000 y \$400,000 anuales, antes y después del proyecto. En consecuencia, de acuerdo con la tarifa estipulada por la ley, la tasa marginal de impuesto es $t = 34\%$. El ISR incremental que tendría que pagar la empresa, si emprende el proyecto, sería:

$$(\text{ISR})_p = 30,000 \times 0.34 = 10,200/\text{año}$$

Este impuesto debe considerarse como parte integrante del flujo de efectivo del proyecto. (Conviene repasar ahora lo expuesto con anterioridad respecto a la determinación del flujo de efectivo de un proyecto.)

Ejemplo de aplicación 2.5

Mediante un proyecto de expansión de sus instalaciones, la empresa Manufacturera, S. A., piensa aumentar sus utilidades (antes de impuestos) de \$450,000 a \$700,000 anuales. ¿Cuál es el incremento de impuestos atribuible al proyecto?

Cuando el ingreso es entre \$400,000 y \$500,000, la tasa impositiva marginal es de 38%; por tanto, cuando el ingreso aumenta de \$450,000 a \$500,000, el incremento del ISR es $\$500,000 \times 0.38 = 19,000/\text{año}$.

Cuando el ingreso anual es entre \$500,000 y \$1,500,000, la tasa marginal es de 48.65%; por consiguiente, el incremento de utilidades de \$500,000 a \$700,000 causa un ISR incremental de $20,000 \times 0.4865 = 9,730/\text{año}$.

El aumento total del ISR debido al proyecto sería:

$$(\text{ISR})_p = 19,000 + 97,300 = 116,300/\text{año}$$

Ejemplo de aplicación 2.6

Una empresa tuvo ingresos superiores a \$ 1,500,000 en los últimos años. En los proyectos tendientes a incrementar dichos ingresos, deberá considerarse una tasa impositiva de 42% sobre las utilidades adicionales derivadas de los mismos.

CAPITULO III

EVALUACION DE PROYECTOS MEDIANTE TASA DE RENDIMIENTO INTERNO

3.1 EVALUACION DE PROYECTOS MEDIANTE VALOR PRESENTE

BASES PARA EL ANALISIS

De conformidad con lo anterior, el análisis económico de proyectos se realizará partiendo de los siguientes postulados:

1. Todas las alternativas consideradas son mutuamente exclusivas si existiese alguna complementariedad o sustitución entre ellas, se transformarían en conjuntos mutuamente exclusivos; por ejemplo, "A,B y C" se pueden transformar en cualquiera de las combinaciones A,B,C, "A+B", "A+C", "B+C", y "A+B+C".
2. No existen limitaciones de fondo de inversión que obligue a eliminar algunas de las alternativas consideradas como relevantes. No se considera financiamiento especial para el proyecto, sino que los fondos necesarios provienen de una bolsa general creada por la empresa.
3. La empresa especifica los valores probables, así como el intervalo.
4. Se satisfacen todas las condiciones de validez del modelo valor tiempo del capital, a saber:
 - (a) La tasa de interés representa el valor del capital para la empresa, y es constante en el horizonte económico del proyecto.
 - (b) Los fondos generados por el proyecto se pueden reinvertir de inmediato a la tasa marginal.

3.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS MEDIANTE HORIZONTES ECONOMICOS

El análisis económico se aplica a sistemas que, por lo general, no abarcan la empresa completa. Cada proyecto constituye un sistema que se pretende integrar a la empresa. Puede entenderse ésta como la suma de los proyectos que ha emprendido desde su fundación. A cada proyecto va asociado un flujo de efectivo que forma parte del global de la empresa,

Si el proyecto tiene autonomía económica, su flujo de efectivo incluye un flujo de costos y un flujo de beneficios o ingresos, ambos identificables y susceptibles de cuantificación; si el proyecto no goza de tal autonomía, sólo es identificable el flujo de costos; en estos casos, los ingresos de operación son nulos y los beneficios resultan de los ahorros derivados del proyecto. Estos se calculan por comparación con la situación existente (alternativa cero) o con otras alternativas.

El flujo de efectivo de Un proyecto cambia con el tiempo y por lo general no sigue una ley de variación expresable en términos matemáticos; por tanto, para describirlo en necesario dividir la vida del sistema, desde su concepción hasta su fin, en periodos económicos, y especificar cuál es el ingreso total y/o el egreso total que se espera en cada uno de dichos periodos. Estos se toman usualmente de un año, haciéndolos coincidir con los periodos contables; sin embargo, cuando el flujo de efectivo sufre cambios importantes en lapsos cortos, puede ser necesario considerar periodos económicos menores de un año: semestrales, trimestrales o mensuales.

Tal puede ser el caso durante la fase de construcción del sistema, en que se tienen fuertes costos de inversión variables de un mes a otro, de conformidad con el programa de construcción.

Cuando se describe un flujo de efectivo, el tiempo $t=0$ por lo general corresponde al momento en que se toma la decisión de llevar a cabo el proyecto que se analiza, y se comprometen los fondos respectivos. Sin embargo, se puede tomar como tiempo cero la fecha en que se inicia el flujo de efectivo, o cualquiera otra fecha de referencia que se estime conveniente, de manera que no resulten valores de t negativos. El máximo valor de t que se considere, corresponde al **horizonte económico** del análisis, y es función de la vida del proyecto analizado.

En el análisis económico de un proyecto de ingeniería es indispensable tener en cuenta todos los componentes del flujo de efectivo asociado al mismo. Para ello conviene proceder en forma ordenada y sistemática, determinando para cada período económico los ingresos y/o egresos correspondientes a las siguientes etapas:

- a) Ingeniería.
- b) Construcción.
- c) Operación.
- d) Desmantelamiento.

Por supuesto, no en todos los proyectos es necesario considerar las cuatro etapas mencionadas; pero conviene tenerlas presentes para estar seguro de no incurrir en omisiones inaceptables.

El flujo de efectivo de un proyecto en un período cualquiera se puede expresar en forma algebraica como se indica a continuación:

- a) Etapas de ingeniería y construcción (adquisición del sistema)

El flujo de efectivo está formado por los costos de inversión del proyecto $(CI)_p$:

- b) Etapa de operación

$$(FE)_p = -(CI)_p$$

FE = flujo de efectivo

CI = costo de inversión

P = ingresos de operación

DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE EFECTIVO DE UN PROYECTO

Cada elemento con el subíndice p forma parte del elemento correspondiente del flujo de efectivo de la empresa

El flujo de efectivo de operación se puede calcular como sigue:

Ingresos de operación del proyecto

$$(IO)_p$$

Costos de operación en efectivo del proyecto

$$(COE)_p$$

Flujo de efectivo del proyecto antes de impuestos

$$(FEAI)_p = (IO)_p - (COE)_p \quad E 3.1.$$

Cargos por depreciación de instalaciones propias del proyecto

$$D_p$$

Intereses por financiamiento externo

$$I_p$$

Resultado fiscal del proyecto

$$(RF)_p = (FEAI)_p - (D_p + I_p)$$

Aumento del impuesto sobre la renta de la empresa, debido al proyecto, a la tasa marginal impositiva t

$$\begin{aligned} (ISR)_p &= t (RF)_p \\ &= t (FEAI)_p - t (D_p + I_p) \end{aligned} \quad E 3.2.$$

Flujo de efectivo del proyecto, después de impuestos

$$\begin{aligned} (FEDI)_p &= (FEAI)_p - (ISR)_p \\ (FEDI)_p &= (1-t) (FEAI)_p + t(D_p + I_p) \end{aligned} \quad E 3.3$$

o sea,

$$(FEDI)_p = (1-t) [(IO)_p - (COE)_p] + t(D_p + I_p) \quad E 3.4$$

El $(FEDI)_p$ durante los años de operación del sistema en proyecto, es el flujo neto del capital generado internamente por el mismo.

INTEGRACIÓN DEL FLUJO DE EFECTIVO DE UN PROYECTO

c) Flujo de efectivo total del proyecto $(FE)_p$, por período

En cada año o período se suma el flujo de efectivo de adquisición de ese año con el de operación de ese mismo año:

$$(FE)_p = -(CI)_p + (FEDI)_p \quad E 3.5.$$

o sea,

$$(FE)_p = -(CI)_p + (1 - t) [(IO)_p - (COE)_p] + t(D_p + I_p) \quad E 3.6.$$

Los costos de inversión $(CI)_p$ pueden suponerse realizados en el tiempo $t = 0$, si el período de construcción o instalación es muy corto, o bien distribuidos en los períodos iniciales. Durante la operación, puede haber sólo flujo de operación $(FEDI)$, o también costos de inversión (C) en algunos períodos, por ejemplo cuando una planta industrial, aún no terminada, empieza a operar. La fórmula E 3.6 es general, aplicable a un período cualquiera; el flujo $(FE)_p$ debe calcularse para cada período de vida del sistema.

La figura 3.1 representa las relaciones anteriores. En la parte superior a) se ilustra la relación E 3.4, durante la etapa de operación. Conviene que el lector identifique en la figura los pasos seguidos en la derivación de la fórmula E 3.4.

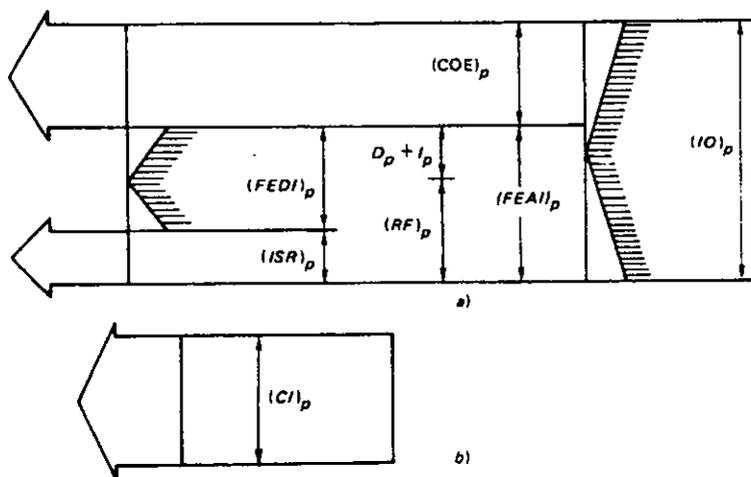


Figura 3.1

En la parte inferior b) se muestra el flujo de efectivo correspondiente a las fases de la ingeniería y construcción, el cual sale del sistema por ser un flujo de costos negativos.

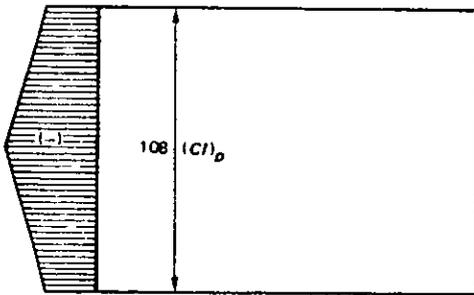
DETERMINACIÓN Y REPRESENTACIÓN DEL FLUJO DE EFECTIVO DE UN PROYECTO

Ejemplo 3.1

La Compañía Constructora de Caminos, S. A., estudia el proyecto de instalación de una planta de trituración y tratamiento de agregados pétreos.

1. El costo de adquisición del equipo es de \$ 100,000,000 y el de las instalaciones adicionales de \$ 8,000,000, las cuales se realizarían en un año.
2. Durante el siguiente año, la planta operaría al 50% de su capacidad, que es de 200 m³/día, durante 300 días. A partir del siguiente año la planta podría operar a plena capacidad, durante 300 días por año.
3. Los costos de operación y mantenimiento se estiman en \$8,000,000 anuales.
4. Se espera vender el producto a \$ 600/m³.
5. Para fines de impuesto, se considera una depreciación de 15% anual sobre la inversión inicial; la tasa impositiva marginal es del 40%.
6. Se supone que la empresa cuenta con capital propio para financiar este proyecto.
7. Se calcula que la vida útil de la planta es de 8 años y que al final de ella no se obtendrá ningún valor de rescate.

Figura 3.2



(Cifras en millones de pesos)

a) Durante el primer año (figura 3.2)

$$(CI)_p = 108,000,000$$

No habría ingresos ni gastos de operación. Por tanto,

$$(FE)_p = -108,000,000$$

b) Durante el segundo año (figura 3.3)

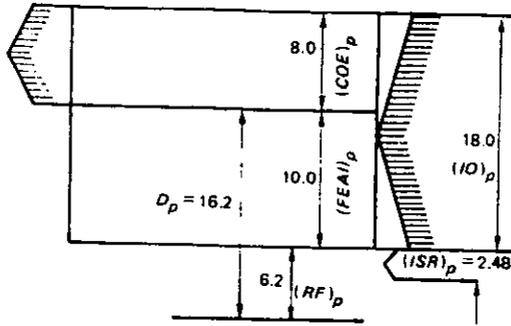


Figura 3.3

$$(CI)_p = 0 \text{ (no hay inversión)}$$

$$(IIO)_p = 0.5 \times 200 \times 300 \times 600 = 18,000,000$$

$$(COE)_p = 8,000,000$$

$$(FEAI)_p = 18,000,000 - 8,000,000 = 10,000,000$$

$$D_p = 0.15 \times 108,000,000 = 16,200,000$$

$$I_p = 0$$

$$(RF)_p = 10,000,000 - 16,200,000 = -6,200,000$$

El signo negativo indica que, durante el segundo año, el proyecto disminuiría el ingreso gravable de la empresa.

$$(ISR)_p = -6,200,000 \times 0.40 = -2,480,000$$

Esta sería la disminución del impuesto que pagaría la empresa en este año, debida al proyecto

$$(FEDI)_p = 10,000,000 - (-2,480,000) = 12,480,000$$

$$(FE)_p = (FEDI)_p = 12,480,000$$

c) Durante los cinco años de operación, tercero a séptimo (figura 3.4)

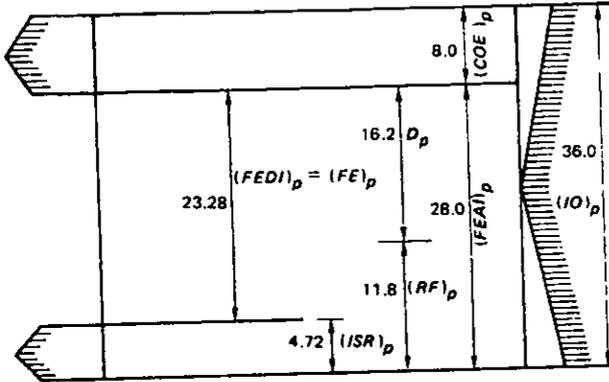


figura 3.4

$$(CI)_p = 0$$

$$(IO)_p = 200 \times 300 \times 600 = 36,000,000$$

$$(COE)_p = 8,000,000$$

$$(FEA)_p = 36,000,000 - 8,000,000 = 28,000,000$$

$$D_p = 16,200,000; I_p = 0$$

$$(RF)_p = 28,000,000 - 16,200,000 = 11,800,000$$

$$(ISR)_p = 0.4 \times 11,800,000 = 4,720,000$$

$$(FEDI)_p = 28,000,000 - 4,720,000 = 23,280,000$$

$$(FE)_p = (FEDI)_p = 23,280,000$$

DETERMINACIÓN Y REPRESENTACIÓN DEL FLUJO DE EFECTIVO DE UN PROYECTO

c) En el octavo año, los elementos del flujo de efectivo serían los mismos que en los cinco anteriores, excepto el cargo por depreciación. En los seis años precedentes (2° al 7°) se ha descontado ya $6 \times 0.15 = 0.9$ (90%) de la inversión. Por tanto, en este año sólo se puede descontar el 10% restante:

$$(FE)p = (FED)p = 0.6 (28,000,000) + 0.4 (10,800,000) = 21,120,000$$

d) Por último, en el noveno año (último del proyecto):

$$Dp=0$$

$$(FE)p = (FED)p = 0.6 (28,000,000) = 16,800,000$$

Los resultados obtenidos en a), b) y c) se pueden comprobar aplicando la fórmula E 3.6.

El análisis económico de un proyecto tiene en cuenta las consecuencias económicas del mismo dentro de un periodo generalmente largo, que constituye su horizonte económico. Las razones por las cuales es necesario o útil limitar el horizonte del análisis es:

1. Por lo general, la necesidad del producto o servicio que motiva la inversión tiene una duración limitada. Los productos manufacturados cambian con el tiempo; los servicios dejan de ser necesarios, o se vuelven insuficientes o inadecuados.
2. La vida útil de los equipos e instalaciones está limitada por el deterioro y la obsolescencia, aún cuando el producto o servicio proporcionan sea aún necesario.
3. Incapacidad para prever sucesos económicos muy alejados del presente. Mientras más se trata de adentrar en el futuro, mayor es la incertidumbre y la inexactitud de las predicciones.
4. El mundo sufre cambios sociales, tecnológicos y económicos cada día más rápidos, cuyas consecuencias es difícil o imposible de prever.
5. El concepto de descuento de capital, implica que los sucesos económicos muy alejados del presente tienen influencia casi nula en las decisiones presentes. Un peso recibido o gastado dentro de 25 años quizá tiene para el inversionista un valor actual despreciable, aún sin tener en cuenta el efecto de la inflación.

ALTERNATIVAS CON DIFERENTES VIDAS ECONOMICAS.

Cuando se comparan entre si diferentes alternativas de inversión mutuamente exclusivas, la comparación tiene que hacerse dentro de un horizonte económico común. Si una alternativa resuelve cierto problema durante 10 años y otra sólo durante 5 años, dichas alternativas no son comparables. Sucede con frecuencia que dos equipos alternos tienen vidas diferentes; por ejemplo, supóngase que la vida de cierto motor de combustión interna se estima en 5 años, mientras que la de un eléctrico para el mismo servicio se estima en 10 años. En este caso y en otros análogos, se puede proceder en alguna de las dos formas que se indican a continuación.

1. Criterio del mínimo común múltiplo (MCM). Si no hay bases para prever lo que sucederá más allá de la vida útil de cada equipo, se toma como horizonte económico el mínimo común múltiplo de los periodos de vida de los equipos alternativos, y se supone que cada equipo, al terminar su vida útil, se reemplaza por otro igual, de manera que el flujo de efectivo del primer periodo se repite en los periodos sucesivos.

2. Criterio de servicio. Seleccione primero el horizonte económico más conveniente de acuerdo con la duración y variaciones probables de la demanda del servicio, y con los cambios tecnológicos previsibles. Dentro del horizonte económico seleccionado, considérese para cada alternativa la sucesión de equipos más probable, cuando la vida económica de éstos sea menor que el periodo de estudio. Al final de este, estimase en forma más realista posible el valor de rescate o valor residual de cada equipo o instalación.

EJEMPLOS 3.2.

- a) Un edificio con varios años de usos es necesario instalar nuevos elevadores. Se estudian dos equipos alternos; uno tiene una vida de 15 años, y el otro de 10 años; sin embargo, debido a la rápida transformación que sufre la zona urbana en donde se ubica el edificio, se estima que éste no podrá dar servicio económicamente durante más de 8 años. En este caso el horizonte económico adecuado para el estudio de alternativas de elevadores sería de 8 años y debería estimarse el valor de rescate de cada uno de los equipos al cabo de ese lapso.
- b) Suspongase que se compran económicamente dos equipos de bombeo; uno de ellos tiene una vida estimada de 12 años y el otro de 8 años. Si la instalación dará servicios durante 15 años, es posible que durante este horizonte económico la primera alternativa resulte desfavorable, ya que habría que reponer el equipo a los 12 años y usar el equipo de remplazo durante 3 años nada más. La segunda alternativa se adapta mejor al periodo de servicio. El estudio de ambas alternativas, dentro del horizonte económico de 15 años, definirá cual de ellas es la más funcional.
- c) Al descubrirse un nuevo campo de petróleo se requiere construir un oleoducto y las estaciones de bombeo respectivas para transportar la producción hasta una refinería.

La producción actual es de 10, 000 barriles/día; pero se piensa que al desarrollar el campo, en el curso de 2 años, la producción aumentara a 60, 000 barriles/día y que luego declinara, a una tasa anual de 8%; se estima que la vida económica del campo es de 40 años, considerando las variaciones de la demanda del servicio a lo largo del tiempo.

El lapso de construcción de las instalaciones juega un papel muy importante, pues significa un diferimiento de los ingresos derivados de la producción. En cambio, las diferencias de costos de los sistemas durante los 15 o 20 años tienen poca influencia en los resultados de los análisis, por tanto, podría reducirse considerablemente el horizonte económico de éste sin peligro de hacer una mala selección. Por otra parte, dentro de un horizonte tan amplio (40 años) es muy probable que ocurran cambios tecnológicos tales, que hagan las predicciones actuales inadecuadas por completo.

Podrían cambiar en forma radical las técnicas de explotación, haciendo variar las cifras de producción estimada; podrían desarrollarse técnicas exploratorias que aumentan la potencialidad productora de la región; u es posible que cambiase la tecnología del petróleo, haciendo inadecuada el enfoque actual del problema de su transporte a una refinería, por consiguiente, un criterio aceptable podría ser, limitar el horizonte económico del análisis, por ejemplo a 20 años, y al considerar que al cabo de este lapso las instalaciones dejarían de ser útiles, en cualquiera de las alternativas consideradas.

TABULACIÓN Y REPRESENTACION GRAFICA DEL FLUJO DE EFECTIVO

La forma más útil de calcular y registrar el flujo de efectivo de un proyecto es tabular.

Cuando los conceptos que componen el flujo de efectivo no son muy numerosos, puede usarse una sola tabla, como la mostrada en la figura 3.5. Cada renglón de la tabla corresponde a un elemento del flujo de efectivo, como materiales para mantenimiento o adquisición de equipo. En las columnas se anotan los costos o ingresos que se verifican en cada período. En el último renglón de la tabla se anotan las cifras correspondientes al flujo de efectivo total del proyecto.

Una tabla como la 3.5 puede utilizarse también para presentar en forma resumida un flujo de efectivo complejo que comprenda gran número de conceptos. En este caso, los costos de ingeniería, construcción, operación y desmantelamiento se pueden tabular cada uno por separado, empleando formas como las mostradas en las figuras 3.6, 3.7 y 3.8.

Figura 3.5

| Concepto | Tiempo, <i>t</i> , (Períodos) | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Estudio y proyecto | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Construcción | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Operación y mantenimiento | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Desmantelamiento | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | |

Figura 3.6

| Proyecto _____ | | | | | |
|----------------------------|----------|---|---|---|---|
| Costos de construcción | | | | | |
| Concepto | Períodos | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sección _____ | | | | | |
| Materiales y equipo | | | | | |
| Mano de obra | | | | | |
| Maquinaria de construcción | | | | | |
| Sección _____ | | | | | |
| Materiales y equipo | | | | | |
| Mano de obra | | | | | |
| Maquinaria de construcción | | | | | |
| Sección _____ | | | | | |
| Materiales y equipo | | | | | |
| Mano de obra | | | | | |
| Maquinaria de construcción | | | | | |
| Total costo directo | | | | | |
| Costo indirecto | | | | | |
| Costo total | | | | | |

| Proyecto _____ | | | | | |
|-------------------------|----------|---|---|---|---|
| Costos de ingeniería | | | | | |
| Concepto | Períodos | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Estudio de factibilidad | | | | | |
| | | | | | |
| Estudio del sitio | | | | | |
| | | | | | |
| Ingeniería básica | | | | | |
| | | | | | |
| Ingeniería detallada | | | | | |
| | | | | | |
| Servicios técnicos | | | | | |
| | | | | | |

Figura 3.7

Figura 3.8

| Concepto | Años | | | | | | | | | |
|--|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. <i>Ingresos de operación</i> | | | | | | | | | | |
| 2. <i>Costos de producción y otros gastos (excepto depreciación)</i> | | | | | | | | | | |
| Materias primas y materiales | | | | | | | | | | |
| Servicios auxiliares (energía eléctrica, agua) | | | | | | | | | | |
| Mano de obra directa | | | | | | | | | | |
| Mano de obra indirecta | | | | | | | | | | |
| Otros costos indirectos de producción | | | | | | | | | | |
| Ventas y promoción | | | | | | | | | | |
| Administración de la planta | | | | | | | | | | |
| Otros | | | | | | | | | | |
| 3. <i>Aumento del capital de trabajo</i> | | | | | | | | | | |
| Aumento del capital de trabajo efectivo | | | | | | | | | | |
| Aumento de inventario de insumos de producción | | | | | | | | | | |
| Aumento de cuentas por cobrar | | | | | | | | | | |
| Aumento de cuentas por pagar (restar) | | | | | | | | | | |
| 4. <i>Ajustes por efectos del proyecto en otras partes de la empresa</i> | | | | | | | | | | |
| Disminuciones de ingresos por otros productos | | | | | | | | | | |
| Incremento de costos de servicios generales | | | | | | | | | | |
| Incrementos de costos de operación de otros departamentos | | | | | | | | | | |
| Incremento de costos de administración general | | | | | | | | | | |
| 5. <i>Ajustes por impuestos</i> | | | | | | | | | | |
| Menos: ahorros de impuestos por depreciación | | | | | | | | | | |
| Aumento de impuestos, sin considerar depreciación | | | | | | | | | | |
| 6. <i>Egresos de efectivo 2 + 3 + 4 + 5</i> | | | | | | | | | | |
| 7. <i>Flujo de efectivo 1 - 6</i> | | | | | | | | | | |

Ejemplo de aplicación 3.2

La tabla 3.1 contiene la tabulación del flujo de efectivo (hipotético) para una planta en la que se fabricará un nuevo producto. Se tomó como tiempo cero el momento en que se terminaron los estudios preliminares y se decidió construir la planta.

La ingeniería de proyecto se desarrolla durante los años 1 y 2, con un costo total de \$ 3,000,000. Durante el año 2 se adquiere el terreno y se realiza la mayor parte de la construcción. En el año 3 se termina la construcción y la planta comienza a operar; se invierten 2,000,000 en capital de trabajo, incluyendo inventarios de materias primas, materiales y productos, los costos de operación son elevados por los problemas usuales de arranque de las instalaciones; los ingresos por ventas aún no alcanzan su valor esperado.

En años sucesivos, la producción alcanza su valor normal; se prevé que en los años 8, 9 y 10 los ingresos por ventas disminuirán debido a la aparición de nuevos productos en el mercado, y los costos de operación y mantenimiento aumentarán. Se supone que, de acuerdo con la ley, el cargo anual aplicable por depreciación será de 12.5% sobre la inversión en construcción de la planta (20,000,000), y que la tasa de impuesto para la empresa es del 40% de sus ingresos gravables. Se prevé que al finalizar el año 10 se dismantelará la planta y se obtendrá una recuperación neta de capital de 3,000,000, abarcando valor del terreno y capital de trabajo recuperable. Este ingreso se toma también en cuenta para calcular el impuesto de ese año.

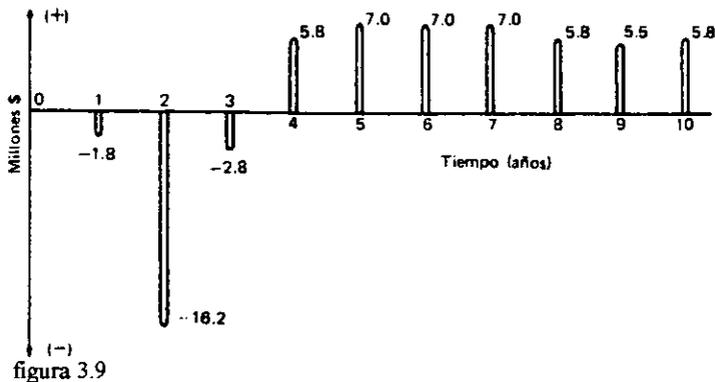
En el último renglón se consigna el flujo de efectivo total en cada año, que es la suma algebraica de los renglones 1,2, 3 y 4.

Flujo discreto La representación gráfica de un flujo de efectivo discreto se hace mediante un diagrama de barras, según se muestra en la figura 3.9, que corresponde al flujo del ejemplo 3.1.

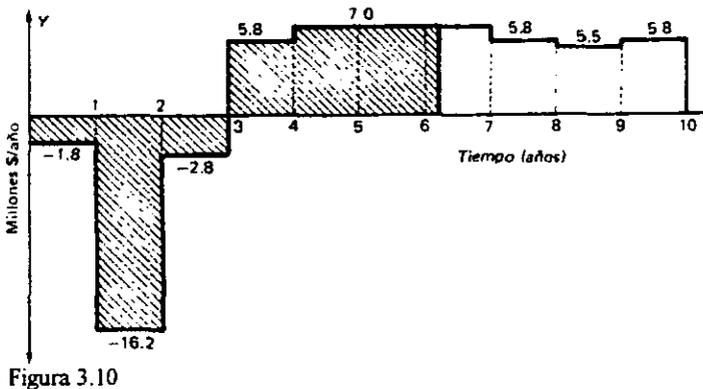
La escala de tiempos se representa sobre el eje horizontal; los ingresos (flujo positivo) se indican con barras hacia arriba y los egresos (flujo negativo) con barras hacia abajo. Se supone que los ingresos y/o egresos de cada periodo se realizan al final del mismo; por tanto, las barras se ubican al final del periodo en que tuvieron lugar los ingresos o egresos respectivos; su longitud representa la magnitud total de los ingresos o egresos por periodo, considerados en forma discreta.

Tabla 3.1

| Concepto | Tiempo, t (años) | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. Estudio y proyecto | - 1,800 | - 1,200 | | | | | | | | |
| 2. Construcción | | - 15,000 | - 5,000 | | | | | | | |
| 2.1 Terreno | | - 1,000 | | | | | | | | |
| 2.2 Construcción | | - 14,000 | - 3,000 | | | | | | | |
| 2.3 Capital de trabajo | | | - 2,000 | | | | | | | |
| 3. Operación y mantenimiento | | | 2,200 | 5,800 | 7,000 | 7,000 | 7,000 | 5,800 | 5,500 | 2,800 |
| 3.1 Ingresos por operación | | | 5,000 | 10,000 | 12,000 | 12,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 8,000 |
| 3.2 Costos de operación | | | - 3,000 | - 2,000 | - 2,000 | - 2,000 | - 2,000 | - 2,000 | - 2,500 | - 3,000 |
| *Depreciación (12.5%) | | | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 | - 2,500 |
| *Ingreso gravable | | | - 500 | 5,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 5,500 | 5,500 | 5,500 |
| 3.3 Impuesto s/renta (40%) | | | + 200 | - 2,200 | - 3,000 | - 3,000 | - 3,000 | - 2,200 | - 2,000 | - 2,200 |
| 4. Desmantelamiento: | | | | | | | | | | 3,000 |
| TOTAL | - 1,800 | - 16,200 | - 2,800 | 5,800 | 7,000 | 7,000 | 7,000 | 5,800 | 5,500 | 5,800 |



Flujo escalonado. El flujo de efectivo puede suponerse también continuo y constante durante cada periodo, aunque variable de un periodo a otro. Esta hipótesis es más realista que la anterior en la mayoría de los casos, ya que por lo general los ingresos y egresos se distribuyen a todo lo largo del tiempo. En este caso, la gráfica correspondiente es escalonada, según se muestra en la figura 3.10 que ilustra el mismo flujo de la figura anterior. Las abscisas de la gráfica representan los tiempos t expresados en años, y las ordenadas, el flujo de efectivo promedio durante cada año, expresado en \$/año. La gráfica es discontinua en los puntos $t = 1, 2, \dots, 9$, y continua en los demás puntos. Se llamará *flujo escalonado* a este modelo de flujo de efectivo.



El punto c representa el tiempo en que el monto de ingresos netos (área positiva) es igual al de la inversión previa (área negativa), es decir, *el tiempo de recuperación de la inversión*.

Otra representación aproximada del flujo de efectivo se obtiene suponiendo que el valor promedio para cada periodo (ordenadas del diagrama anterior, figura 3.10) se realiza nada más en la fecha que corresponde al punto medio de dicho periodo, y que entre estos puntos el flujo de efectivo varía linealmente, como se muestra en la figura 3.11. En ésta, la línea punteada es una

reproducción del diagrama anterior, con fines comparativos. Las ordenadas del nuevo diagrama (línea continua) están expresadas también en \$/año. La gráfica es continua en todos sus puntos, aunque la pendiente presenta discontinuidades. Este modelo de flujo de efectivo se denominará *flujo lineal*. El área entre la línea quebrada y el eje t es la misma que en el diagrama de la figura 3.10 para $i=0.5, 1.5, 2.5$, etc.

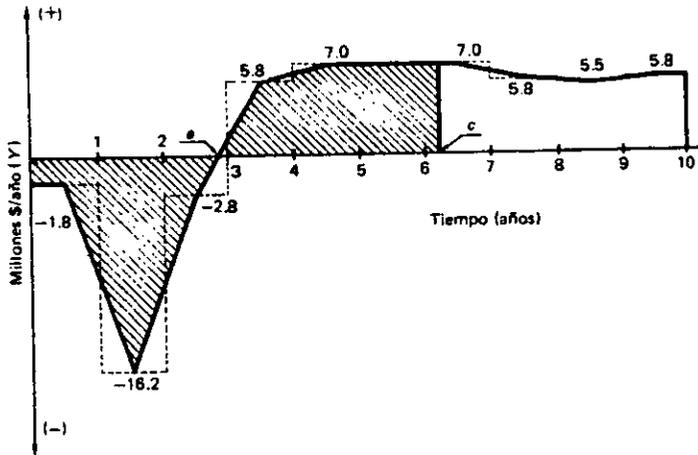


figura 3.11

Flujo continuo Por último, a veces el flujo de efectivo puede representarse por una curva continua, con pendiente también continua. En este caso, por lo general los tiempos (abscisas) se expresan en años y los flujos de efectivo (ordenadas) en \$/año. La gráfica puede representarse analíticamente por medio de una o más ecuaciones, elegidas en forma adecuada.

Nótese que las ordenadas en las figuras 3.10, 3.11, representan una corriente continua de dinero y están expresadas en \$/año, en correspondencia con las unidades de tiempo usadas (años). Sin embargo, en cualquiera de dichas gráficas, las ordenadas representan valores instantáneos de la corriente o flujo de efectivo, los cuales podrían expresarse también en \$/día, \$/hora, etc.

3.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS MEDIANTE INCREMENTOS DE FLUJO

Sean dos alternativas de inversión mutuamente exclusivas "A" y "B", y sean $(FE)A$ y $(FE)B$ los flujos de efectivo correspondientes.

Se puede escribir la identidad

$$(FE)_B = (FE)_A + [(FE)_B - (FE)_A]$$

FĒ= flujo de efectivo

Si el *flujo de efectivo incremental* $[(FE)_B - (FE)_A]$ es deseable o conveniente, la alternativa "B" será preferible a la "A", puesto que el flujo de efectivo correspondiente a "B" será igual al de "A" más un flujo deseable.

Por tanto, el procedimiento general para comparar económicamente dos alternativas de inversión "A" y "B", suponiendo que la inversión inicial de "B" sea mayor que la de "A",

Será:

1. Determinar el flujo de efectivo $(FE)_A$ asociado a la alternativa "A".
2. Especificar el flujo de efectivo $(FE)_B$ asociado a la alternativa "B".
3. Restar el primer flujo del segundo a fin de obtener el flujo incremental $(FE)_{B-A} = (FE)_B - (FE)_A$
4. Aplicar un *criterio de evaluación* apropiado para determinar la conveniencia de $(FE)_{B-A}$. Si este flujo incremental resulta conveniente, "B" es mejor que "A", es decir, se justifica la inversión adicional exigida por "B"; en caso contrario, "A" es preferible a "B"

En las Secciones subsecuentes se indican dos criterios de evaluación que pueden usarse.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

Cuando se presentan varias alternativas mutuamente exclusivas, se deben comparar por partes, de acuerdo con este procedimiento general:

1. Enlistar las alternativas y flujos de efectivo correspondientes, en orden ascendente de inversión inicial.
2. Considerar primero la alternativa con la menor inversión inicial como la mejor hasta ahora. Siempre que la inversión no sea obligatoria, la alternativa cero se deberá tomar en principio como la mejor hasta ahora
3. Comparar la alternativa mejor hasta ahora con la siguiente (no considerada antes) de la lista, como se indicó para el caso de dos alternativas, y tomar la mejor como la "mejor hasta ahora".

4. Repetir el paso 3 hasta agotar todas las alternativas; la que quede al final como mejor hasta ahora será la alternativa óptima.

Mediante los procedimientos señalados, el problema de comparación económica de alternativas de inversión mutuamente exclusivas se reduce al de evaluación de un flujo de efectivo. Para realizar dicha evaluación se requiere un criterio que indique si el flujo de efectivo analizado conviene al inversionista.

3.4 SALDOS Y DIAGRAMAS DE UN PROYECTO

Para aplicar el significado del valor futuro considérese un proyecto con el flujo de efectivo representado en la figura (3-A). El proyecto considerado es un subsistema de la empresa; por tanto, toma de esta los fondos de inversión necesarios y le entrega los ingresos netos provenientes de su operación. El préstamo por parte de la empresa del capital invertido en el proyecto y aún no recuperado, mediante los ingresos generados por éste, se efectúa a la tasa de interés i , ósea la TVC o utilidad marginal del capital para la empresa. De igual manera los ingresos provenientes del proyecto se invierten en la empresa a la misma tasa, i . Al final de cada año, dentro del horizonte económico considerado, se puede calcular el saldo de proyecto (deudor acreedor), como se indica a continuación.

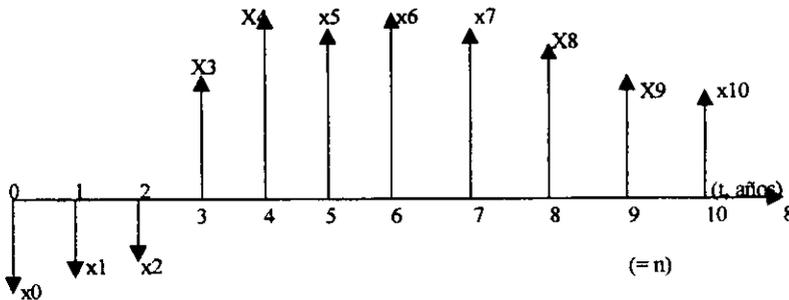


figura (3-A)

En el tiempo cero, el saldo del proyecto es simplemente $S_0 = X_0$, al final del año 1, el saldo del proyecto sería

$$S_1 = X_0 (1+i) + X_1$$

En estas expresiones y en las siguientes, cada X debe tomarse con el signo que le corresponda, o sea, positivo, si se trata de un ingreso, y negativo, en el caso de que se trate de un egreso.

En el ejemplo de la fig 3-A., X_0 a X_2 tendrían signo negativo; X_3 a X_{10} . Positivo.

Al final del año 2, el saldo del proyecto sería

$$S_2 = S_1(1+i) + X_2$$

$$= X_0(1+i)^2 + X_1(1+i) + X_2$$

De la misma manera al final del año 3

$$S_3 = S_2(1+i) + X_3$$

$$= X_0(1+i)^3 + X_1(1+i)^2 + X_2(1+i) + X_3$$

En general, el saldo del proyecto en el año j sería:

$$S_j = S_{j-1}(1+i) + X_j$$

Que se transforma en

$$S_j = X_0(1+i)^j + X_1(1+i)^{j-1} + \dots + X_{j-1}(1+i) + X_j$$

O sea,

$$S_j = \sum_{t=0}^j X_t(1+i)^{j-t}$$

Puede verse que:

El saldo (S_j) del proyecto en un año j cualquiera es igual al valor futuro del flujo de efectivo parcial, del año 0 al año j . El saldo final (S_n) es igual al valor futuro del proyecto.

Mientras el saldo del proyecto sea negativo, éste es deudor de la empresa. Si el saldo llega a ser positivo (acreedor), ello significa que el proyecto ha saldado a la empresa el capital aportado, más los intereses generados a la TVC especificada, y, además ha incrementado el patrimonio de la empresa en la suma S_j , y lo seguirá incrementando en la medida en que crezca el saldo acreedor en años posteriores. Así

El valor futuro (VF) del FE de un proyecto representa el incremento del patrimonio de la empresa, como resultado del mismo, a la fecha de su terminación ($t = n$)

Ejemplo 3.4:

Supóngase que el flujo efectivo mostrado en la fig. 3A tiene los valores consignados en las dos primeras columnas de la siguiente tabla. Supóngase además, que la TVC de la empresa es $i = 10\%$

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|---------|
| Año J | Flujo de efectivo X_j | Saldo del proyecto al final del año j | Intereses generados en el periodo j | pago del capital en el año j | FX(0,J) |
| 0 | -801 | -80 | -80 | 0 | -80 |
| 1 | -120 | -208 | -8.0 | 0 | -208 |
| 2 | -100 | -328.8 | -20.8 | 0 | -328.8 |
| 3 | 50 | -311.7 | -32.9 | 17.1 | -311.7 |
| 4 | 80 | -262.9 | -31.2 | 48.8 | -262.8 |
| 5 | 80 | -209.2 | -26.3 | 53.7 | -209.2 |
| 6 | 100 | -130.1 | -20.9 | 79.1 | -130.1 |
| 7 | 100 | -43.1 | -13.0 | 87.0 | -43.1 |
| 8 | 80 | -32.6 | -4.3 | 43.1 | 32.6 |
| 9 | 80 | 115.9 | 3.3 | - | 115.9 |
| 10 | 50 | 177.5 | 11.6 | - | 177.51 |
| | | | | $\Sigma 328.8$ | |

En la columna 3 se consigna el saldo del proyecto al final de cada año, en la 4ª el monto de los intereses generados durante el año por el saldo existente; y en la 5ª el pago del capital, después de liquidados los intereses.

En el año 0, el saldo es menos 80 y genera intereses de -8.0 durante el año 1 al 10%. Como se ve, en las cifras de la columna 4 son el 10% de las cifras correspondientes al año anterior de la columna 3.

Durante los 3 primeros años no hay ingresos del proyecto y, por consiguiente el pago del capital (columna 5) es cero. En el año 3 hay un ingreso de 50; después de pagar 32.9 de intereses, quedan 17.1 para pago al capital; esta cifra se resta numéricamente del saldo del año anterior, para obtener el nuevo saldo.

Se procede igual en los años 4 al 7. En el año 8, el ingreso de 80 es suficiente para pagar los intereses (4.3) y liquidar el saldo anterior (43.1), quedando un saldo a favor del proyecto de 32.6. En los años 9 y 10 el pago del capital es cero, puesto que ya ha sido pagado. Los intereses son a favor del proyecto (positivos), y se suman al saldo anterior y al ingreso del año para integrar el nuevo saldo.

El saldo final del proyecto resultado de 177.5 cantidad en la que se incrementa el patrimonio de la empresa, en el año 10.

En la columna 6 se consigna, como comprobación, el valor futuro del flujo desde el año 0 hasta el año de la columna 1. Por ejemplo para el año 5:

$$FX(0,5) = -80(1.1)^5 - 120(1.1)^4 - 100(1.1)^3 + 50(1.1)^2 + 80(1.1) + 80 = -209.1$$

Y para el flujo total,

$$FX(0,10) = -80(1.1)^{10} + 120(1.1)^9 - 100(1.1)^8 + 50(1.1)^7 + 80(1.1)^6 + 80(1.1)^5 + 100(1.1)^4 + 100(1.1)^3 + 80(1.1)^2 + 80(1.1) + 50 = 177.5$$

3.5 FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO (FEA)

El flujo acumulativo (FEA) en el tiempo t resulta de sumar los elementos del flujo desde el tiempo 0 hasta el tiempo t . Así, para un flujo discreto como el de la figura 3-A.

$$Y_j = (FEA)_j = \sum_{t=0}^j X_t \quad \text{Ec 3.7.}$$

Donde:

$$Y_j = (FEA)_j = \text{flujo de efectivo en el año } j$$

$$X_t = \text{elemento de flujo de efectivo}$$

Para los valores supuestos en el ejemplo anterior el diagrama de FE es el mostrado en la figura (3a); el diagrama respectivo se muestra en la figura (3b).

Nótese que el FEA permanece constante durante cada año, es decir,

$$Y_t = Y_j \text{ para } j \leq t < j + 1$$

Puesto que el FE esta concentrado al final de cada año.

En la figura 3-B1 se muestra el mismo FE del ejemplo anterior excepto que ahora se supone escalonado, es decir, continuo y uniforme durante cada año (salvo para $t = 0$, en que se supone concentrado). La figura 3-B2 es el diagrama FEA correspondiente. En este caso, al final del año m .

$$Y_m = \sum Y_j(\Delta t)_i \quad (1 \leq m < n)$$

Donde:

Y_i = flujo uniforme (\$/ año) en el periodo de $t = j$ a $t = j+1$

$(\Delta t)_j$ = duración en años del periodo de $t = j$ a $t = j + 1$ (en este caso igual a la unidad para todos los valores de j).

n = horizonte del proyecto en (años).

Fig. 3-B1 (diagrama FE)

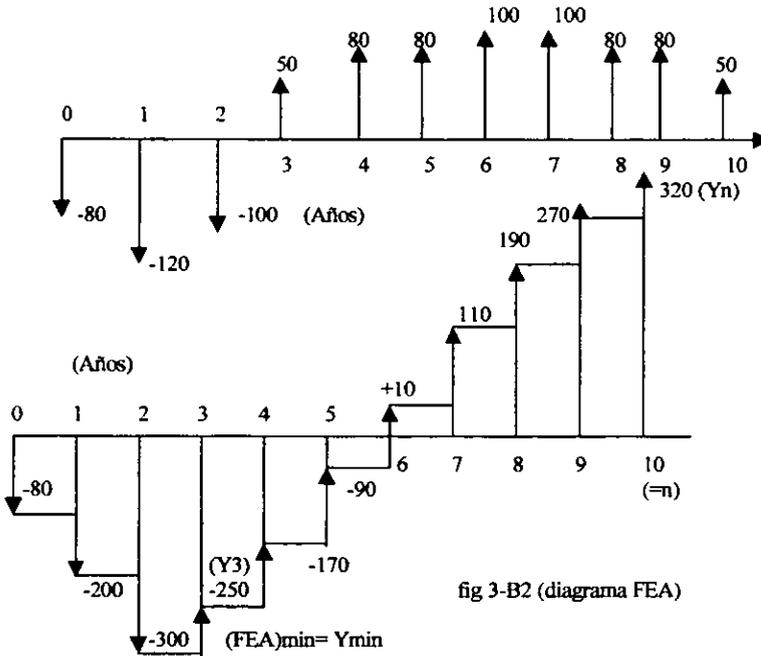
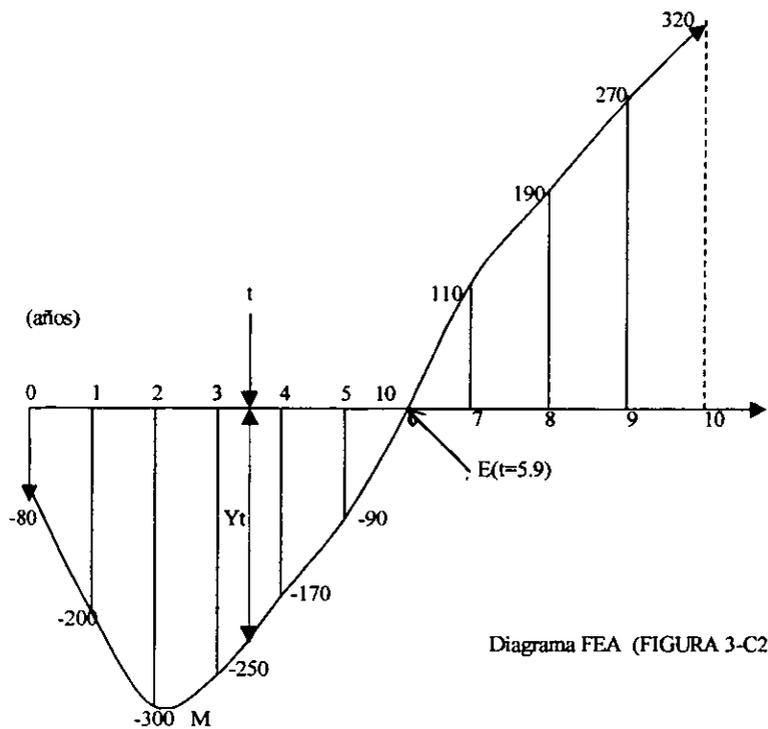
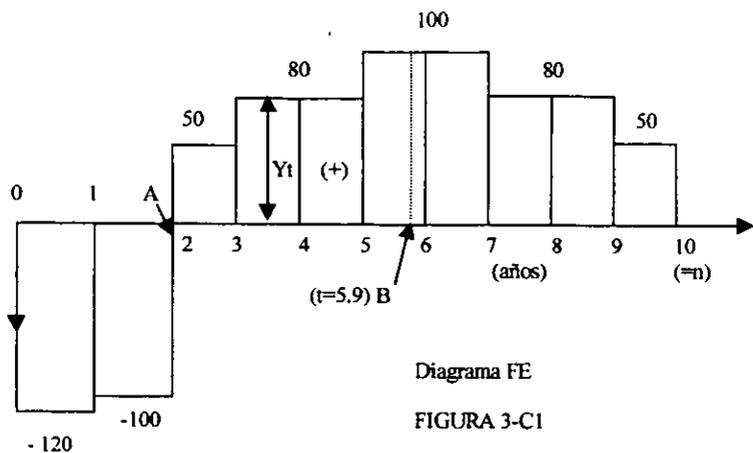


fig 3-B2 (diagrama FEA)



Los valores Y_1, Y_2, \dots, Y_n corresponden a las ordenadas del diagrama de la figura 3-C2 en los puntos de quiebre. Para puntos intermedios,

$$Y_t = Y_m + Y_{m+1} (t-m)$$

Donde

$$m < t < m + 1$$

por ejemplo, para $t=3.5$ años ($m=3$),

$$Y_{3.5} = (-250) + (80)(0.5) = -210 (\$ \text{ año})$$

Obsérvese que las ordenadas Y_t del diagrama de la figura 3B son numéricamente iguales a las pendientes de los segmentos respectivos en el diagrama de la figura 3c-2, mientras que las ordenadas de este último (Y_t) son iguales a las de las áreas bajo la línea escalonada del primer diagrama, desde $t=0$ hasta t , más (-80) que es el flujo concentrado inicial. El punto M (mínimo) del segundo diagrama corresponde al punto A del primero, en donde el FE cambia de signo; y el punto E ($Y_t = 0$) corresponde a B, donde el flujo negativo (área de 0 a A) más el flujo concentrado inicial es igual al positivo (área de A a B).

Si no se considera el valor tiempo del capital, lo que equivaldría a suponer la $TVC = 0$, el FEA en el tiempo t sería idéntico al saldo del proyecto en ese mismo tiempo, puesto que representa el balance neto del FE hasta ese momento. Por ejemplo el saldo del proyecto, con el flujo de efectivo de la figura 3c-1, 3c-2 en el tiempo $t=3.5$ sería

$$S_{3.5} = (FEA)_{3.5} = Y_{3.5} = -210$$

Resultado que indica un saldo deudor en esa fecha. La misma figura muestra que el saldo final sería $S_{10} = 320$ (acreedor).

3.6 EVALUACIÓN DE FLUJOS MEDIANTE VALOR PRESENTE Y VALOR FUTURO

en la sección 3.4 se demostró que el saldo final de un proyecto es igual al valor futuro de su flujo de efectivo

$$S_n = \sum_{t=0}^n X_t(1+i)^{n-t} = VF$$

E-3.8

O bien, si el flujo es continuo, $X = f(t)$,

$$S_n = \int_0^n f(t) \cdot e^{r(n-t)} dt = VF$$

E-3.9

Se llega a la conclusión de que VF del flujo de efectivo de un proyecto representa el incremento, (si es positiva), o la disminución (en caso contrario) del patrimonio de la empresa, como resultado del proyecto a la fecha de su terminación después de producir a la empresa utilidades del TVC % sobre el capital no recuperado.

La conclusión anterior permite establecer el siguiente criterio para determinar la deseabilidad o conveniencia de un flujo efectivo, para la empresa:

CRITERIO DEL VALOR FUTURO

Un flujo de efectivo es conveniente cuando el valor futuro VF del mismo es igual o mayor que cero, a la TVC de la empresa.

En efecto, un VF positivo significa que la empresa:

- Recupera en su totalidad el capital invertido.
- Obtiene en cada periodo una utilidad de TVC % sobre el capital invertido aún no recuperado. Recuérdese que la TVC es el % de utilidad mínimo que la empresa considera aceptable.
- Incrementa su patrimonio futuro en (t = n) en la cantidad VF, además de obtener la utilidad mencionada en b).

En el caso de que VF = 0, la empresa obtiene de su capital la utilidad mínima que considera aceptable. Cuando VF < 0, la empresa no obtiene dicha utilidad mínima aceptable, por lo cual el flujo respectivo es indeseable.

El valor futuro dado por E-3.8 se puede transformar en un valor presente VP equivalente, multiplicado por el factor (P/F, i,n) correspondiente:

$$VP = (VF) (P/F, i, n)$$

$$= \sum_{t=0}^n X_t \frac{(1+i)^{n-t}}{(1+i)^n} = \sum_{t=0}^n X (1+i)^{-t}$$

Para un flujo continuo, E-3.9 se transforma de modo semejante:

$$= \int_0^n f(t) \cdot e^{-rt} \cdot e^{-rn} dt$$

$$= \int_0^n f(t) \cdot e^{-rt} dt$$

Puesto que los factores (P/F) son positivos, VP tiene el mismo signo que VF o ambos son nulos. En consecuencia, el criterio de aceptabilidad de un flujo de efectivo puede expresarse en términos de su valor presente

VALOR PRESENTE

Un flujo de efectivo es conveniente cuando el valor presente VP del mismo es igual o mayor que cero, a la TVC de la empresa.

El significado del VP es idéntico al del VF, excepto que representa el incremento actual ($t = 0$) del patrimonio de la empresa. Por costumbre, casi siempre se usa el criterio VP, de preferencia al VF. Sin embargo, el significado de este último es más claro, al identificarlo con el saldo final del proyecto.

El VP de un proyecto es la cantidad que podría pagarse por el derecho a ejecutarlo, obteniendo todavía la utilidad mínima especificada TVC sobre el saldo del proyecto en cada año.

Ejemplo 3.5

A una empresa se le presentan 5 alternativas de inversión, mutuamente exclusivas, algunas de las cuales debe elegirse, por tratarse de un servicio indispensable. La TVC para la empresa es de 12 % anual. Todas las alternativas tienen una vida económica de 8 años y los flujos de efectivo son:

| ALTERNATIVA | INVERSION INICIAL ($t=0$) (M \$) | INGRESO NETOS ANUALES ($t=1, \dots, 8$) (M \$) |
|-------------|------------------------------------|--|
| A | -500 | 100 |
| B | -600 | 125 |
| C | -750 | 160 |
| D | -840 | 200 |
| E | -1000 | 230 |

Sé seguirá el procedimiento descrito en la sección anterior.

El flujo incremental B – A es:

| | |
|-------------------|------------------------|
| Inversión inicial | ingresos netos anuales |
| -100 | +25 |

el VP de este flujo incremental es:

$$\begin{aligned} (VP) B - A &= -100 + 25(P/A, 12\%, 8) \\ &= -100 + 25 \times 4.9676 = 24.2 > 0 \end{aligned}$$

Por tanto, B es mejor que A.

Al comparar enseguida C con B (la mejor hasta ahora):

$$(VP) C - B = -150 + 35 * 4.9676 > 0$$

por tanto, C es mejor que B, es decir, C se convierte en la alternativa mejor hasta ahora.

Asimismo,

$$(VP) D - C = -90 + 40 * 4.9676 > 0$$

Entonces D es la alternativa mejor hasta ahora.

Por último,

$$(VP) E - D = -160 + 30 + 4.9676 < 0$$

D aún es la alternativa mejor hasta ahora. Puesto que se revisaron todas las alternativas, D es la alternativa óptima.

3.7 CRITERIO DE SELECCIÓN PARA EL VALOR PRESENTE

Considérese 2 alternativas mutuamente exclusivas A y B, siendo la inversión inicial en B mayor que en A, y sean :

(VP)A = Valor presente del flujo de efectivo asociado a la alternativa A

(VP)B = Valor presente del flujo de efectivo asociado a la alternativa B

(VP)B-A = Valor presente de la diferencia entre el segundo flujo de efectivo y el primero.

Entonces,

$$(VP)B = \sum_{j=0}^n X_{jA} (P/F, i, j)$$

donde:

X_{jA} = componente del flujo de efectivo A en el año j.

n = horizonte económico de las alternativas (años).

De modo análogo

$$(VP)B = \sum_{j=0}^n X_{jB} (P/F, i, j)$$

Por lo tanto,

$$(VP)B - (VP)A = \sum_{j=0}^n (X_{jB} - X_{jA}) (P/F, i, j)$$

$$(VP)B - (VP)A = (VP)B - A$$

De esta última igualdad se deduce que:

$$\text{Si } (VP)B - A \geq (VP)A$$

En otras palabras, si de acuerdo con el criterio VP expuesto anteriormente B es preferible a, el valor presente del flujo B es mayor o igual que el de A. Por tanto, el criterio de VP también puede enunciarse:

Dado un conjunto de alternativas mutuamente exclusivas, la alternativa óptima es aquella cuyo flujo de efectivo tiene el VP máximo. De dos o más alternativas que tienen el mismo VP, la óptima es aquella que ofrece la mayor inversión inicial.

Lo anterior significa que al aplicar el criterio VP, no es necesario obtener las diferencias de flujo entre alternativas, si no que se puede calcular directamente el VP del flujo correspondiente a cada opción y seleccionar la que tenga máximo VP.

3.8 APLICACIÓN DEL VALOR PRESENTE EN EVALUACION DE PROYECTO

El valor de un bien mueble o inmueble se determinan con frecuencia en función de los ingresos o beneficios netos que pueden obtenerse del mismo. Este método de valuación constituye una aplicación particular del criterio VP para análisis de alternativas. En este caso, las alternativas son comprar o no comprar, desde el punto de vista del comprador, y vender o no vender, para el vendedor. El VP del flujo de efectivo esperado marca el límite entre la aceptación y el rechazo de la operación al compararlo con el precio ofrecido.

Por ejemplo, el valor de un edificio de departamentos puede obtenerse con base en las rentas que produce durante su vida útil, deducidos los costos de operación y mantenimiento. De igual manera puede estimarse el valor de un bono, una acción una instalación industrial, o aun una empresa. En todos estos casos, el valor presente de flujo de ingresos y egresos esperado, calculado a la TVC del presunto comprador, es la medida del valor que para éste representa el bien por adquirir.

Ejemplo 3.6.

Una casa habitación; con 3 recamaras, tiene una superficie cubierta de 120 m², y esta ubicada en un terreno de 160 m². La casa fue construida hace 9 años y se le estima una vida útil total de 25 años. El terreno tiene un valor actual de \$ 7,000 m² y se prevé que ese valor se conservara en forma indefinida; a la construcción nueva de esta misma clase se le estima un costo de \$ 10, 00/m². Los ingresos y egresos que pueden esperarse de este inmueble (sin considerar inflación) son:

| | |
|--|------------------------------------|
| Renta durante los próximos 8 años | \$ 25,000/mes |
| Renta durante el resto de la vida útil | \$ 20,000/mes |
| Mantenimiento | \$ 10,000/en el 10° año aumentando |
| | \$ 1,000/año en cada año sucesivo. |
| Impuesto predial | \$ 3,000/bimestre |
| Valor de rescate | \$ 1,120,000 al final del 25° año. |

- Hágase el avalúo del inmueble con base en los costos del terreno y de la construcción, estimando la depreciación de esta en forma lineal.
- Hágase un avalúo con base en el VP del flujo de efectivo esperado
- Compárese los resultados de a) y b).

Solución:

| | |
|--|--------------|
| a) Valor del terreno, 160 * 7,000 | \$ 1 120,000 |
| Costo original de la construcción (1,200,000) menos 9/25=36% de depreciación (432,000), valor de jardinería y obras exteriores (estimado) | \$ 768,000 |
| | \$ 32,000 |
| | ----- |
| Valor actual del inmueble | \$ 1,920,000 |

- a) Se supone que para el comprador potencial, la TVC es de 10 % anual:

VP de las rentas durante los
Próximos 8 años

$$12 * 25,000 * (P/A, * 10 \%, 8) \quad 5.3399 \quad = \$ 1,600,000$$

VP de las rentas durante los
Últimos 8 años:

$$12 * 20,000 * (P/A, 10\%, 8) (P/F, 10 \%, 8) \quad 5.3399 \quad = \$ 597,000$$

VP del valor de la venta del terreno dentro de 16 años:

$1,120,000 * (P/F, 10\%, 16) =$ \$ 244,000

VP de gastos constantes de
Mantenimiento:

$10,000 * (P/A, 10\%, 16) =$ \$ 78,000

VP de gastos incrementales
De mantenimiento:

43.416

$1,000 * (P/G, 10\%, 16) =$ \$ 43,000

VP del impuesto predial:

7,8237

$3000 * 6 * (P/A, 10, 16) =$ \$ 141,000

\$ 262,000

VP del flujo de efectivo esperado: \$ 2,179,000

- b) En este caso los dos métodos de valuación arrojan resultados parecidos; el método del VP da una cifra superior, lo que indica que el inmueble tiene un buen valor comercial y que la inversión hecha de un resultado satisfactorio hasta ahora.

Por lo general, en casa o edificios antiguos, aunque bien conservado, el avalúo con base en los costos de resultados superiores a los del método VP, ya que las rentas del inmueble son reducidas, el valor dado por el VP es el que gobierna, lo que apunta la conveniencia de dar otro uso al terreno, por ejemplo construyendo un nuevo edificio.

CAPITULO IV

EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS

4.1 ANÁLISIS ECONÓMICO EN PROYECTOS

En esta obra se denomina genéricamente *sistema* al conjunto de elementos y procesos asociados a un proyecto de ingeniería, sea en la etapa de integración o en la de operación, el cual constituye el objeto del análisis económico.

Aunque el término *sistema* se reserva en ocasiones a proyectos de gran magnitud, se empleará aquí en forma más general, ya que los principios y métodos del análisis económico pueden aplicarse a cualquier proyecto sin importar su magnitud y complejidad.

Los siguientes ejemplos ilustran los elementos que configuran los sistemas y los problemas que éstos plantean.

Máquina para construcción (figura 4.1)

Una grúa o un bulldozer, por ejemplo, es un sistema mecánico capaz de ejecutar determinadas operaciones que forman parte del proceso constructivo de una obra. Desde el punto de vista del constructor podrían considerarse las siguientes cuestiones: ¿qué características debe tener la máquina?, ¿Son adecuados sus diversos componentes para realizar el trabajo requerido?, ¿Conviene comprarla o alquilarla?, ¿Conviene conservarla cuando llega a cierta edad?, ¿Qué inventario de refacciones conviene tener para su mantenimiento?, Y otras más, cuyas respuestas se investigan en función del objetivo de operación óptima.

Máquina-operador (figura 4,2)

Considérese la máquina del ejemplo anterior, pero incluyendo a su operador u operadores; este *sistema*, un poco más complejo, plantea problemas adicionales: ¿cómo seleccionar al operador?, ¿Conviene contratarlo permanentemente?, ¿En qué forma se puede controlar y mejorar la productividad del sistema Máquina-operador?, ¿Cómo disminuir los riesgos de operación de la máquina? La adecuada respuesta a estos puntos tiende a obtener la mayor eficiencia del sistema dentro del contexto en que opera

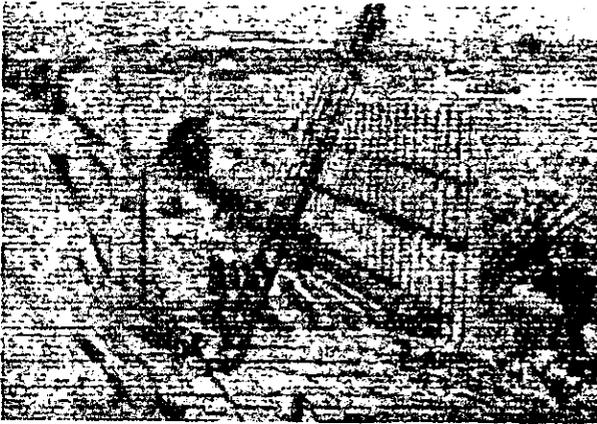


Figura 4.1

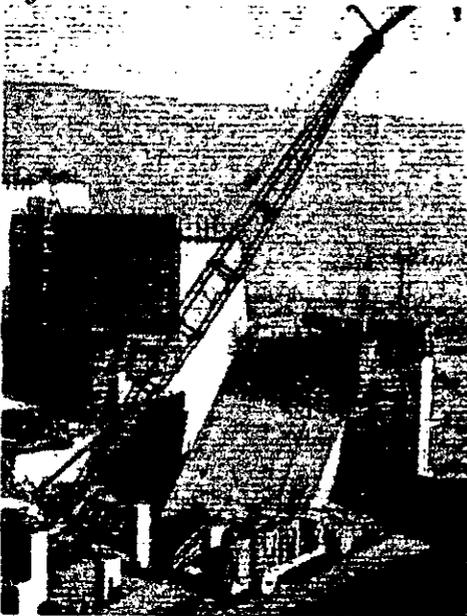


Figura 4.2

Obra (figura 4.3)

Una obra es un *sistema* mucho más complejo; por lo general está compuesto por muchos elementos, entre los cuales destacan: máquinas, instalaciones, operadores, operarios, obreros, ingenieros y administradores. En adición a los problemas que se mencionan en los ejemplos anteriores, se plantean las siguientes interrogantes:

¿Qué plan de construcción conviene seguir?, ¿Qué secuencias de actividades deben establecerse?, ¿Qué maquinaria conviene emplear?, ¿Cuántas máquinas de cada clase?, ¿Qué técnicas de construcción?, ¿Cómo lograr el costo mínimo de la obra dentro de las restricciones establecidas?, y muchísimas otras

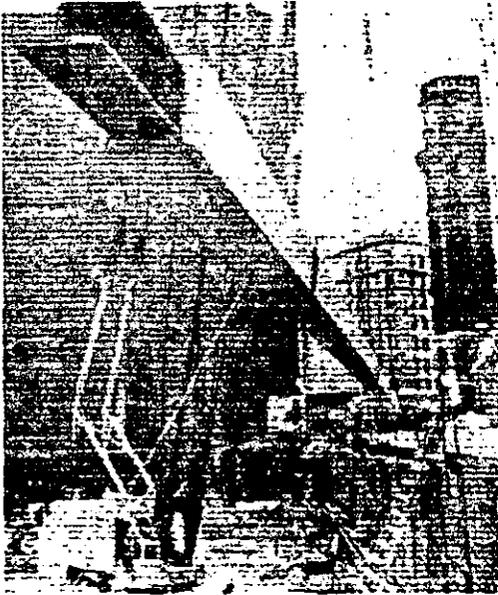
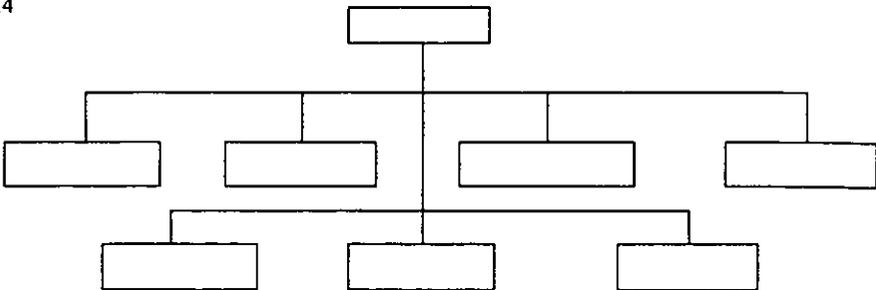


Figura 4,3

Empresa constructora (figura 4.4)

La empresa de construcción constituye un *sistema* socioeconómico y técnico, establecido con el fin de obtener utilidades mediante la prestación de un servicio dentro de la industria de la construcción. Los problemas característicos *de* una empresa son aún más complejos: ¿en qué campo específico de la Construcción operar?, ¿Qué tipo de organización adoptar?, ¿En qué concursos de obras participar?, ¿Qué equipo adquirir?, ¿Qué actividades y servicios centralizar?, y otras más.

Figura 4.4



Los ejemplos anteriores demuestran algunas características comunes a todos. los sistemas:

- a) Están compuestos por numerosos elementos, que pueden ser objetos físicos, máquinas, hombres; y aun cosas inmateriales, como energía e información.
- b) Los elementos que integran el sistema deben actuar de manera armónica para lograr objetivos determinados.
- c) Todos los sistemas producen algo, que puede consistir en trabajos materiales, objetos físicos, o servicios diversos.
- d) Por lo general, los sistemas consumen recursos para llenar su objetivo; dichos recursos pueden ser de muy diversas clases.
- e) Con frecuencia, el término sistema se asocia a conjuntos complejos; sin embargo, la complejidad depende del punto de vista del analista: una máquina es un elemento simple para quien la utiliza, pero es un sistema muy complejo desde la perspectiva de la que la diseña y la fabrica.

Un sistema es un conjunto de elementos que actúan en forma coordinada para la consecución de objetivos determinados. Esta definición implica los siguientes conceptos, que es importante corroborar aplicándolos mentalmente a los ejemplos anteriores.

- a) *Complejidad.* Los sistemas son *conjuntos*, es decir, entidades complejas. Un objeto simple (según el analista) no constituye un Sistema. Los elementos que componen un sistema pueden ser físicos (piezas, máquinas, personas...) o abstractos (datos, informes, normas...).
- b) *Organización.* Los elementos que integran un sistema están relacionados entre sí y estructurados de manera que el *sistema constituye una unidad* diferente de la mera agregación de las partes. (Figura 4.5) La relación e interacción entre las partes son a menudo más importantes que las partes mismas. Un conjunto amorfo no constituye un sistema. Cuando se habla de un "punto de vista de sistemas" o "enfoque de sistemas", se busca resaltar que para diseñar un sistema óptimo (o como se dice, para *optimizar* un sistema) es necesario analizarlo como un todo. La optimización de cada una de las partes de un sistema, consideradas aisladamente, por lo general no significa la optimización del sistema completo. Sólo analizando las relaciones entre las partes, así como las partes mismas, es posible llegar al sistema óptimo.

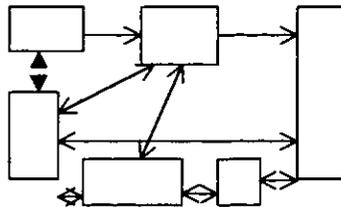


figura 4.5

c) *Acción*. Todo sistema realiza una función o efectúa un proceso, o varias funciones o procesos interdependientes, que operan sobre ciertas *entradas o insumos* del sistema, dando por resultado determinadas salidas o *productos* del mismo (figura 4.6). Entradas y salidas pueden ser también elementos físicos o abstractos. Se ha visto, por ejemplo, como el sistema "obra" actúa en determinados materiales de construcción y equipos, para producir un edificio, una planta industrial, una presa u otra obra cualquiera. Por otra parte, un sistema de información opera con *datos* y produce *información* relevante y oportuna para el cliente del sistema.

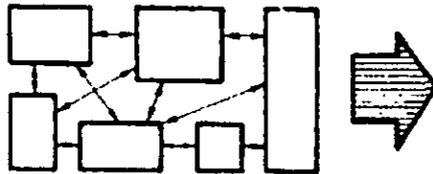


figura 4.6

c) *Finalidad*. Todo sistema obedece a propósitos u objetivos definidos, que determinan la composición, estructura y acción del sistema (figura 4.7). En otras palabras, los sistemas se diseñan, construyen y operan, con vista a objetivos bien especificados. Los productos o salidas del sistema deben responder a los objetivos de éste.



Figura 4.7

e) *Fronteras*. Todo sistema debe ser limitado para ser susceptible de análisis (figura 4.8). Las fronteras del sistema quedan definidas al especificarlos componentes del mismo, ya sea enumerándolos explícitamente" o dando las características distintivas de los mismos. Puesto que, según se dijo, todo sistema forma parte de otros más amplios a la vez que comprende sistemas más reducidos, las fronteras del sistema en estudio las fija el analista de acuerdo con los requisitos del análisis. En un edificio, las fronteras del sistema *estructura* se podrían definir así:

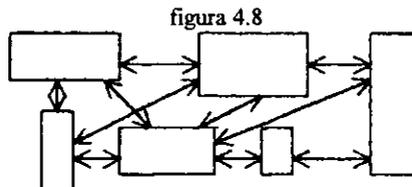


figura 4.8

El sistema estructural abarca todos los elementos destinados a soportar o transmitir cargas"; sin embargo, según el punto de vista del analista, podría incluirse o no el sistema de cimentación. Para el análisis estructural, convendría considerar la cimentación dentro del sistema estructura; pero, para un análisis de costos quizá convendría separar ambos sistemas, ya que el costo de la cimentación varía mucho, según las características del subsuelo.

- f) *Ambiente*. Todo aquello que no forma parte del sistema, pero que "influye en él o sufre influencia del mismo, se denomina *ambiente* de sistema. Elementos muy importantes del ambiente son el sistema que, junto con el sistema analizado, constituyen sistemas de orden inmediato superior. Con referencia a uno de los ejemplos anteriores, dentro del ambiente del sistema Máquina-operador figuran como elementos importantes otras máquinas, hombres e instalaciones que constituyen el sistema obra (de orden superior al sistema Máquina-operador), ya que deben existir interacciones y relaciones de coordinación entre todos los elementos que integran la obra (figura 4.9). Son también elementos muy importantes del ambiente otras obras de la misma empresa constructora, los clientes o usuario el sistema y el gobierno.

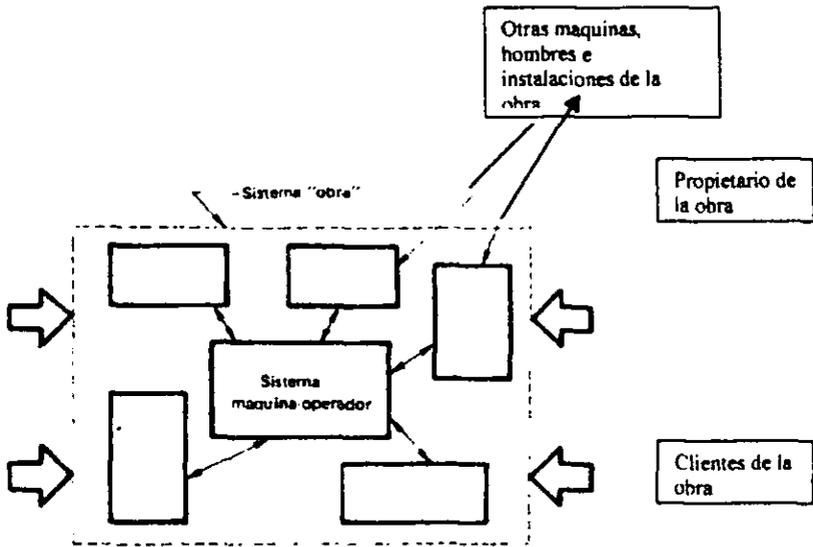


Figura 4.9 Ambiente del sistema "Máquina-operador".

Ejemplo de aplicación 4.1.

Piense, en el sistema estructural de un edificio. Entre los elementos que constituyen el ambiente de este sistema pueden mencionarse:

- a) *Sistema de espacios útiles:* la estructura y las instalaciones no deben interferir con el buen aprovechamiento de dichos espacios.
- b) *Sistemas de instalaciones:* la estructura debe permitir y facilitar la colocación de tuberías, elementos mecánicos y aparatos eléctricos, además de los cambios previsibles de esas instalaciones durante la vida útil del edificio.
- c) *Clientes del edificio:* exigen que la estructura garantice seguridad aun en condiciones críticas como sismos e incendios. La demanda de espacios para renta se ve afectada por las características de la estructura y por la calidad de los servicios del edificio.
- d) *Gobierno:* exige que se respete el Reglamento de Construcciones, el de Ingeniería Sanitaria, etc.

Los sistemas a) y b) forman parte del sistema "edificio" (sistema de orden inmediato superior al sistema estructura). Los elementos c) y d) forman parte de sistemas de orden superior al sistema edificio.

Ejemplo de aplicación 4.2.

Supóngase que en cierta obra se utiliza una pala cargadora para servir a una flotilla de camiones. Al analizarla eficiencia de esa operación, no conviene estudiar aisladamente la pala cargadora; por tanto, al definir las fronteras del sistema, se considera dentro de éste pala, camiones y operadores. De esta manera se trata de balancear la capacidad de carga de la pala con la capacidad de transporte de la flotilla.

El sistema obra (de orden superior al sistema "pala-camiones") es parte importante del ambiente del sistema "pala camiones", ya que deben existir interacciones y relaciones de coordinación entre todos los elementos que integran la obra. Los principales factores del ambiente que influyen en el sistema son:

- a) *La obra:* es el sistema de orden inmediato superior. El sistema que se analiza debe operar dentro del programa general de la obra. La contratación de los operadores, el mantenimiento de las máquinas y otros servicios constituyen interacciones entre el sistema pala-camiones y el Sistema obra.
- b) *El propietario del sistema:* la empresa constructora propietaria del equipo se preocupa porque pala y camiones se utilicen el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo los periodos de inactividad.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

c) El cliente de la obra: exige que ésta se realice de acuerdo con el contrato y las especificaciones.

d) *El ambiente físico*: las condiciones del terreno, de los caminos y de la atmósfera influyen mucho en la eficiencia de la operación.

Ejemplo 4.3

La formula de la escuadria:

$$\sigma = \frac{M \cdot z}{I}$$

Es un modelo matemático que describe la distribución de los esfuerzos de tensión o compresión, σ , en la sección transversal de una viga de material homogéneo u elástico, en la que actúa un momento flexionante, M , siendo I = momento de inercia de la sección y z = a la distancia del punto considerado al eje neutro de la sección. Se sabe que este modelo matemático no es exacto, pero es suficientemente aproximado para usarse con provecho en el diseño estructural de vigas.

El ejemplo 4.3 se refiere a un sistema que desarrolla una función en forma pasiva. El sistema hidráulico de un edificio tendría carácter similar. Sin embargo, para el análisis económico de sistemas, interesan en especial los sistemas que desarrollan un proceso activo de producción de bienes o servicios, o que realizan una parte de dicho proceso.

La representación elemental de un sistema de esta clase se muestra en la figura 4.10. Los elementos componentes del sistema, $R(t)$, serán todos aquellos recursos (hombres, máquinas, dinero, información, etc.) que sea necesario acumular y organizar para alcanzar los objetivos propuestos. Dichos elementos constituyen en su conjunto *procesador*.

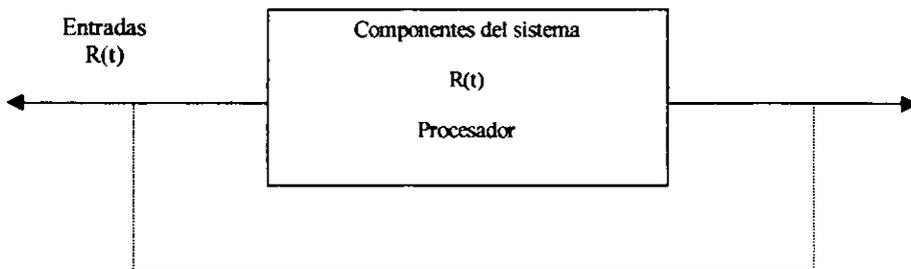


Figura 4.10

Todo lo que no es parte del sistema pero que influye en él, constituye su *ambiente*. Para realizar sus objetivos, el sistema toma del ambiente los recursos necesarios, $r(t)$, que constituyen, como ya se dijo, las entradas o los insumos del sistema. Este último realiza un proceso o conjunto de procesos en los insumos, a fin de transformarlos en bienes o servicios útiles, que son las salidas o productos, $p(t)$, del sistema, mediante los cuales el sistema trata de realizar sus objetivos.

Las figuras 4.11 a 4.12 ilustran en forma simplificada los conceptos anteriores

Figura 4.11

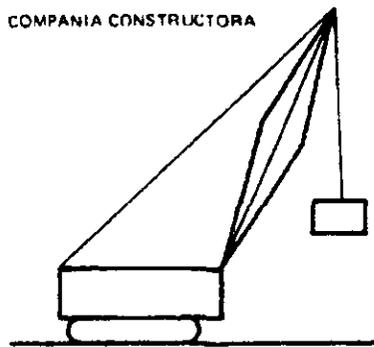
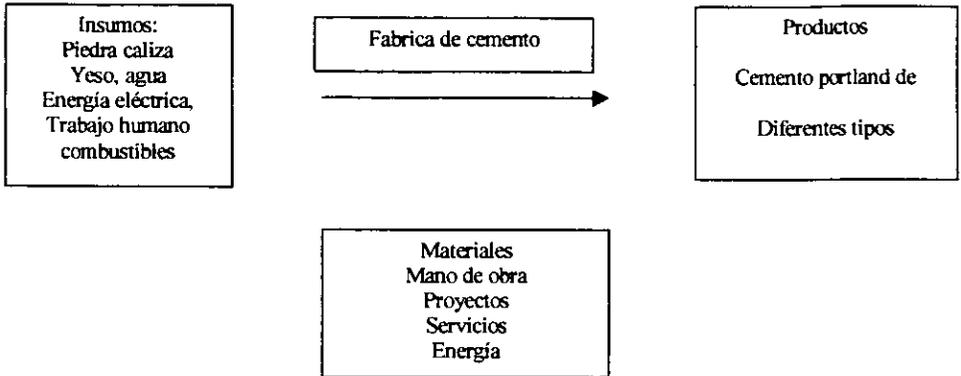


Figura 4.12

PRODUCTOS:
Obras de acuerdo con proyectos y especificaciones de los clientes.

MODELO ECONÓMICO DE UN SISTEMA

Los modelos son abstracciones, simplificaciones o idealizaciones de los sistemas respectivos; útiles en tanto sirven para predecir con exactitud aceptable los fenómenos del mundo real; no puede decirse que sean verdaderos ni falsos, ya que sólo interesa su utilidad, la cual sojuzga por su contribución al entendimiento de los sistemas que describen. Los modelos matemáticos (algoritmos, ecuaciones, tablas, programas de computadora) son muy útiles a fin de estudiar las variaciones

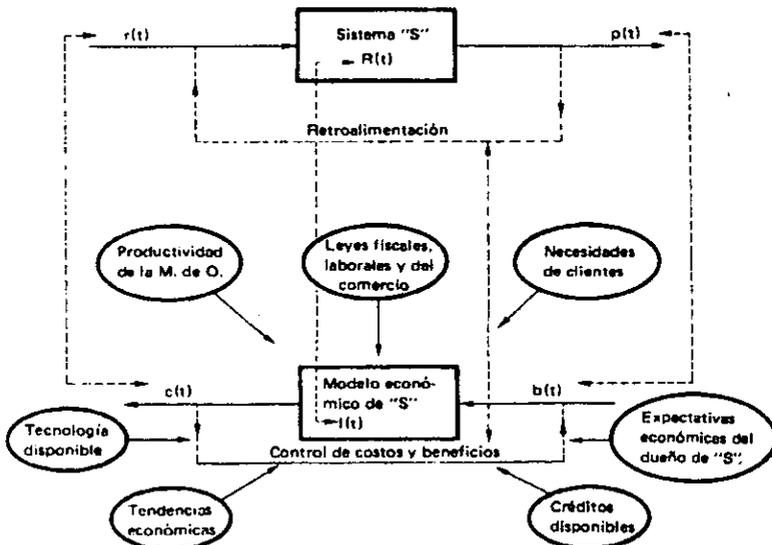
Cuantitativas de los atributos de un sistema y de sus componentes los modelos gráficos ayudan a la comprensión de los fenómenos, y a menudo complementan a los modelos matemáticos. La figura 4.11 es un modelo gráfico elemental de un sistema, según se explicó.

Entre los muchos modelos de un sistema que pueden ser objeto de estudio, interesa mucho en este capítulo el *modelo económico*, es decir, la representación del sistema desde el punto de vista económico.

El análisis económico de sistemas no es sino el estudio del modelo económico de un sistema o, dicho de otro modo, el estudio del comportamiento de un sistema desde el punto de vista económico. Por tanto, es necesario identificar con claridad los elementos componentes de dicho modelo.

La representación elemental del modelo económico de un sistema (figura 2.13) se obtiene traduciendo a términos económicos los elementos del modelo conceptual de la figura 4.10

Figura 2.13



Flujo de costos: Al flujo de recursos, $r(t)$, que el sistema toma del ambiente, es decir, de otros sistemas, corresponden un *flujo de costos*, $c(t)$, de sentido inverso, que el sistema debe pagar por ellos. Por lo general, los costos representan erogaciones en efectivo.

Flujo de beneficios: A la corriente de productos, $p(t)$, que el sistema entrega al ambiente, o sea a otros sistemas, corresponde un flujo, $b(t)$, de beneficios que recibe el sistema, equivalentes en la mayoría de los casos a ingresos en efectivo

El flujo, $b(t)$, no siempre es determinable, en especial cuando el sistema realiza sólo parte del proceso total de producción. Considérese, por ejemplo, un equipo de proceso que es parte de una planta; en este caso, el flujo, $b(t)$, podría establecerse para la planta completa, pero no para cada uno de los equipos de proceso que la forman. Cuando la corriente, $b(t)$, de un sistema es definible, se dice que dicho sistema es *económicamente autónomo*. La empresa es un ejemplo típico.

Flujo de efectivo: El flujo de costos y el de beneficios, considerados en conjunto y expresados en dinero (cuando esto es posible), reciben el nombre de *flujo de efectivo*

Este se considera negativo para los costos y positivo para los beneficios, reflejando así lo que el sistema recibe.

Los recursos, $R(t)$, que componen el procesador, resultan de la acumulación de los insumos de integración durante el periodo de construcción o instalación del sistema. A dichos recursos, $R(t)$, corresponde la *inversión*, $I(t)$, resultante de la acumulación del flujo de costos, $c(t)$, durante ese lapso, los cuales se denominan, en consecuencia, *costos de inversión*. Cuando el sistema se adquiere completo (como en el caso de una máquina), la inversión consiste, en el costo de la adquisición.

Los costos en que incurre el sistema ya instalado o adquirido, durante su vida útil, con objeto de realizar los procesos de producción, se denominan *costos de operación*, e incluyen los necesarios para el mantenimiento del sistema.

Nótese que la inversión, $I(t)$, tiene un valor potencial susceptible de materializarse en el flujo de beneficios, $b(t)$, mediante la operación del sistema.

En resumen, *el flujo de efectivo* de un sistema comprende:

- a) Costos de inversión
- b) Costos de operación.
- c) Ingresos por venta de los productos del sistema, cuando son determinables; en caso contrario, los ingresos se consideran nulos.

El flujo de efectivo es un modelo del comportamiento económico de un sistema a lo largo de su ciclo de vida; es lo que determina si el sistema es o no económicamente deseable.

Control económico: La retroalimentación en el modelo económico equivale al control económico del sistema, consistente en: la determinación de costos incurridos y beneficios realizados, y de las

relaciones entre ambos; la comparación de las cifras obtenidas con las ya estimadas, y la toma de decisiones tendientes a alcanzar los objetivos económicos del sistema.

Ambiente económico El ambiente en el modelo económico abarca, en primer lugar, las necesidades de los clientes potenciales del sistema, posibles consumidores de sus productos; en segundo término, las expectativas económicas del propietario del sistema, en cuanto al balance entre costos y beneficios derivados de éste, y, en un entorno más amplio, las condiciones económicas generales de la localidad, región y país, incluyendo características del mercado, productividad nacional, cambios tecnológicos que se prevén en los procesos de producción, estabilidad de los precios o inflación, ambiente de competencia, situación de los créditos y muchas otras.

El ambiente económico incluye también las restricciones y regulaciones impuestas por el gobierno, en particular las leyes laborales y fiscales, las del comercio (incluyendo las restricciones y concesiones arancelarias) y las bancarias y crediticias.

En la sección anterior se explicó el significado y los componentes del modelo económico de un sistema, y se identificó el análisis económico de sistemas con el análisis de dicho modelo.

Más concretamente, se puede dar la siguiente definición:

El análisis económico de sistemas consiste en el análisis de los flujos de efectivo asociados a dos o más sistemas alternativos, con objeto de juzgarla valía económica relativa de éstos.

Sobre esta definición conviene hacer las siguientes reflexiones:

Todo análisis económico debe empezar por el planteamiento de alternativas: 1) aceptables desde el punto de vista técnico, 2) relevantes y 3) suficientes.

Si se plantean opciones que no son técnicamente comparables, o inadecuadas para resolver el problema, o irrealizables; o si no se plantean *todas* las alternativas pertinentes, el análisis económico carece de utilidad.

Optimización económica

Cuando los parámetros técnicos de un sistema son variables continuas que pueden tomar cualquier valor dentro de cierto intervalo, la selección de los parámetros más convenientes desde el punto de vista económico, o sea la *Optimización económica del sistema*, plantea una infinidad de opciones. Por ejemplo, de todas las secciones posibles de una trabe de concreto reforzado, se puede establecer la sección más económica (óptima); o bien, de todos los posibles períodos de servicio de una máquina, se puede fijar su vida económica vida óptima. En el primer caso, los parámetros de la sección (ancho y peralte) pueden tomar cualquier valor dentro de límites prácticos; en el segundo, la vida o período de servicio también puede tomar un valor cualquiera dentro de ciertos límites técnicos.

El segundo paso del análisis económico es determinar el flujo de efectivo (ingresos y egresos) asociado a cada sistema alternativo, durante toda la vida útil del mismo; o sea, desde su concepción hasta su desmantelamiento, desecho o venta.

Para esto es necesario traducir a términos monetarios todas las entradas y salidas de cada sistema alternativo

La distribución del flujo de egresos (costos) a lo largo del tiempo es, por lo general, diferente de la de los ingresos (beneficios); el primero se adelanta normalmente al segundo, ya que es necesario incurrir en costos de inversión, antes de poder obtener ingresos mediante la operación del sistema. La determinación del flujo de efectivo se estudia en el capítulo tres.

INVERSIONES ESTRATÉGICAS EN EXPANSIÓN Y MODERNIZACIÓN

En todos los casos señalados, se trata de determinar si los beneficios económicos que se obtienen de una obra o instalación justifican la inversión necesaria para realizarla. Las decisiones de esta clase, en la industria privada, pertenecen al área de la estrategia empresarial, porque de ellas depende en buena medida el futuro de la firma. Una mala inversión, en la que se compromete parte importante del capital de la empresa conduce casi siempre al fracaso económico.

Los principios que se aplican a la evaluación económica de inversiones estratégicas, económicamente autónomas, son los mismos que se expusieron en los capítulos anteriores para la selección de alternativas. En ambos casos se trata de juzgar la valía económica de un flujo de efectivo, llamada también rentabilidad de la inversión. Sin embargo, tratándose de una inversión estratégica, se requiere un análisis más completo de cuatro aspectos fundamentales:

- La obtención de datos del entorno de la empresa, o investigación del mercado, para averiguar las condiciones del negocio en que se pretende entrar.
- La recopilación de datos internos y las evaluaciones respectivas, sobre costos, parámetros técnicos y repercusiones del proyecto en la empresa
- La consideración de los métodos y planes de acción más efectivos para lograr las metas requeridas.
- La presentación de los resultados y la justificación de las recomendaciones a la gerencia.

La aceptación de un proyecto de esta naturaleza se basa en consideraciones elección como las siguientes:

1. Una necesidad del mercado bien identificada.
2. Un producto (o línea de productos) que satisface la necesidad del mercado.
3. Resultados económicos atractivos, en combinación con los otros factores.
4. Impacto en la operación general de la empresa.
5. Posición ventajosa de la empresa en cuanto a tecnología, patentes» y/o ventajas sobre la competencia

6. Otros incentivos para entrar al negocio, como:

- Dominio de tecnologías afines.
- Capacidad existente no utilizada.
- Apertura a nuevas oportunidades.

7. Plan bien definido de realización del proyecto, incluyendo abastecedores, contratista distribuidores, clientes y competidores.

Como puede observarse, la rentabilidad económica de un proyecto estratégico es un factor importante para su elección, pero no el único, ni aun el decisivo. Sin embargo, la evaluación de otros factores mencionados antes, a menudo se realiza en función de los resultados de la evaluación económica, por lo cual esta adquiere invariablemente particular relevancia. Por ello, se expondrá la Metodología del flujo de efectivo descontado acumulado (FEDA) que permite expresar los resultados económicos de un proyecto en forma mas completa y significativa que con un simple índice de rentabilidad. Sin embargo, antes se revisaran algunos criterios de evaluación usados en la practica, a veces en forma incorrecta.

4.2 CALCULO DE RECUPERACIÓN DE UNA INVERSIÓN

DEFINICIÓN DEL PRI

El periodo de recuperación de una inversión es el tiempo necesario para que los ingresos netos acumulados igualen el monto de la inversión, menos el valor de rescate de la instalación.

Sea el flujo de efectivo en los n años sucesivos de vida del proyecto:

$$X_0, X_1, X_2, \dots, -X_n$$

Las primeras X son negativas y constituyen la inversión exigida por el proyecto; las subsecuentes son positivas, resultantes de los ingresos producidos por el proyecto. La sumas sucesivas:

$$\begin{aligned} X_0 + X_1 \\ X_0 + X_1 + X_2 \end{aligned}$$

Tienen un valor negativo decreciente, a medida que se agregan X positivas; eventualmente, la suma pasa de negativa a positiva.

Si el valor de rescate de la instalación es R, el periodo de recuperación de la inversión PRI esta dado por:

PRI = m, tal que

$$\sum_{j=0}^m X_j = X_0 + X_1 + X_2 + \dots + X_m = -R \quad E.4.1$$

donde $m < n$

Ejemplo 4.2.1

El proyecto A exige una inversión inicial de \$ 100,000 y produce beneficios anuales de 50,000 durante 4 años. El proyecto B exige una inversión inicial de \$ 180,000 y produce beneficios anuales de 60,000 durante 10 años.

Los periodos de recuperación de las inversiones respectivas son:

$$\text{(PRI)a } \frac{100,000}{50,000} = 2 \text{ años}$$

$$\text{(PRI)b } \frac{180,000}{60,000} = 3 \text{ años}$$

Si solo se tuviera en cuenta el periodo de recuperación de la inversión, el proyecto A sería superior al B; sin embargo, el flujo de efectivo B-A es:

| Año | Flujo B-A |
|--------|-----------|
| 0 | 80,000 |
| 1 a 4 | 10,000 |
| 5 a 10 | 60,000 |

La TRI de este flujo es de 29% aproximadamente, lo cual indica que el proyecto B sería preferible al A, a menos que la TVC del inversionista fuera superior al 29%.

A veces se fija un periodo de recuperación máximo y se rechazan todas las propuestas de inversión cuyos PRI sobrepasan dicho valor. En otras ocasiones se enlistan los proyectos en orden de PRI creciente para seleccionar las inversiones de más rápida recuperación, dentro de la disponibilidad de capital de la empresa.

Por lo general, ambas prácticas resultan inconvenientes, según lo demuestra el ejemplo anterior.

Una de las principales limitaciones del PRI como criterio de selección de inversiones consiste en que no toma en cuenta los flujos de efectivo que ocurren después del periodo de recuperación. Otro inconveniente serio es que tampoco considera el valor-tiempo del dinero. Dichas limitaciones se ilustran enseguida.

Ejemplo 4.2.2

El proyecto A requiere una inversión inicial de \$ 100,000 y produce utilidades netas de \$ 25,000 anuales durante 5 años. El proyecto B exige la misma inversión inicial y produce las mismas utilidades anuales, pero durante 10 años.

El proyecto B es muy superior al A; sin embargo, ambos tienen un PRI de 4 años; los flujos de efectivo posteriores al año 4 no afectan el valor de dicho índice.

Ejemplo 4.2.4

Los flujos de efectivo correspondientes los proyectos A y B son;

| Año | Proyecto A (M\$) | Proyecto B (M\$) |
|-----|------------------|------------------|
| 0 | .100 | -100 |
| -1 | 50 | 10 |
| 2 | 30 | 10 |
| 3 | 10 | 30 |
| 4 | 10 | 50 |
| 5 | 20 | 20 |
| 6 | 20 | 20 |
| 7 | 20 | 20 |

Es fácil ver que en ambos casos el PRI es de 4 años.

Sin embargo, el proyecto A es mucho mejor que el B puesto que en aquel los ingresos mayores se reciben en los años 1 y 2, mientras que en el B se reciben hasta los años 3 y 4. De acuerdo con el concepto valor tiempo del dinero, un ingreso es más valioso mientras más pronto se recibe

El periodo de recuperación (PRI) es un índice muy útil para evaluar una inversión cuando es esencial que se pague en el menor tiempo posible. Esto ocurre cuando el futuro es incierto y, en consecuencia, el proyecto riesgoso; o cuando una empresa tiene escasez de efectivo (capital de trabajo); o cuando el producto que vende solo tiene demanda durante un tiempo limitado; también Cuando se sabe de antemano que la inversión propuesta se volverá obsoleta en corto tiempo; o cuando la empresa opera mediante un contrato con el gobierno, que puede ser cancelado a corto plazo.

Se concluye que el criterio del PRI es una respuesta a la incertidumbre. Si el responsable de las decisiones considera dudosas las predicciones respecto al proyecto, fijara probablemente un PRI corto, como requisito para la aprobación del mismo.

En general, el PRI es un índice útil para la evaluación de inversiones cuando se usa junto con alguna medida de la productividad de la inversión, como el VP o la TRI.

4.3 ANÁLISIS DE FLUJO EFECTIVO

TASA CONTABLE DE RENDIMIENTO DE UNA INVERSIÓN

En ciertas empresas se pretende calcular una tasa de rendimiento de las inversiones, utilizando los conceptos y cifras de contabilidad. Se llamara tasa contable de rendimiento al valor que se obtiene de esa manera, el cual guarda poca relación con la tasa de rendimiento interno, calculada como se indico en el capitulo anterior. En- principio, la tasa contable de rendimiento (TCR) de una inversión es el cociente de la utilidad anual esperada, entre el monto de la inversión

Según la manera en que se determine la utilidad anual y el monto de la inversión, se puede obtener una gran variedad de valores de la TCR. En relación con el cálculo de la utilidad anual, la mayoría de las compañías considera la utilidad media esperada como resultado de la inversión durante la vida útil de la misma; para calcularla, se deduce de los ingresos esperados, además de los costos en efectivo, el cargo por depreciación, de acuerdo con la práctica contable, así como el monto de los impuestos sobre el ingreso neto adicional que se espera obtener. Respecto a la forma de calcular el monto de la inversión, la práctica más general es tomar en cuenta el capital medio invertido durante la vida del proyecto. Al llamar I a la inversión inicial y R al valor de rescate de la instalación, el capital medio invertido, suponiendo depreciación lineal, es;

$$I_m = \frac{IR}{2}$$

El monto de la inversión puede incluir, o no, el capital de trabajo y los cargos por estudios, proyectos, etc., los cuales pondrán cargarse a partidas de gastos generales de operación. Según las prácticas contables de la empresa.

Ejemplo 4.3.1

Una máquina cuesta \$ 210,000 y requiere una inversión adicional en capital de trabajo de 12,000; este último se recuperará por completo a la terminación del proyecto.

La máquina tiene una vida útil de 5 años, al cabo de los cuales se considera que tendrá un valor de rescate de 10,000. Las utilidades brutas que producirá el proyecto en sus 5 años de duración se estiman como sigue: 60,000, 80,000, 60,000, 80,000 y 120,000. En la empresa se aplica depreciación lineal del equipo y una tasa de impuestos de 50%.

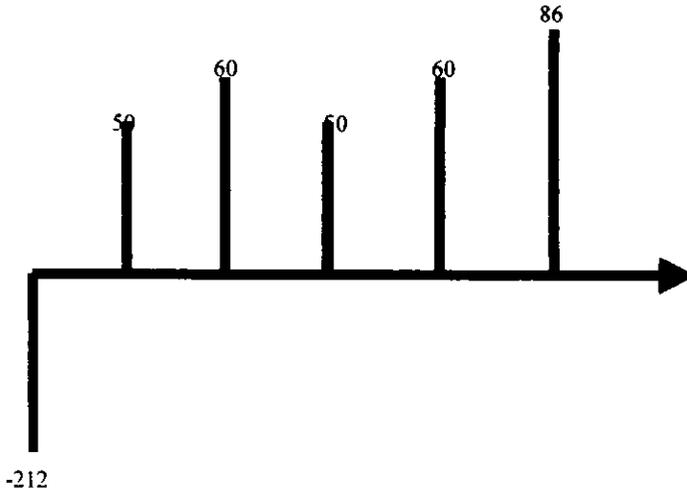
Calcúlese la TCR sobre la base de utilidad media entre capital medio.

| | |
|--|-----------------|
| Utilidad total en los 5 años, antes de depreciación e impuestos | = 400,000 |
| Utilidad media anual bruta (400,000/5) | = 80,000 |
| Inversión despreciable 210,000 - 10,000 | = 200,000 |
| Depreciación anual: 200,000/5 | = 40,000 |
| Utilidad bruta - Depreciación anual | = 40,000 |
| Impuestos, 50% del concepto anterior | = 20,000 |
| Utilidad anual neta, después de impuestos | = 20,000 |
| Inversión media en la máquina = 1/2 (Costo inicial + rescate) = 1/2 (210,000 + 10,000)/2 | = 110,000 |
| Capital de trabajo | = <u>12,000</u> |
| Inversión media total | 122,000 |

Ahora tenemos:

$$TCR = \frac{20,000}{122,000} = 0.16 = 16\%$$

El flujo de efectivo de este proyecto, después de impuestos es como sigue:



La TRI de este flujo, calculada como se indicó anteriormente, es de 11% aproximadamente. Este valor, como se ve, difiere en forma considerable de la TCR calculada antes.

Puesto que para calcular la TCR se usan las cifras de la contabilidad y no las del flujo de efectivo, dicho índice puede tener muchos valores diferentes, según las prácticas contables que se sigan.

El monto de la inversión (denominador del quebrado) depende de lo que se entienda como inversiones o gastos capitalizables, o sean aquellos que deben distribuirse en varios periodos contables mediante un cargo por depreciación. Según se dijo, como tales pueden incluirse o no los gastos de estudios y proyectos, el capital de trabajo, los gastos en pruebas y arranque de instalaciones, etc.

El capital medio invertido depende, además, del criterio de depreciación que se considere, ya sea lineal, suma de dígitos años) u otro.

Por otra parte, la utilidad media anual (numerador del quebrado) depende, entre otras cosas, del periodo de depreciación contable que se considere (el cual puede ser diferente de la vida útil del proyecto), de la distribución de los cargos indirectos de operación y de otras reglas contables que se sigan.

Otro La TCR no toma en cuenta el valor-tiempo del dinero. En el ejemplo 4.5, el inconveniente valor de la TCR no cambiaría si las utilidades anuales fuesen: 120,000, 100,000, 100,000, 40,000 y 40,000 (mismo monto total en los 5 años).

Sin embargo, en este caso el proyecto será mucho más atractivo, puesto que el capital se recuperaría con mas rapidez y podría reinvertirse, generando utilidades adicionales. Este es otro inconveniente serio de la TCR, como índice de evaluación de inversiones.

Conclusión Por las razones apuntadas, la TCR no constituye una medida aceptable de la valía económica de las inversiones; no existe mas justificación para su uso que la tradición la costumbre. Se recomienda emplear siempre la TRI en lugar de la TCR. Como índice de rentabilidad de los proyectos de inversión.

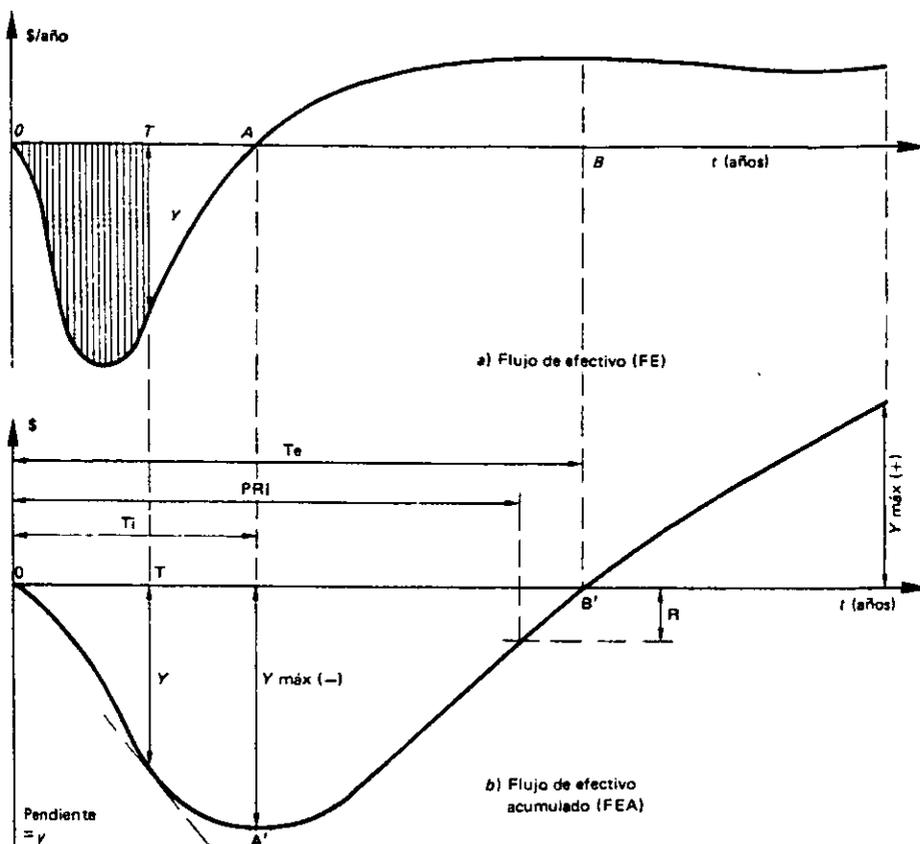
La metodología que se recomienda para la evaluación económica de proyectos de inversión, se basa en el análisis de flujo de efectivo acumulado, y del flujo de efectivo descontado acumulado expuesto en la referencia 5. La presentación que sigue es una versión modificada y ampliada de dicho análisis. ³

4.4 ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO

Para la evaluación de inversiones cuantiosas, es apropiado considerar un flujo de efectivo continuo de tipo escalonado. Ya en el capítulo anterior se explico la forma de construir el diagrama de flujo de efectivo acumulado (FEA) de esta clase de flujos. Aquí se generaliza la exposición para un flujo continuo cualquiera.

La figura 4.1a. representa un flujo de efectivo continuo (FE) cualquiera, del tipo convencional. La figura 4.1b muestra el diagrama de flujo acumulado correspondiente.

Recuérdese que una ordenada cualquiera de este ultimo, en el tiempo T, representa la suma algebraica de los flujos (ingresos y egresos) ocurridos desde el tiempo O hasta T, o sea, el saldo del proyecto (S) hasta esa fecha, sin considerar intereses:



a) Flujo de efectivo (FE)

b) Flujo de efectivo acumulado (FEA)

c) Relación entre las dos curvas

| Curva a) | Curva b) |
|---|--|
| Ordenada (y) en el tiempo t (\$/año entrando o saliendo) | Pendiente en el mismo tiempo t |
| Área bajo la curva de 0 a t (total \$ ingresados o egresados de 0 a t) | Ordenada Y en el tiempo t |
| Punto A, de ordenada = 0 (termina período de inversión y empieza período de recuperación) | Punto A' de ordenada máxima negativa |
| Área (-) de 0 a A | Monto de la inversión, $Y \text{ máx} (-)$ |
| Punto B en que el área (-) de 0 a A es igual al área (+) de A a B | Punto B' de ordenada = 0 |
| Área total (+), menos área total (-) | Ordenada final $Y \text{ máx} (+)$ |

En la tabla c), al pie de la misma figura, se señala la correspondencia entre ambas curvas. Es necesario estudiar esta tabla con todo cuidado, para entender perfectamente la forma y el significado del diagrama de flujo de efectivo acumulado (llamado "diagrama FEA").

El análisis del diagrama FEA, figura 10. 1b, permite apreciar diversos parámetros del flujo de efectivo que son importantes para juzgar la conveniencia económica de la inversión:

- a) El monto total de la inversión; $Y_{\max} (-)$, es la medida del financiamiento necesario para llevar a cabo el proyecto.
- b) El periodo de inversión (T_i) corresponde al tiempo necesario para desarrollar la ingeniería del proyecto, adquirir el equipo y llevar a cabo la construcción; Es un parámetro muy importante, porque la demora en el arranque de la planta o instalación puede afectar de manera desfavorable la rentabilidad del proyecto
- c) El punto de equilibrio del flujo de efectivo (T_e) marca el momento en que los ingresos y los egresos del proyecto se igualan, pasando la suma algebraica de negativa a positiva. Cuando el valor de rescate del proyecto es nulo. T_e coincide con el periodo de recuperación de la inversión (PRI) definido en la sección 4.2. En caso contrario, el PRI se obtiene trazando la recta CC' , paralela al eje t y a una distancia $(-R)$ del mismo, siendo R el valor de rescate del proyecto, p sea, el capital que puede recuperarse al final de la vida de este. La abscisa del punto C es el PRI, según se explicó antes.
- d) El ingreso neto total, $Y_{\max} (+)$ es la ordenada final de la curva, y representa el exceso de los ingresos sobre los egresos, derivados del proyecto, durante toda su vida.

4.5 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE UN PROYECTO

El flujo de efectivo asociado a un proyecto se establece mediante la estimación de los costos e ingresos derivados del mismo. Dicha estimación esta sujeta a errores o desviaciones mas o menos grandes, debido a la dificultad de prever el futuro. Las desviaciones respecto a lo estimado pueden ser en el monto de los costos o ingresos, en el tiempo en que se realizan, o en ambos. Como consecuencia de las desviaciones mencionadas, la valía económica del proyecto puede alterarse considerablemente. Por tanto, conviene analizar. Hasta que punto las variaciones del flujo de efectivo, respecto al supuesto, afectan los diferentes parámetros de evaluación descritos en la sección anterior. Este análisis se denomina análisis de sensibilidad de la rentabilidad de un proyecto.

Los factores que causan las desviaciones de los estimados pueden ser de carácter comercial o técnico. Los primeros se refieren en especial al volumen y precio de las ventas y al costo de las materias primas; por ser factores que operan en el ambiente de la empresa, su control por parte de esta es difícil o imposible; solo se puede tratar de preverlos con la mayor aproximación posible.

Los factores técnicos más importantes son costo de inversión, tiempo de construcción y tiempo necesario, a partir de la terminación de la construcción, para que la planta o instalación opere a su capacidad prevista, llamándose este último periodo de arranque.

Es frecuente que el costo real de una instalación rebase el costo estimado por falta de previsión de algunos renglones de costos, por deficiencias en el proyecto, por mala programación, y administración de la construcción, o por factores imprevistos, como mal tiempo, problemas laborales, o encarecimiento de los materiales de construcción y equipos integrantes de la obra.

El periodo de construcción puede alargarse debido a la mala planeación y programación de la obra, deficiencias y cambios en el proyecto, demora en el abastecimiento de equipos y materiales, condiciones imprevistas del terreno, mal tiempo, etc.

Por último, el periodo de arranque de la instalación corresponde a calibraciones, pruebas, ajustes y correcciones, hasta que la instalación pueda operar a la capacidad del proyecto y en las condiciones de eficiencia previstas. Este periodo es más o menos largo.

según la confiabilidad de la instalación, que a su vez depende de factores propios del proyecto y de la construcción.

Al ingeniero le interesan más los factores de tipo técnico antes descritos, puesto que es el principal responsable de su control.

Otro aspecto importante del análisis de sensibilidad de la rentabilidad de un proyecto es el que se refiere a la tasa de valor de capital (TVC) que se considere en el análisis. Ya que la TVC es un valor determinado por las oportunidades que se presentan a la empresa y por el riesgo involucrado en las inversiones.

Dicho valor es aleatorio, es decir, cambiante en el curso de los años. Por tanto, es necesario analizar cómo varía la conveniencia económica de un proyecto dentro del rango probable de valores de la TVC durante la vida del proyecto. Con este fin puede utilizarse la gráfica (VP)_p vs i (figura 4.14)

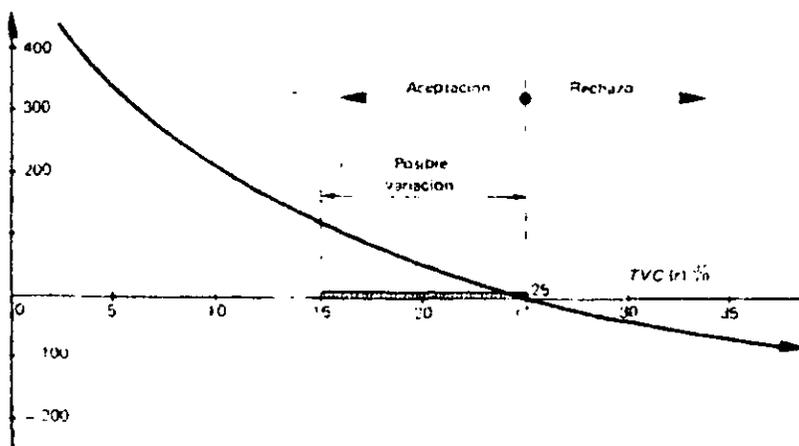


figura 4.14

La TRI (i^*) es el punto de equilibrio de la conveniencia económica del proyecto respecto a la TVC. Si el rango probable de valores de la TVC se localiza predominantemente a la izquierda de; i^* , el proyecto conviene; si se localiza mas a la derecha de i^* , el proyecto no se justifica. Por tanto, mediante el uso de la gráfica (VP)f vs i , es posible llegar a una decisión sin necesidad de suponer un valor específico y único de la TVC.

El análisis de sensibilidad permite apreciar el impacto de la variación simultanea de dos o, a lo mas, tres parámetros claves. Sin embargo, seria imposible determinar el efecto del cambio de muchas variables a la vez. Se plantea el problema de como combinar, para el grupo de variables seleccionadas, los diferentes valores que cada una de ellas puede adoptar.

Esta limitación demuestra la necesidad de introducir el concepto de probabilidad asociada a los valores posibles de un parámetro, y de efectuar el análisis del riesgo con base probabilistica. Este tipo de análisis esta indicado siempre que varios parámetros claves están sujetos a considerable incertidumbre.

4.6 FACTORES DE VARIACIONES TÉCNICAS COMERCIALES

Hay, sin duda, lugar para mejoras en la administración financiera y la contabilidad de la industria de la construcción- La competencia es esencial para el bien de los negocios, pero también lo son las *ganancias* que permiten que empresas privadas financien contratos, mantengan un personal eficiente y recuperen razonablemente el dinero invertido por los accionistas. En las compañías de construcción que trabajan con un margen de ganancias relativamente pequeño a causa de una gran competencia, la planeación del financiamiento y del presupuesto para fines de concurso, deben estar al día con las técnicas modernas de administración, planeación de la construcción, presupuestos y contabilidad; pues de lo contrario, las pérdidas en las compañías constructoras seguirán siendo un problema serio, hasta que se alcance este objetivo.

La planeación financiera incluye los cálculos correctos del margen de ganancias necesario, en previsión de los gastos administrativos fijos, depreciación del equipo, dividendos y

financiamiento de proyectos. Debe conocerse también el volumen del trabajo de máxima economía, que puede manejarse con una estructura de financiamiento dada. Los prerrequisitos esenciales para cumplir con estos propósitos son: primero, un sistema eficiente en el análisis de costos y cálculo de presupuestos, y segundo, un departamento de estimaciones y pronósticos, confiable y preciso,

En el desarrollo de un plan perfectamente detallado de construcción para un proyecto, la primera aplicación de la programación mediante la ruta crítica fue para obtener la duración óptima del proyecto; después, por medio de la distribución de los recursos para aprovechar los tiempos flotantes de las actividades no críticas, con el fin de obtener una distribución más equilibrada del trabajo y de los recursos, y aun, para variar la secuencia de las operaciones. Después se examinó el modelo de red final, para determinar el financiamiento total del proyecto y el margen total de ganancias, y así se obtuvo el precio total del contrato, conforme al plan adoptado para el proyecto. Ahora podrá desarrollarse el presupuesto detallado para el material, la mano de obra el equipo y otros recursos requeridos, y para los fondos necesarios para financiar el proyecto.

4.7 USO DE LA COMPUTADORA EN EL ANÁLISIS DE UN PROYECTO

Los cálculos necesarios para el análisis económico de un proyecto son voluminosos, de carácter repetitivo, y abarcan:

- a) Determinación de volúmenes de producción, precios de mercado e ingresos netos en cada año del proyecto.
- b) Estimación de los costos de inversión, incluyendo todas las alternativas relevantes en cuanto a la configuración del sistema, y la distribución de dichos costos durante el periodo de construcción.
- c) Estimación de los costos de operación y de todos los demás gastos asociados al proyecto, en cada año del horizonte económico considerado.
- d) Cálculo del VP, la TRI y otras cifras de mérito requeridas a fin de evaluar el proyecto.
- e) Análisis de sensibilidad respecto a los parámetros clave, sean de tipo comercial o técnico, cuyo valor no se puede fijar con certeza. Este paso requiere la repetición de la mayor parte de los cálculos anteriores, para diferentes combinaciones de los parámetros considerados.

Se aprecia la gran ayuda que puede prestar la computadora en esta serie tan larga de cálculos. La magnitud y complejidad de los programas respectivos (software) depende fundamentalmente del grado de integración de las etapas sucesivas del cálculo. Por ejemplo, si se trata solo de calcular el VP o la TRI de un flujo de efectivo calculado con anterioridad bastaría con una calculadora programable de bolsillo.

Si se desea integrar al programa los pasos a, b y c anteriores, relativos al cálculo del flujo de efectivo del proyecto, se requeriría un programa mucho más complejo, el cual habría que procesar quizás en una minicomputadora. El mayor grado de complejidad correspondería a un programa que

abarcará, además de lo anterior, los estudios de sensibilidad y la presentación tabular y gráfica de los resultados. Recuérdese que en cada paso del programa es necesario considerar varias opciones y criterios alternativos:

- Flujo continuo o discreto.
- Componentes de los costos de operación.
- Criterios de depreciación.
- Tasa(s) de inflación.
- Tarifas de impuestos y subsidios.
- Muchísimos otros.

un sistema muy completo es PROVES (Project Valuation and Estimation System), conjunto de programas de computadora que efectúan los cálculos necesarios para el análisis de proyectos en las industrias de proceso, comprendiendo: cálculos de balances de materiales; dimensionamiento del equipo y determinación de su costo; costo de inversión; costos de producción; volúmenes de venta estimados y pronóstico de precios de mercado. El sistema proporciona información relativa a la inversión, datos de producción e indicadores de la rentabilidad.

Otro programa es el CFA (Cash Flow Analysis). Los costos de inversión se suponen ya determinados; el programa se calcula: capital de trabajo, estimado de costos de operación, flujo de efectivo e indicadores de rentabilidad.

- Ventas de varios productos, con variaciones anuales de la mezcla de productos y de los Precios.
- Tasas de inflación variables para cada grupo de componentes de costo.
- Estructura impositiva más detallada.
- Préstamo para financiamiento del proyecto.

Los principales proveedores de equipo de compute pueden también proporcionar software para la evaluación económica de proyectos de alcance limitado. En México, un programa desarrollado por el Instituto Mexicano del Petróleo se describe en forma eficiente la evaluación económica en proyectos.

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA EN PROYECTOS DE REEMPLAZO

5.1 IMPORTANCIA DE LOS PROYECTOS DE REEMPLAZO

Los proyectos de reemplazo juegan un importante papel en la economía de una empresa, e influyen sobre el desarrollo del país. La determinación de la vida económica de los activos permite adoptar una política racional de reemplazo y, con base en ésta, planear las operaciones de la empresa. A fin de reducir al mínimo los costos de operación, se debe analizar periódicamente la conveniencia de reemplazar cada activo en particular, considerando las alternativas relevantes y comparando la economía de cada una de éstas.

El desarrollo económico de un país guarda íntima relación con la productividad de sus recursos humanos; esta última puede incrementarse, básicamente, poniendo a disposición del trabajador cada vez más y mejores herramientas de producción. La industria se enfrenta al problema de renovar y modernizar su equipo, a medida que las nuevas máquinas ofrecen oportunidades de ahorro y de utilidades adicionales. Estas últimas pueden canalizarse, al menos en parte, a satisfacer la demanda incesante de mejores salarios, prestaciones y beneficios para el trabajador. En consecuencia, los proyectos de modernización o reemplazo de equipo figuran entre los más importantes dentro del presupuesto de inversiones de una empresa.

Es mejor considerar los problemas de reemplazo de equipo como problemas de mantenimiento eficiente de una función o de un servicio, y no como problemas de sustitución de máquina por máquina. Así, un equipo formado por varias máquinas puede ser reemplazado por otro de composición diferente, o una sola máquina puede ser sustituida por varias, o viceversa.

El análisis económico de los problemas de reemplazo presenta complicaciones, como las siguientes:

- a) Con frecuencia se descuida la recopilación sistemática de datos respecto a la operación de cada máquina o equipo, por lo cual se carece de datos estadísticos completos y confiables para el análisis económico del reemplazo.
- b) Se ignora cuál será el comportamiento del nuevo equipo por instalar. Por lo general, las características y los costos de operación se infieren de la experiencia que se tiene con equipos ya instalados, haciendo los ajustes que parezcan razonables. Los datos de operación que proporciona el proveedor pocas veces son completos o confiables.
- c) El equipo propuesto rara vez tiene la misma capacidad y funcionalidad que el equipo instalado. Las diferencias deben tomarse en cuenta en el análisis económico; sin embargo, no siempre es fácil precisarlas con seguridad. Por lo general, existen diferentes alternativas en cuanto a marcas, modelos y equipo opcional.
- d) La elección del horizonte económico del análisis se dificulta porque la vida económica del equipo en uso es, por lo general, mucho menor que la del equipo nuevo propuesto; sin embargo, dicha elección puede tener una influencia decisiva en el resultado del mismo.
- e) Es difícil prever los adelantos tecnológicos de los equipos de la clase que se analiza, dentro del horizonte económico considerado. La aparición periódica de mejoras y adelantos varía mucho en cuanto a su trascendencia económica.

Los proyectos de reemplazo o modernización de equipo casi nunca tienen esa autonomía, porque en la mayoría de los casos su justificación se basa en ahorros de operación. Por esto, conviene valorar los ingresos incrementales producidos por alguna de las alternativas, si los hubiere, como costos de oportunidad de las demás opciones; por ejemplo, si el equipo A es capaz de generar ingresos mayores que el B, el ingreso incremental se asume como costo de oportunidad del equipo B al compararlo con el A; dicho costo es el ingreso que deja de obtenerse al seleccionar B en vez de A. De esta manera, el flujo de efectivo de todas las alternativas comprende sólo costos.

5.2 EQUIPO DE REEMPLAZO

El reemplazo de un activo puede deberse a una falla súbita o a un deterioro gradual del mismo. Algunos equipos, herramientas o partes de máquinas prestan un servicio satisfactorio durante cierto lapso, al cabo del cual fallan súbitamente; tal es el caso de bombillas eléctricas, tubos fluorescentes, componentes electrónicos, brocas y otras herramientas, cables, etc. Si bien es indudable que todos estos elementos de equipo sufren algún deterioro gradual, éste no se manifiesta hasta el momento de la falla y, en general, no son reparables.

Otra clase de inutilización súbita es la debida a accidentes o casos fortuitos. Un incendio, un terremoto o una explosión pueden inutilizar de súbito un equipo o una instalación. La causa de la falla repentina es en este caso de naturaleza física, pero externa al activo. Por último, puede darse el caso de falla súbita de un equipo por obsolescencia, cuando la aparición de, otro tecnológicamente más avanzado hace antieconómico desde ese momento seguir operándolos muy cortos. La causa de la falla es también en estos casos extrema al activo, y radica en el ambiente tecnológico.

Cuando es de esperarse la falla súbita de un activo debida a factores intrínsecos, el problema económico de reemplazo consiste en establecer con qué frecuencia debe hacerse éste a fin de minimizar los costos de operación. Si el reemplazo se realiza hasta el momento de la falla, son altos los costos de reemplazo individual no planeado, y los inherentes a la suspensión brusca e imprevista del servicio; mientras que si el reemplazo se hace con anticipación, el costo del material aumenta; pero disminuye el costo unitario de mano de obra y el de suspensiones imprevistas del servicio. La decisión respecto al período óptimo de reemplazo se hace por grupos de activos de la misma clase, con base en la estadística de fallas registradas, aplicando la teoría de la probabilidad.

La falla súbita de activos debida a causas externas no plantea un problema de reemplazo, sino más bien uno de aseguramiento de los bienes involucrados y/o de previsión de los costos inherentes a dichas fallas, los cuales son de carácter aleatorio. También en estos casos las decisiones deben tomarse con fundamento en las estadísticas pertinentes, aplicando técnicas actuariales basadas en la teoría de la probabilidad.

5.3 FACTORES DE REEMPLAZO

La necesidad o conveniencia de reemplazar un equipo puede deberse a su deterioro físico, o a cambios de necesidades que lo hagan inadecuado, o a adelantos tecnológicos incorporados a nuevos modelos, frente a los cuales el equipo existente resulte en desventaja.

El deterioro físico causado por el uso y/o acción de agentes externos se traduce en desventajas, como mayor consumo de combustibles o de energía, aumento progresivo de los costos de mantenimiento, pérdida de potencia o eficiencia en la operación, aumento de los

rechazos en la producción, tiempos perdidos y mano de obra ociosa por descomposturas; y como consecuencia de lo anterior, disminución de ingresos por operación.

Puede observarse que una parte de los costos mencionados son erogaciones en efectivo (combustibles, refacciones, mano de obra de mantenimiento etc). Mientras que otros son costos de oportunidad de la unidad en uso respecto a otra en óptimas condiciones de operación.

Un equipo se vuelve inadecuado cuando, al cambiar los requerimientos de la demanda, resulta ya demasiado pequeño o grande, o incapaz de producir un trabajo con las características deseadas.

El costo de oportunidades de un equipo inadecuado puede estimarse comparando su costo de operación con el de uno adecuado, o bien, comparando los ingresos actuales con los que podrían obtenerse de un equipo cuyos productos tengan las características deseadas; por ejemplo, una máquina excavadora sin la potencia apropiada para atacar cierto material duro, tendrá un rendimiento bajo; éste deberá compararse con el de una máquina que tenga la potencia y características adecuadas; la diferencia de costos de excavación entre las dos máquinas es el costo de oportunidad de la primera, el cual servirá de base para determinar la conveniencia de reemplazarla por una más apropiada al servicio demandado.

La desventaja económica de una máquina respecto a otra de tecnología más avanzada se denomina Obsolescencia. Una máquina no es obsoleta en sí misma, sino en comparación con otra más moderna y eficiente.

El costo de oportunidad asociado a la obsolescencia se obtiene comparando la máquina en uso suponiéndola nueva, con la de modelo más moderno disponible en el mercado, apta para el mismo servicio. Respecto a esta última, la unidad en uso puede presentar las siguientes desventajas: menor economía de operación; menor productividad o eficiencia; menor confiabilidad y mayor frecuencia de descomposturas. Dichas desventajas constituyen el costo de oportunidad por obsolescencia de la máquina actual. Debe tenerse presente, sin embargo, que no todos los costos de obsolescencia operan siempre en el mismo sentido: una máquina con mayor productividad puede tener, no obstante, mayor costo de operación.

Diversos factores de orden interno o externo afectan a las decisiones de reemplazo de equipo. Uno de los más importantes es el capital disponible de la empresa; cuando ésta se encuentra en la etapa de desarrollo, las inversiones de expansión tienen a menudo prioridad sobre las de mantenimiento y reemplazo de equipo; por el contrario, cuando la empresa ha alcanzado madurez y estabilidad, las inversiones de reemplazo y modernización de equipo pueden absorber la mayor parte del presupuesto respectivo. En cada etapa de su existencia, la empresa debe buscar el equilibrio óptimo entre ambos tipos de inversiones; sin embargo, el problema de planeación presupuestal rebasa los límites de este curso.

La demora injustificada del reemplazo de equipo es un error frecuente, ya que en las empresas existe propensión a dejarse vencer por la inercia, posponiendo las decisiones de cambio necesarias. En particular, la idea de desechar un equipo en buenas condiciones para reemplazarlo por otro supuestamente más económico, va en contra de la tendencia a conservar los bienes adquiridos. Además, al ejecutar una decisión de reemplazo, se crea un compromiso que puede durar varios años e involucra riesgos; por el contrario, la decisión de conservar el equipo existente puede revisarse y cambiarse en cualquier tiempo.

Por otro lado, la adquisición de un activo poco eficiente, en especial si su costo es elevado, crea un compromiso en los niveles gerenciales involucrados: no es fácil reconocer que una inversión fue errónea, ni afrontar con imparcialidad las consecuencias económicas de una rectificación. Sin embargo, como se indicó, las decisiones gerenciales deben basarse en las consecuencias futuras de los posibles cursos de acción, teniendo en cuenta que los costos incurridos en el pasado no pueden eliminarse ni disminuirse en ninguna forma.

Un tercer factor que influye notablemente en las decisiones de reemplazo de equipo es el régimen del impuesto sobre la renta, ya que las alternativas que se plantean son: adquirir nuevo equipo o conservar el existente, es decir, invertir ahora o diferir la inversión. En el primer caso, aumentarán los cargos por depreciación, pero disminuirán los gastos de operación. Es evidente que un régimen impositivo que establezca incentivos fiscales para el inversionista tenderá a favorecer las decisiones de modernizar las instalaciones.

En todos los problemas de reemplazo de equipo es muy importante con la tasa probable de inflación dentro del horizonte económico del estudio. Como se hizo notar en capítulos precedentes, conviene expresar todos los flujos de costos e ingresos en una unidad monetaria constante, ajustada al nivel de precio del producto.

Casi siempre, la inflación afectará en forma diferente a los costos de inversión, a los de operación y a los ingresos de operación. El aumento o disminución real de los costos o ingresos respecto al tiempo, sólo puede conocerse corrigiendo las estadísticas respectivas por medio de índices de costos, de manera que todas las cifras queden expresadas en unidades monetarias constantes.

Más adelante en este capítulo se analizarán con detalle los efectos de la inflación sobre las decisiones de reemplazo.

5.4 ESTUDIOS DE VIDA ECONÓMICA

En diversas ocasiones se ha mencionado la vida de los activos de una empresa. El término vida, referido a un bien, puede tener diferentes significados que conviene distinguir:

- a) Vida: cuando este término se usa sin ningún calificativo, designa el tiempo durante el cual un activo presta un servicio específico.
- b) Vida económica: período que va desde la fecha en que un activo comienza a prestar un servicio determinado hasta la fecha en que el mismo debería ser retirado de ese servicio por razones de economía. La decisión de retiro o reemplazo sería el resultado de un estudio económico que considerase los costos futuros del activo en uso, y los comparase con los de diversos equipos capaces de reemplazarlo. Un activo puede tener varias vidas económicas, cada una relativa a un servicio diferente, con exigencias cada vez menores, lo que se conoce como proceso de degradación funcional. Por ejemplo, un tractor bulldozer puede usarse primero para trabajos pesados; destinarlo después a trabajos ligeros nada más; en seguida usarlo en servicios auxiliares; y por último tenerlo como unidad de reserva.
- c) Vida de propiedad: tiempo durante el cual un activo permanece en propiedad de una sola persona. La vida de propiedad puede abarcar diferentes vidas económicas; sin embargo, cuando el activo sólo puede tener un nivel de servicio para el propietario, es decir, no hay degradación

Funcional posible. la vida de propiedad y la vida económica deberían ser idénticas. Aun en este supuesto, el activo puede pasar a otro propietario que lo pueda utilizar, y tener así dos o más vidas de propiedad.

- d) Vida útil: lapso durante el cual un bien es capaz de proporcionar algún servicio. Comprende las diferentes vidas de propiedad del bien, hasta que éste se descarta.
- e) Vida contable: periodo durante el cual se distribuye contablemente el costo de adquisición de un bien capitalizable, dando por resultado el costo de depreciación, o cargo por depreciación.

Los problemas de reemplazo de equipo pueden ser de dos clases:

- a) Estimación de la vida económica. Conocidas las características técnicas y económicas de un equipo, estimar el periodo durante el cual será funcional retenerlo en cierto servicio, a partir del momento en que éste se inicia. El problema de estimación de la vida económica de un equipo, por lo general, no se refiere a una unidad en particular, sino a cualquier unidad de una clase específica. La estimación de la vida económica tiene, entre otros fines: definir políticas de reemplazo de activos, planear actividades futuras de la empresa, predeterminar costos de operación y fijar precios de venta de los productos.
- b) Decisiones de reemplazo. Establecer si conviene, en un momento dado, reemplazar cierto equipo en uso por otro más eficiente, o bien, conservarlo durante un periodo adicional. En este caso, el estudio económico consiste en comparar los costos esperados del equipo en uso durante dicho periodo, con los de uno nuevo; si la decisión es conservar el equipo existente, el estudio se puede revisar en cualquier fecha posterior. El problema de decisión de reemplazo se refiere siempre a una unidad de equipo (o a un grupo de unidades) en particular; su objetivo es lograr la máxima economía de operación.

Es necesario distinguir con claridad estos dos tipos de problemas de reemplazo, ya que cada uno de ellos requiere datos diferentes. La estimación de la vida económica de un equipo se basa en un conocimiento de costos promedio y tendencias estadísticas de los costos para un grupo de máquinas. Estas cifras tienen validez para pronósticos de comportamiento general a largo plazo, pero no son aplicables para predecir el comportamiento de una máquina en especial.

Dichos costos y tendencias, de naturaleza estadística, se pueden aplicar al equipo nuevo (por instalar), con los ajustes que se consideren pertinentes. De hecho, no es posible pronosticar el comportamiento de una máquina nueva, más que por inferencia basada en la estadística de uso de equipos de la misma clase.

Las decisiones de reemplazo de una máquina en particular exigen la comparación del activo específico en uso con un nuevo. Los costos futuros del activo en uso deben estimarse con base en el comportamiento histórico y el registro de mantenimiento de ese equipo en particular, complementados con una inspección cuidadosa del mismo en la fecha del estudio.

Los cambios tecnológicos, que en un estudio de vida económica pueden expresarse como tendencias a largo plazo, deberán especificarse para un estudio de reemplazo, como adelantos concretos probables en el corto plazo.

En muchos artículos y libros de texto se plantean incorrectamente los problemas de reemplazo, al no hacer la distinción entre ambos tipos de estudios, y al no referirse al carácter diferente de los datos requeridos.

La vida económica de un activo, así como la conveniencia de reemplazarlo en un momento dado, son funciones de los siguientes parámetros, los cuales son a su vez función del tiempo de uso, T del mismo:

- a) Patrón de variación de los costos de operación en efectivo, $C_e(T)$;
- b) Patrón de variación de los costos de oportunidad por descomposturas y pérdida de productividad, $C_d(T)$;
- c) Patrón de variación de los costos de oportunidad por obsolescencia, $C_o(T)$; y
- d) Patrón de variación del costo de propiedad del activo, $C_p(T)$.

Los tres primeros patrones de variación mencionados son de carácter operativo y, en general, funciones crecientes en el tiempo; tienden, por tanto, a reducir la vida económica, o sea, el periodo durante el cual conviene retener el activo en uso. El último, por el contrario, es de carácter financiero, y disminuye con el tiempo de servicio del activo; en consecuencia, tiende a alargar la vida económica de éste. La vida económica queda determinada por el equilibrio económico entre estas dos tendencias opuestas.

5.5 DETERMINACIÓN DE LA VIDA ECONÓMICA

Las alternativas de la elección de la vida económica:

- Usar la máquina A durante 2 años.
- Usar la máquina A durante 6 años.
- Etcétera.

Tienen diferentes horizontes económicos y, por tanto, no pueden compararse directamente. Al considerar que la necesidad de la máquina o función que se analiza obedece a los objetivos de la empresa, y que ésta operará de manera indefinida, resulta conveniente fijar un horizonte económico infinito para el estudio de la vida económica óptima,

En la práctica no es probable que todos los reemplazos sucesivos tengan la misma duración, pero la hipótesis de periodos iguales a una media estadística es razonable. Por tanto, el problema de elección de la vida económica se planteará como el de elección de una política de reemplazo cada n años, a fin de lograr el mínimo costo de un horizonte económico infinito.

Según ya se apuntó, el óptimo económico implica un balance entre los costos crecientes de operación y el costo decreciente de propiedad, en función de T . Supóngase que C_e es el costo anual de operación en efectivo de una máquina, al principio de su periodo de servicio, para realizar cierta cantidad anual de trabajo (figura 5.1), descartando la inflación. La ordenada de la curva Y para un tiempo t cualquiera, representa el costo de operación de una máquina nueva del modelo más eficiente disponible en esa fecha, t , para realizar la misma cantidad anual de trabajo que la nueva del tiempo 0. La diferencia entre la ordenada de la curva Y , y la de la recta horizontal H representa la desventaja económica del modelo de máquina del tiempo $t = 0$; representa, en otras palabras, el costo de oportunidad por obsolescencia de la máquina en uso, el cual subsiste mientras ésta no se reemplace.

Las ordenadas de la recta E representan el costo de operación en efectivo de la máquina en uso, suponiendo que éste aumente de manera lineal con el tiempo de utilización. Por último, las ordenadas de la recta Z representan la suma de los costos de operación en efectivo, más los de oportunidad por deterioro de la máquina, en el supuesto de que estos últimos también crezcan linealmente con el tiempo; dichos costos de oportunidad corresponden, según ya se explicó, al tiempo de operación adicional que sería necesario para realizar la misma cantidad anual de trabajo que una máquina nueva igual. Se infiere que $C.(0)$

$C_e(0)$

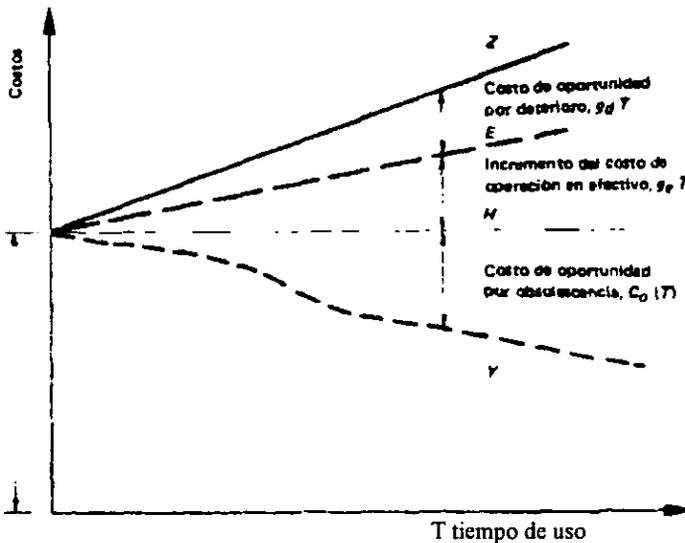


Figura 5.1

la diferencia de ordenadas entre la recta Z y la curva Y representa el costo total evitable en que se incurre para realizar una cantidad fija de trabajo por año, por no reemplazar la máquina en uso.

Cuando se adopta la política de reemplazar la máquina cada n años, la gráfica de costos evitables sería como se muestra en la figura 5.2. La curva Y es la misma que en la figura anterior, y las rectas Z_1, Z_2, Z_3, \dots , son paralelas a la recta Z de dicha figura. Siempre que se reemplaza el equipo por uno del modelo más reciente, desaparecen los costos de oportunidad y en efectivo, debidos a deterioro y obsolescencia, representados por las ordenadas de las áreas achuradas de modo vertical.

La magnitud de estas áreas mide el costo total por deterioro y obsolescencia asociado a la política de reemplazo cada n años. Dentro de un horizonte cualquiera de análisis, dicho costo puede convertirse en un flujo anual uniforme equivalente, Ad , o, representado por el área achurada oblicuamente en la parte inferior de la misma figura. Mientras menor sea el período de reemplazo n , las figuras triangulares achuradas serán más pequeñas y el flujo uniforme equivalente será menor según se muestra en la figura 5.3.

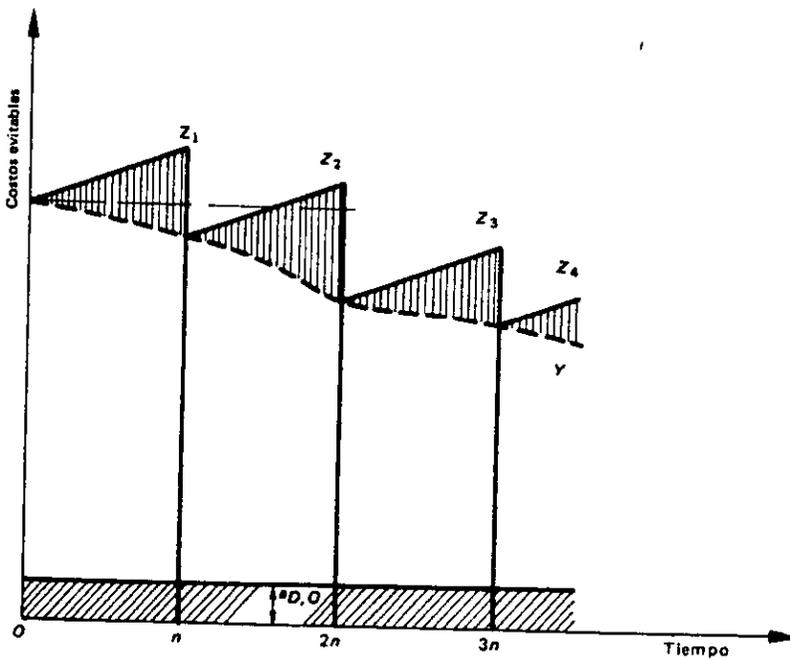


Figura 5.2

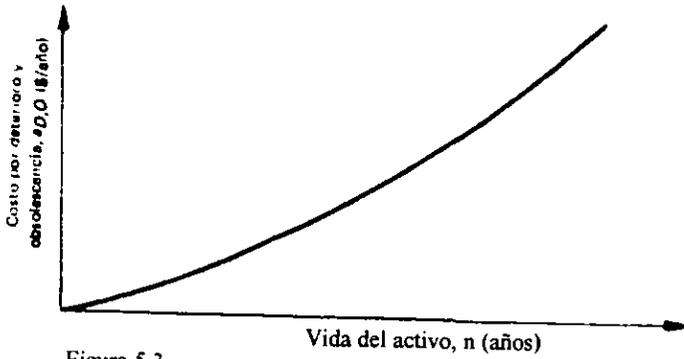


Figura 5.3

Se considerará que el costo de obsolescencia a largo plazo varía linealmente.

En este caso, el diagrama de costos evitables (sin inflación) sería como se muestra en la figura 5.4. Y es ahora una línea recta, y las áreas achuradas en vertical son triángulos iguales. Por tanto, para calcular el flujo uniforme equivalente aD . O basta considerar uno de los ciclos iguales de n años cada uno.

La diferencia de las pendientes de Z , y de Y es el gradiente de los flujos continuos triangulares.
 $g = gc + gd + go$

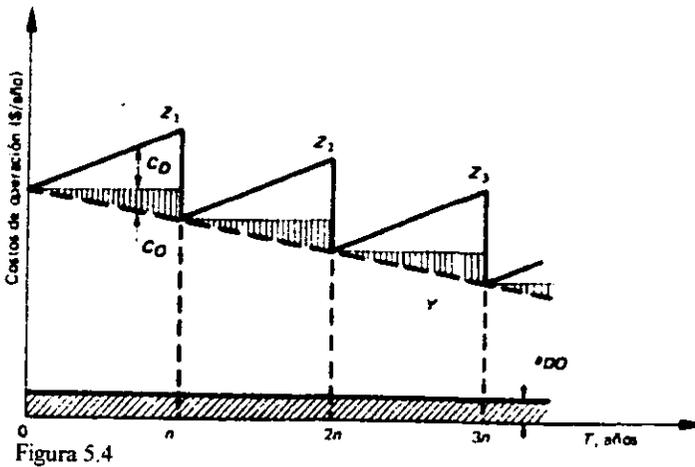


Figura 5.4

y la anualidad aD,o se obtiene con la transformación

$$aD,o = g(P/g,r,n) \cdot (a/P,r,n)$$

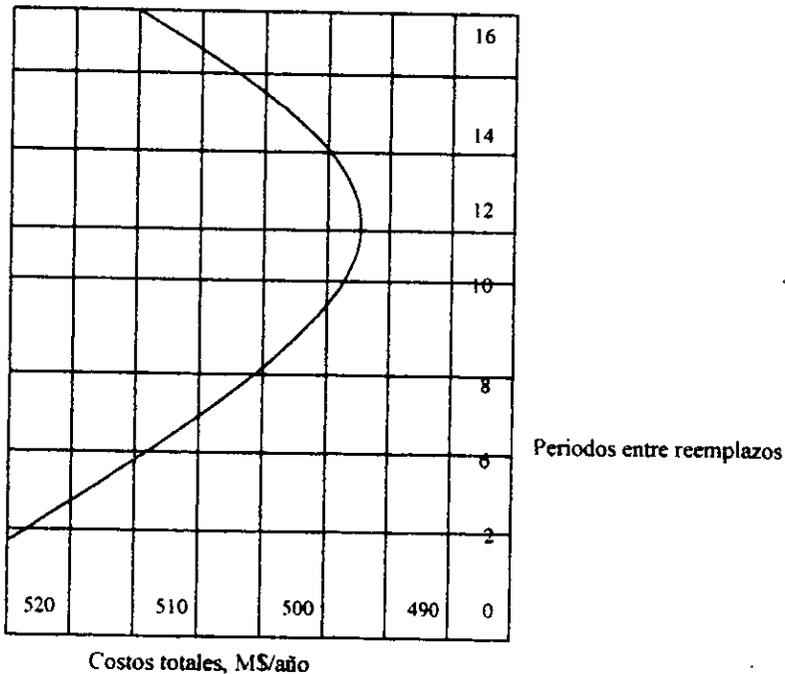
5.6 DECISIONES DE REEMPLAZO

Se abordará ahora el problema de decisiones de reemplazo de un equipo, el cual consiste en decidir si una máquina en uso debe reemplazarse en un momento dado por otra más eficiente, o si por el contrario, conviene conservarla durante un periodo adicional.

Debe observarse, en primer lugar, que las decisiones de reemplazo por lo general no involucran sólo dos alternativas: reemplazar o conservar; a menudo existen diversas opciones intermedias. Así, tratándose de un equipo deteriorado físicamente, puede plantearse la conveniencia de hacerle una reparación general o reacondicionarlo a fin de alargar su vida económica.

Si un equipo resulta demasiado pequeño para las necesidades de producción, puede existir la alternativa de aumentar su capacidad, o complementarlo con un equipo adicional;

por ejemplo, un acueducto insuficiente puede reacondicionarse en su interior y así disminuir la fricción y aumentar su capacidad, sustituir un tramo por otro de mayor diámetro, complementarlo con un ducto en paralelo, o sustituirlo en su totalidad por otro de mayor diámetro (figura 5.5)



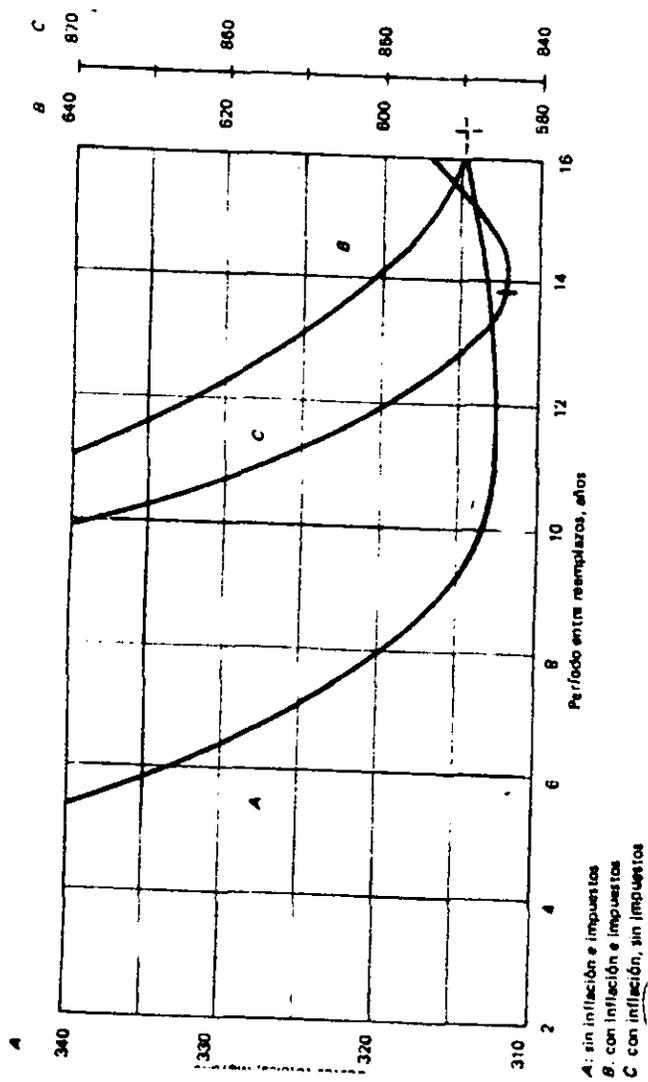


FIGURA 5.6

Entre las posibles alternativas de reemplazo de equipo hay que considerar siempre la de retirarlo del servicio, sin reemplazarlo: hay ocasiones en que resulta más conveniente comprar el servicio requerido o rentar el equipo necesario a otra empresa.

A cada una de las opciones examinadas corresponderá una cierta inversión, determinados costos de operación, un período de servicio estimado y un valor de rescate al final del mismo. Si el activo (equipo o instalación) puede seguir operando sin modificaciones o adiciones, el problema de reemplazo debe valorar estas alternativas:

I: sustituir de inmediato el activo en uso por otro de características óptimas.

II: conservar el activo en uso durante un período T y sustituirlo al cabo de ese tiempo por otro de características óptimas.

Si el activo en uso es susceptible de ser mejorado o complementado, también debe considerarse, una o más alternativas del siguiente tipo:

III: mejorar y/o complementar el activo en uso, conservarlo durante un período T y sustituirlo al cabo de ese lapso por otro de características óptimas.

La opción I implica una inversión inmediata; la II, un diferimiento del total de dicha inversión; y la (s) III, un diferimiento parcial de la misma. La alternativa II no crea ningún compromiso para el futuro, y puede desecharse en cualquier tiempo. La alternativa III crea cierto grado de compromiso debido a la inversión que se hace en el presente, pero puede abandonarse económicamente en un período relativamente corto. La alternativa I crea el máximo grado de compromiso, ya que será difícil justificar con enfoque económico el retiro o reemplazo del nuevo equipo a corto plazo.

Por tanto, si hay expectativas de que en un futuro próximo aparezca en el mercado un modelo de tecnología superior, o de que varíen los requisitos del servicio prestado por el activo, puede resultar más adecuada una alternativa del tipo III, la cual reduce en grado sumo el riesgo de la inversión. En este caso, el riesgo entra como criterio primario o secundario de decisión.

Al comparar diversos equipos capaces de reemplazar al que está en uso, es poco probable que todos tengan la misma potencia, capacidad o características de operación. Las diferencias deben traducirse, siempre que sea posible, a costos o beneficios incrementales, expresados en unidades monetarias; por ejemplo, si un equipo tiene mayor capacidad de producción que la requerida, la capacidad extra puede aprovecharse al crecer la demanda del producto, lo cual alargaría su vida económica y permitiría hacer frente a concentraciones o picos eventuales de la demanda, aumentando los ingresos de operación.

Cuando las diferencias entre equipos alternativos no pueden traducirse a términos monetarios, es posible valorarlas aplicando criterios secundarios de decisión.

El estudio de las alternativas de reemplazo mencionadas presenta estas características especiales:

- a) Retener el activo en uso durante un período T implica que al final de éste se reemplace por uno nuevo. No puede suponerse que el flujo correspondiente al período T se repita en forma cíclica como cuando se trata de un equipo nuevo. Después de T, es razonable uno o más ciclos de vida de equipos nuevos.
- b) El horizonte económico del estudio debe establecerse de acuerdo con la duración de la necesidad del servicio prestado por el activo. Dicha duración suele ser mayor que la vida

económica del activo nuevo. Si esta última es de n años, podría considerarse en el estudio en horizonte de $T + m \cdot n$ años

- c) El período T de retención del activo en uso debe seleccionarse de manera que el costo anual equivalente durante el mismo sea el mínimo. Dicho período está limitado por la vida útil del activo, o sea el lapso durante el cual sería aún capaz de proporcionar el servicio requerido.

La determinación del período T óptimo de retención del activo en uso comprende, como para un equipo nuevo, la estimación de los costos futuros de operación evitables, y de los costos de propiedad resultantes de conservar el activo.

1. Costos de operación evitables

En la figura 5.7, las ordenadas de la línea Z_u representan los costos futuros de operación en efectivo» más los costos de oportunidad por deterioro, correspondientes al activo en uso. La estimación de dichos costos debe basarse en la historia de esa máquina y en el pronóstico de su comportamiento futuro, incluyendo costos de reparaciones que pueden preverse, consumos, tiempos muertos probables y productividad esperada, entre otros

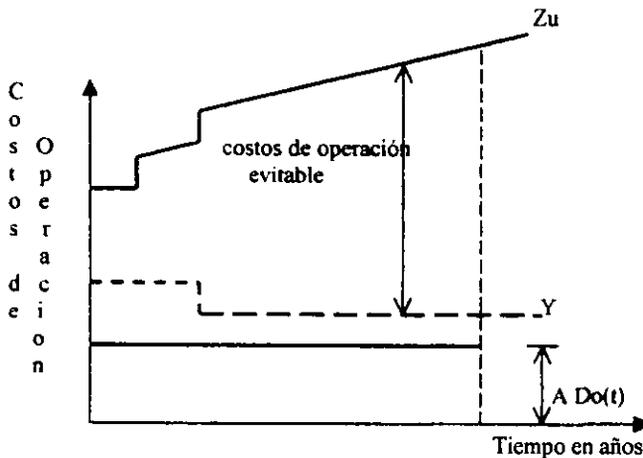


Figura 5.7

Si se analiza una alternativa del tipo III, los costos de operación se determinarán en función de las mejoras y/o de complementación del activo en uso que se proyecten.

Las ordenadas de la línea Y , por otra parte, representan el costo de operación de la máquina más moderna equivalente a la que está en uso, y la previsión futura de dicho costo. Esta línea debe basarse en información reciente disponible sobre desarrollos concretos y mejoras probables a corto plazo, más que en una estadística de largo plazo.

La diferencia entre las ordenadas de Z_u y las de Y , representa el costo de operación evitable por deterioro y obsolescencia, en función del tiempo de uso, T , a partir del presente (tiempo 0). Se

supondrá que todas las ordenadas están expresadas en moneda constante, con referencia al producto. Al aplicar las fórmulas apropiadas, con la tasa de descuento real, r , este costo variable puede transformarse en un flujo uniforme equivalente, $(a D, o (t))$, función de T , como se muestra en la parte inferior de la figura 5.8. El flujo equivalente después de impuestos se obtiene aplicando a la cifra anterior el factor $(1 - t)$.

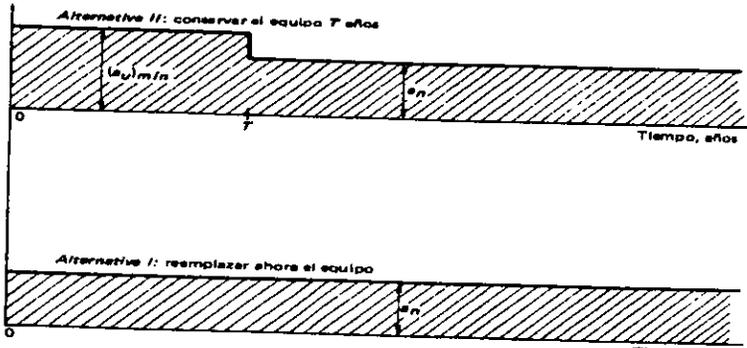


Figura 5.8

2. Costos de propiedad

En la figura 5.9, la barra $C_u (0)$ representa el valor recuperable actual de la máquina en uso; es la cantidad que se sacrifica al no vender ahora dicha máquina,

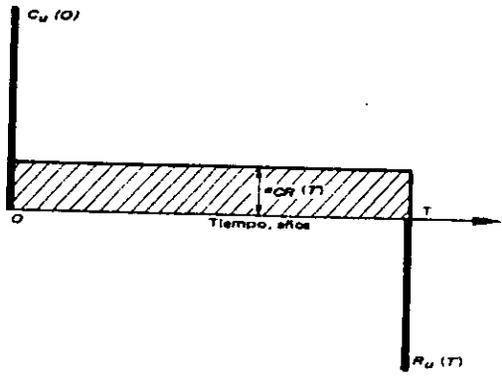


Figura 5.9

o sea, su costo de oportunidad. La barra $R_u(T)$ representa el valor de rescate del activo en la fecha T , expresado en moneda constante.

El flujo discreto formado por $C_y(0)$ y $R^A(T)$ se puede transformar, mediante la aplicación de un flujo uniforme equivalente, $aCR(T)$, en función de T , como se muestra en la figura.

Cuando se analiza una alternativa del tipo III, el valor de $C_u(0)$ debe incluir los costos de reacondicionamiento, mejora y/o complementación del activo en uso, $R_u(T)$ debe ajustarse de manera similar.

5.7 ALCANCE DE COSTOS EN EFECTIVO UTILIZANDO EL CPM

Como los datos respecto a estimaciones se basan en los costos y en el rendimiento de la producción, se concluye que los contadores de compañías constructoras deben encontrar en el CPM una herramienta poderosa y de acción rápida para el control de costos y una gran ayuda para obtener los datos de estimación más exactos. El análisis de la ruta crítica divide al proyecto en actividades de corta duración de manera que cada una de ellas puede programarse y cuantificarse de una manera lógica.

De igual forma, cada actividad puede estimarse y cuantificar su costo para y por el contador, con el fin de que las variaciones de esta estimación puedan determinarse tan pronto como surjan, y se tomen las providencias necesarias en la misma forma en que el director de obras descubre y pone remedio a las variaciones de lugar, a partir de las duraciones de las actividades estimadas inicialmente.

Comparando los costos estimados con los reales, a medida que se termina cada actividad, la planeación del financiamiento se vuelve más exacta. Aún más, podrá ajustarse conforme el trabajo avanza, en igual forma que el trabajo real de construcción se ajusta para que coincida con los cambios de ajuste hechos al modelo de red.

"Los costos hasta terminar" se vuelven más factibles y se comprueban repetidamente, conforme se terminan las distintas actividades. Además, el contador familiarizado con los procedimientos de la ruta crítica será capaz de introducir técnicas para evaluar rápidamente el efecto, tanto de la talla como de la prolongación de cualquier operación, ya sea en el costo de la propia actividad, o del proyecto total.

Desglosando los costos directos en los derivados de la mano de obra, materiales, cargos por equipos, etc., para cada actividad, podrá analizarse rápidamente el costo real de cada operación terminada y compararse con el estimado correspondiente, a medida que se revisa periódicamente el avance físico del trabajo.

Finalmente, se le podrá notificar al departamento de estimaciones, acerca de todas las variaciones importantes en el costo de la ejecución, y podrán anotarse todos los costos para indicar si se han originado a partir de operaciones normales falladas, total o parcialmente. Así,

la persona encargada de las estimaciones, tiene acceso a una relación sobre el costo mucho más detallada, en la cual podrá basar las evaluaciones de contratos venideros.

Con una estimación factible y un control de costos exacto, podrá definirse apropiadamente el margen de utilidades requerido. Todavía más, surgirá una estrecha coordinación entre el trabajo del estimador, el contador y el director, a causa del beneficio resultante para cada uno de ellos, como consecuencia de adoptar el CPM1 como la solución lógica a sus problemas de planeación y control del trabajo y de los recursos.

Al preparar el plan de financiamiento total para un proyecto, es necesario, ante todo, examinar de cerca el modelo de red, y a partir de él, programar los costos locales esenciales que deben gastarse al realizar los trabajos; esto se calcula fácilmente, a partir del tiempo y los costos directos de las actividades, a los cuales se añaden los gastos indirectos, con su tasa de ocurrencia correspondiente. La representación gráfica de estos costos locales totales acumulativos en función del tiempo, mostrará el gasto financiero requerido. El siguiente paso es determinar el margen de ganancias brutas, que se deberá añadir a este precio.

1 "El método de la ruta crítica (CPM) es una técnica eficaz para la planeación y administración de todo tipo de proyectos". El método tuvo sus orígenes a fines de la década pasada cuando la marina de los EE.UU., por un lado, y la E.I. Du Pont de Neumours por otro tuvieron que enfrentarse a diferentes problemas en la planeación de control de contratos y la estimación de costos en los proyectos de construcción de plantas químicas. Tanto la marina como Du Pont desarrollaron sistemas basados en la teoría de redes, de allí el nombre de CPM sigla de las palabras inglesas Critical Path Methods.

Esto depende del plan de ganancias brutas anuales para la compañía, y de la relación que guarda el valor de este contrato particular, con respecto al total de contratos (ingresos brutos) que se espera obtener. A partir de registros pasados y de la práctica normal de la contabilidad, pueden determinarse estas utilidades como un precio alzado (no suelen preferirlo algunas compañías) o como una cantidad particular por semanas-hombre del promedio de trabajadores empleados anualmente. En este último caso, si el promedio total de trabajadores empleados por una compañía, en el pasado inmediato, ha sido, digamos, 10,000 semanas-hombre por año, y si este proyecto en particular tiene un trabajo estimado en 3300 semanas-hombre por año, entonces se indicará como una suma de utilidades igual al 33% de la ganancia total por año que requiere la compañía para mantenerse.^{1a} La mayor ventaja del CPM en este respecto, es que proporciona estimaciones más exactas de la duración del proyecto y de la cantidad de mano de obra requerida, que las obtenidas por medio de los procedimientos antiguos de estimación convencional.

^{1a} La ganancia bruta requerida es la *Suma* de costos de la compañía, costos de publicidad, costos de planeación y presupuesto, retención de capital para crecimiento futuro, pago de impuestos, etc., más la *suma* deseada de ganancia neta que se deberá pagar como dividendo a cada accionista.

Una vez añadido este margen de utilidades, al total de costos de lugar, y una vez valorado el contrato para igualar el precio total requerido, el diagrama de flechas (o el programa de gráfica de barras) proporciona ahora el programa exacto, a partir del cual se ha de calcular la tasa de la capacidad de ingresos-egresos acumulativos del proyecto, de acuerdo con los pagos progresivos estipulados en el contrato. Esto se superpone, entonces, en la forma usual, a la gráfica del gasto acumulativo del lugar, para obtener la inversión financiera que requiere el proyecto. De nuevo, la ventaja del CPM es la exactitud que puede alcanzarse en estos cálculos, de forma que el máximo y el promedio de los sobregiros, y el periodo para el cual son necesarios se puede aceptar con toda confianza.

Otra ventaja directa del CPM es que se ha encontrado el plan de utilidades brutas de la Compañía, dentro de un sistema que, en la práctica, permitirá realizar el trabajo dentro de límites de presupuesto más pequeños de los que se obtiene de otra forma, y, por lo tanto, las utilidades recibidas se acercan más a las previstas (excepto en circunstancias muy especiales, en las que no sea posible predecirlas). Es por lo tanto, sencillo observar la cantidad de negocios logrados e interpretar las consecuentes utilidades, con una precisión razonable.

La característica más importante del CPM, dentro de las finanzas de la construcción, es, sin embargo, el empleo de la compresión, la descompresión, o ambas, para determinar lógicamente y matemáticamente la duración óptima de un proyecto, con el mínimo costo total. Con esta sola característica, se puede determinar con certeza el plan más económico para efectuar todo el contrato. Esto, a su vez, asegura la obtención de una cantidad razonable de trabajo disponible, compatible con los requerimientos financieros y la planeación de utilidades de la compañía. De esta manera, el contador apreciará la potencialidad del análisis de redes del CPM, para una administración más eficiente en los problemas financieros 2

2 Algunos contadores opinan que los datos de costo-tiempo necesarios para la falla (al igual que los cálculos de compresión) son difíciles de estimar (y obtener). Será bueno recordar que alrededor de las dos terceras partes de las actividades nunca cambian su estado de normalidad, y que, dentro de la otra tercera parte, sólo unas cuantas alcanzan la falla completa. Por lo tanto, las soluciones óptimas pueden obtenerse satisfactoriamente a partir de datos lo suficiente aproximados.

Obtener el presupuesto (o pronosticarlo) para el equipo, los materiales y la mano de obra, es relativamente sencillo, una vez que se ha establecido la red del proyecto; y será fácil manejar las variaciones futuras necesarias durante la construcción, ya que las variaciones en los requerimientos se conocen de antemano. Finalmente, el presupuesto de los ingresos y egresos totales del proyecto pueden elaborarse con exactitud, a partir de la red evaluada. Este presupuesto financiero de los recursos está arreglado conforme al presupuesto general de las operaciones de la compañía; por medio de una distribución de los recursos posterior (si es necesaria) o requerimiento de, digamos, gastos de contado, podrán ajustarse a los fondos disponibles. Esto, evidentemente, puede ser muy importante en compañías grandes que tienen cierto número de proyectos simultáneos. Las necesidades de dinero efectivo pueden preverse con exactitud, y las altas y bajas que normalmente experimentan, pueden uniformizarse.

No nos proponemos aquí exponer con detalle los métodos de contabilidad convencionales adoptados en la construcción. Sin embargo, es importante señalar que, con la introducción de los procedimientos de la ruta crítica para la planeación y el control en el lugar de las operaciones de construcción, se ha vuelto esencial que los ingenieros aprendan algo sobre contabilidad y que los propios contadores se familiaricen con esta nueva técnica matemática. Esto es aplicable tanto si la persona está contratada como profesional o como oficial asalariado en compañías constructoras, o en servicios de administración. Además, con esta nueva herramienta en la administración, se obtiene una mejor comunicación entre el ingeniero constructor y el contador; ambos pueden ahora hablar el mismo lenguaje, ambos pueden ahora ver el proyecto desde el mismo punto de vista, cada uno puede aprender y entender con rapidez los procedimientos y objetivos del otro en sus respectivas tareas diarias.

Deberá tomarse en cuenta, desde el principio, que el propósito de una estimación es que sea un pronóstico confiable de los costos probables; como tal, no importa qué tan preciso sea, puede ser sólo una opinión. Los costos, por otro lado, son el registro histórico real de los gastos que han surgido; como tales, son una declaración de los hechos.

Cuando estos hechos se registran totalmente para todas las actividades en diferentes tipos de proyectos, proporcionan datos inapreciables para el cálculo de presupuestos futuros. Esta correlación exacta, entre los costos reales y los estimados, sólo ha podido practicarse desde que la introducción del CPM llamó la atención acerca del importante significado de *la actividad* en la construcción.

El concepto de la actividad, como una unidad contable, es la base para una nueva filosofía de la contabilidad. Los conceptos del trabajo que se proporcionan comúnmente en una lista de cantidades, están conectados sólo remotamente con las operaciones detalladas que han de efectuarse, y el sistema de costos basado en estos conceptos, o en otras subdivisiones similares del trabajo, no puede proporcionar un control apropiado del mismo. Sin embargo, con la nueva filosofía, cada actividad se planea con un costo y una duración estimados y después es un asunto muy sencillo compararlos con la ejecución real, en cuanto a tiempo y dinero, a medida que se termina cada actividad. Las estimaciones del porcentaje de trabajo terminado a la fecha se eliminan; lo realmente ejecutado dentro de cada actividad, es una medida mucho más precisa del avance del trabajo. Todo esto implica no sólo la ventaja de una mayor exactitud, sino, también, la obtención más rápida de las respuestas necesarias, tanto para los proyectistas como para los administradores.

El uso del CPM simplifica, por lo tanto, al director la tarea del control de costos de un proyecto y le proporciona información más exacta con la cual prevenir las pérdidas que surjan. También puede simplificar las funciones de contabilidad a través de la integración del análisis de costos con las cuentas generales. Hay muchas formas de obtener el grado de control e integración requeridos, y es, por lo tanto, suficiente con presentar aquí únicamente los puntos esenciales y los principios que implican.

En las operaciones industriales se compara el costo real con el "costo estándar", que es (como su nombre lo dice) el precio estandarizado para la operación o trabajo de que se trata, y se determina por medio de algún proceso analítico tal como el estudio del trabajo. En la construcción esto no es posible, debido a la amplia variación en la naturaleza de las operaciones; de esta manera, el control deberá basarse en el análisis de costos. Esta es sin duda, una manera muy satisfactoria de lograr el control, ya que las ganancias en cualquier proyecto de construcción, se basan, también en los costos estimados. Por lo tanto, si se emplea el presupuesto para un control adecuado, entonces. Podrá asegurarse que la operación de este trabajo será económicamente ventajosa.

Cuando los sistemas de control de costos se basan en el método de la ruta crítica, las necesidades de exactitud y rapidez, en la obtención de los resultados, harán la red un poco más complejo. Es necesario desglosar el trabajo en más actividades, y tomar en cuenta los objetivos del control al preparar el diagrama. Por ejemplo, es preferible tener, cuando sea posible, sólo un turno o una cuadrilla para cada actividad. Además, las actividades deben, hasta donde sea práctico, tener duraciones que no excedan a una semana; aquellas actividades que normalmente tomen más tiempo, deben (a excepción de operaciones como reparto de materiales, aprobación de planes, etc.), dividirse en dos o más actividades. Esto permitirá un control efectivo sobre todas las actividades,

atendiendo a las variaciones con respecto a lo estimado durante la ejecución de operaciones prolongadas, tan pronto como surjan. La programación de la red incluye la duración de la actividad, el número necesario de hombres, la clasificación del tipo de trabajo (con la clave apropiada), y el costo directo estimado para la mano de obra, el equipo y los materiales. Para las actividades que precisan un subcontrato sólo será necesario registrar el costo directo total y la duración, y esto deberá estar de acuerdo con los subcontratista respectivos. El total de estas estimaciones de costos directos más los preliminares y otros costos indirectos, junto con los gastos generales y la ganancia del contratista, es igual al precio del contrato.

Los costos directos estimados se registran en una tarjeta de costos o en el libro mayor; cada actividad se identifica por los números de sus nodos en la red. En esta forma, la clasificación de los costos concuerda con los diferentes conceptos de trabajo, señalados en el modelo de red como actividades individuales; ésta es una característica muy importante de este método de análisis de costos, como se verá en breve.

Con el fin de evitar repeticiones innecesarias, es preferible incluir, a medida que avanza el trabajo, la contabilidad de los costos, dentro de la contabilidad financiera general. Al principio del proyecto, serán parte del presupuesto la cuenta de cada actividad, la cuenta de gastos generales y una cuenta preliminar; el total de éstas será cargada en una cuenta de "costos-hasta terminar". Se harán adaptaciones a estas cantidades, de acuerdo con cualquier variación que surja, lo mismo que por variaciones ocasionadas por asuntos provisionales.

5.8 VARIACIÓN DE COSTOS DE OPORTUNIDAD

Presupuesto de la Mano de Obra

El capataz o supervisor registra las horas de mano de obra empleada en cada actividad, en la forma usual. Después, la lista total de raya se carga en una cuenta semanal de la variancia de la mano de obra y el informe semanal de hombres-hora empleados en cada actividad se usa para cargar los costos de mano de obra en la cuenta de cada actividad; el total de estos cargos se acredita en la cuenta de la variancia de la mano de obra.

Huelga decir que la información básica para mantener el programa a tiempo debe ser suficientemente exacta (como ha sido siempre el caso para el análisis de los costos de construcción), ya que es evidente que el *tiempo* es la unidad por medio de la cual se controla toda la mano de obra productiva e improductiva, con relación a la estimada. La introducción del CPM ha enfatizado la importancia de tiempo, y ha agregado también otros dos factores importantes: rapidez o tasa del trabajo (normal o en falla) y el tamaño de una cuadrilla. Es, por lo tanto, una pérdida de esfuerzo calcular costos monetarios para cada actividad o cada tipo de mano de obra; es el análisis de las horas trabajadas (más observaciones sobre el tamaño de las cuadrillas, las horas extras u otros pagos apremiantes, y la variación en el promedio general de las tarifas por hora-hombre a través de todo el proyecto) lo que permite medir el rendimiento y compararlo con el estimado, o sus revisiones en el lugar de la obra. Cuando sea necesario, el total de horas-hombre invertidas durante un periodo de costo puede convertirse fácilmente a términos monetarios, tomando como medida de costo y aplicando la tarifa media general para todo el proyecto, del costo de la hora-hombre.

Desde el principio de un proyecto, hasta su terminación, es posible comparar las horas-hombre reales para una actividad, con las estimadas, ya sea en total o para operaciones indirectas o servicios comunes. En ocasiones apropiadas podrá comprobarse la eficiencia del tamaño de las cuadrillas, aplicando dos o más equipos diferentes a la misma operación, y comparando su productividad por hora-hombre.

Los antiguos informes periódicos del costo de mano de obra se reemplazan ahora por informes de gasto de horas-hombre, mostrando, para cada actividad:

1. El tiempo requerido estimado.
2. El tiempo gastado hasta la fecha.
3. El tiempo restante en el programa.
4. El tiempo necesario para terminar la operación, con un avance normal.
5. La ganancia o pérdida de tiempo prevista como permisible.
6. Al terminar, el tiempo real perdido o ganado, y su efecto en el contenido total de mano de obra del proyecto.

La figura 5.10 ilustra un informe de este tipo; estos informes de horas-hombre dan una visión general del costo de la mano de obra, en una forma apropiada, tanto para hacer estimaciones como para el control del proyecto.

| Resumen del avance de mano de obra | | | Contrato No. | | Localización | | | | Semana que finaliza 196. | | |
|--|------------|-----------------------|--|---------------------------|--|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------|--|
| Operación | Actividad | No. hombre programado | Total de horas hombre hasta la fecha | No. hombre en esta semana | Total acumulado de las semanas | % completado | No. hombre necesarios para terminar | No. hombre disp. para terminar | Pérdida | Ganancia | Observaciones |
| Canchales | FF 114 117 | 560 | 110 | 180 | 400 | 70 | 70 | 100 | 70 | | |
| Canchales | FF 117 118 | 180 | 85 | 95 | 50 | 85 | 95 | | | 10 | |
| Canchales | SF 119 121 | 500 | 400 | 210 | 610 | 30 | | | 110 | | |
| Refuerzos | SF 121 124 | 200 | 80 | 10 | 160 | 60 | | | | 40 | |
| Concreto | SF 124 127 | 300 | | 295 | 85 | 100 | | | | 15 | |
| Total de horas-hombre programadas para terminar las operaciones (Col. 2) | | | Total de horas-hombre en todas las operaciones terminadas 100% | | Total de horas-hombre en todas las operaciones terminadas 100% | | Total para operaciones en proceso | | Total para operaciones terminadas | | Neto G.P. Neto C/P Neto G.P. Neto G.P. |

Informar:

- a) Rendimiento del personal
- b) Dificultades en los métodos de trabajo
- c) Efecto en otros trabajos

Análisis del retraso

Horas hombre hasta la fecha Col. 5 + ... incompleto - Horas hombre necesarias Col. 7 - ... Completo Col. 6

Figura 5.10

gastos de mano de obra se habían valorado con relación a algún tipo de unidad material, como metros cúbicos de concreto, metros cuadrados de cimbra, toneladas de acero, etc. Se ha visto ahora que esto es, en muchos casos, muy poco satisfactorio.

El Dr. R. H. Clough señaló un ejemplo clásico en el método convencional para medir la mano de obra para las rampas de una escalera de concreto, basándose en metros cuadrados: El costo de mano de obra asociado con esta construcción es mas o menos el mismo para una escalera de un metro veinte cms. De ancho que para una de dos metros de ancho, aún cuando la escalera de dos metros contiene un 50 por ciento más de área por metro lineal.

Aquí, como en muchos ejemplos similares, es preferible asignar un costo de mano de obra por trabajo en lugar de usar una unidad de mano de obra.

Todo analista de costos sabe que la parte más difícil de su trabajo es la predicción del costo de la mano de obra. Este es el campo en el que requiere la máxima ayuda de parte del contador. El costo real de la mano de obra es el número de horas-hombre necesarias para llevar a cabo una tarea específica. Con el CPM, se ha hecho posible obtener un registro aceptable de los costos de mano de obra, ya que cada una de las tareas puede indicarse en el modelo de red como una actividad separada y única.

Las actividades que representan un trabajo específico deben planearse por medio de tamaños de cuadrilla apropiados y tipos de trabajo. La evaluación en el lugar de estas actividades individuales a través de un extenso número de proyectos, permitirá eventualmente compilar los costos de la mano de obra. Esto proporcionará al proyectista las cantidades apropiadas en las cuales podrá basar sus predicciones futuras, pues tendrá, entonces, valores reales, tomados a partir de los hechos.

El análisis de los costos de trabajos individuales no es nuevo; sin embargo, con la introducción del CPM, se ha enfatizado su importancia, y se ha obtenido como resultado la "valoración de actividades". Lo que es nuevo es el concepto de que los registros de productividad por hora-hombre y de costos de mano de obra deben indicar el tamaño (y calificación) de la cuadrilla y especialmente si la actividad se terminó a una velocidad normal o de falla; en el último caso, debe indicarse la naturaleza de la aceleración horas extra, varios turnos de trabajo, etc. y el porcentaje de falla total disponible. Únicamente cuando tales datos sobre el costo estén disponibles le será posible al proyectista preparar realmente datos de costo-tiempo prácticos para sus cálculos de compresión.

ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE SERVICIOS Y MATERIALES

El sistema adoptado para ordenar servicios y materiales, incluyendo subcontratista, y para confrontar las remisiones hechas, debe seguir métodos experimentados, diseñados para asegurar que las compras no excedan la distribución planeada del presupuesto de erogación para el proyecto. Cuando se planea una construcción por medio del CPM, las órdenes de compra se asignan a actividades individuales o, grupos de ellas, por medio de números apropiados. El número de órdenes expedidas debe mantenerse en un mínimo, para reducir el volumen de trabajo de oficina, pero las órdenes por separado deben referirse a cada servicio, acomodamiento, o colección de materiales comprados de un proveedor, y asimismo deben enviarse a cada contratista.

El programa de materiales a partir del modelo de red, indicará las cantidades totales (y precios) requeridos, las fechas de entrega, la asignación de las cantidades y el gasto para cada actividad,

El programa de materiales a partir del modelo de red, indicará las cantidades totales (y precios) requeridos, las fechas de entrega, la asignación de las cantidades y el gasto para cada actividad, la tasa de consumo estimada y el total de reserva de materiales para el proyecto. Cada orden de compra deberá estipular los tres primeros conceptos, para que el proveedor o subcontratista conozca bien los requerimientos que tiene que cumplir.

Al recibo de los materiales en el lugar, las notas de entrega se marcan con las actividades en las que el material o servicio se emplea, señalando qué cantidad corresponde a cada una, cuando la entrega cubre más de una actividad. En algunos casos este sistema puede llevar a un gran número de pequeños repartos, pero esto, en sí, proporciona un control muy efectivo.

Las notas de entrega se cotejan inmediatamente con las órdenes de compra, enseguida se valoran y se extienden, evitando así, retrasos surgidos por la espera de las facturas. Estas notas de reparto extendidas se cargan en la cuenta de actividades, y se hacen los cargos correspondientes en una cuenta de variancia de los materiales. Los cargos a esta última cuenta de los distintos materiales, se hacen a partir del informe de compras, y el balance se traspasa a una cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto. Se pueden conservar por separado las cantidades acumulativas de los costos reales y estimados de ciertos materiales (tales como cemento, ladrillo, etc.) para proporcionar, si se desea, protección contra hurto y extravío; si hay serias discrepancias reveladoras por estas cantidades, entonces se procederá a hacer investigaciones.

La valoración y ejecución del subcontrato siguen un patrón similar. Es esencial en este caso, que el subcontratista, al presentar su precio, conozca perfectamente las necesidades de la red del proyecto el efecto de sus propias actividades en la duración de éste. Además, deben estipularse eventos específicos para señalar el comportamiento del subcontratista; los pagos progresivos que se le llagan se calcularán en cada uno de estos eventos de control. Durante la construcción ser necesario que cooperen todas las partes, en cualquier replaneación del proyecto, para definir y valorar con prontitud las variaciones, de manera que las modificaciones que se llagan a las actividades puedan ser adoptadas sin demora, cuando tenga lugar la revisión de red, y no obstaculicen dicha replaneación.

Costos por Planta y Equipo

Lo mismo que en la mano de obra, el número de horas productivas (en este ejemplo de la máquina) es vitalmente importante desde el punto de vista del costo. La operación de la planta, como la mano de obra, se registra como el tiempo empleado en cada actividad; y de aquí se deduce que el informe semanal de horas-máquina consumidas (para cada tipo de máquina, si es necesario) en cada actividad durante el proyecto es la base a partir de la cual se inicia el análisis de costos, cargando los costos de la planta en la cuenta de cada actividad, y después, el total en la cuenta de variancia de la planta. Este principio se aplica, ya sea que la planta se contrate de una fuente exterior, o bien que pertenezca al contratista (sin tomar en cuenta la forma en que lo cobre al proyecto, lo cual se puede hacer por medio de un sistema interno de contrato o por un gasto específico declarado) el proceso empleado en el análisis de los costos por planta y equipo, es el mismo que se usó para la mano de obra y materiales.

A diferencia del caso de la mano de obra, la productibilidad de la planta puede calcularse con una certeza razonable. Por lo tanto, los costos se estiman generalmente en las unidades tradicionales (metros cúbicos de excavación, metros lineales de zanja, áreas de superficies terminadas, etc.). No

Contrato No
 Período que finaliza

| Evaluaciones | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|---------------------------|-------|---|-------|----------------------|-------|----------------------------|-------|-----------------|------------------------------|-------|
| Cuentas | | Transmisión total | | Evaluación hasta la fecha | | Avanzadas a la fecha | | Pronósticos hasta la fecha | | Estado presente | Reservados hasta el presente | |
| Idem. | Real | Cost | Plazo | Valor | Valor | Plazo | Valor | Plazo | Valor | Plazo | Plazo | Plazo |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | = (De proceso de control) | | $\frac{\text{Cost.} + \text{Plazo}}{\text{Cost.} \times \text{Plazo}} \times 100$ | | $100 - 4$ | | $100 - 6$ | | $100 - 7$ | $100 - 8$ | |

Figura 11.b

La forma y amplitud en que se describen los gastos indirectos, como actividades adicionales, varía desde una simple flecha para la duración del proyecto, hasta una serie compleja de ellas, cada una de corta duración. Muchos de los gastos generales y del lugar, son dignos de este tipo de atención en un proyecto grande. Sin duda, anteriormente ha habido una escasez de información confiable en lo concerniente a costos indirectos; con el uso del CPM se ha subsanado esta deficiencia.

Informes Periódicos de Costo y Cuentas

Para que los informes de costo tengan validez, deben estar al corriente, ser exactos y enviarse con regularidad. El uso de la actividad como una unidad valorada permite alcanzar todos estos objetivos. El informe detallado mensual que comprende mas de 3,000 actividades, puede presentarse a la administración con la ayuda de una computadora, dentro de los 3 días siguientes a la terminación del análisis de costos. En proyectos más pequeños pueden alcanzarse resultados similares sin recurrir a las computadoras.

Estos informes del costo deben presentar no sólo los costos hasta la fecha y el pronóstico del costo hasta terminar cada actividad en obra, sino, también, las valoraciones acumulativas comparadas con los costos totales hasta la misma fecha, con el fin de indicar la ganancia bruta que corresponde hasta ahí, y la ganancia final, ahora prevista.

En la figura 5.11^a y 5.11b se muestra un informe apropiado de costos de esta naturaleza. En tal informe, pueden adaptarse progresivamente las predicciones actuales y futuras, para hacer que sigan las variaciones del trabajo que se está considerando.

En todos los análisis periódicos de los costos, se suman las cuentas principales, hasta la fecha. Se recordará que los informes del avance del trabajo diario, muestran las actividades ya terminadas.

Al final de cada semana (u otro periodo adecuado) se cierran las cuentas de las actividades terminadas para ese día y el balance se transcribe a la cuenta de pérdidas y ganancias del proyecto.

El registro muestra, para prevenir al director *de* obras, cualquier variación significativa que haya surgido; puede mandarse también una copia de esta información al departamento de presupuestos para emplearlo en estimaciones futuras. La cuenta del costo-hasta-terminar, se abona cada semana con el total de costos de las actividades terminadas esa semana, y esto, a su vez, se carga en la cuenta del cliente. Cada mes se cargan también en la cuenta del cliente, los gastos generales y otros costos indirectos que haya surgido durante ese tiempo, al costo-hasta terminar. Se cargan también en la misma cuenta las ganancias que deben obtenerse; y la suma de todo esto se abona en la cuenta del proyecto. Las cuentas de gastos generales se cargan igualmente a medida que van surgiendo, y se prepara un informe y presupuesto mensual de "costo-hasta la fecha" en la forma usual para controlar estas cuentas

Una vez formadas las cuentas financieras y de costo, los procedimientos de oficina se orientan a una rápida preparación de informes periódicos de "Pérdidas y Ganancias" y de "Ingresos y Egresos", al igual que las hojas de balance, el análisis de gastos generales, y los informes que muestran las fuentes y distribuciones de los fondos. Con estos informes periódicos de lo sucedido hasta la fecha, la dirección se encuentra en la posibilidad de revisar y controlar apropiadamente sus operaciones de construcción, independientemente de qué tan variadas sean. El consejo de administración y la secretaría de la compañía agradecerán, por lo tanto, los beneficios derivados de una presentación rápida del estado financiero, a medida que se formulen con el sistema de análisis del costo del proyecto, basado en las técnicas del CPM.

CAPITULO VI

ANALISIS DE PROYECTOS PUBLICOS

6.1 IMPORTANCIA DE LA INVERSIÓN PÚBLICA

El análisis económico de los proyectos públicos reviste gran importancia debido a la participación creciente del Estado en la economía. El análisis beneficio costo es un intento de racionalizar la selección y jerarquización de las inversiones gubernamentales. Esta técnica se basa en la evaluación de costos y beneficios sociales derivados de un proyecto y en la aplicación de los criterios económicos de selección de alternativas estudiadas en capítulos anteriores.

En los regímenes de economía mixta prevalecientes en la mayor parte de los países del mundo occidental, las inversiones del gobierno tienen importancia creciente. Las obras de servicio a la colectividad absorben un alto porcentaje de los fondos públicos, a fin de proporcionar servicios que la economía de mercado no hace accesibles a los sectores más pobres de la población, como servicios médicos y asistenciales, programas habitacionales y crédito agrícola. Además, las inversiones del gobierno se canalizan, cada vez en mayor grado, a la creación y operación de empresas paraestatales, por cuyo medio se desea controlar sectores económicos clave, como los recursos hidráulicos, la energía eléctrica, los combustibles y la minería; o se pretende reforzar actividades que la iniciativa privada no apoya suficientemente, sea por falta de aliciente económicos o por problemas tecnológicos o financieros.

La inversión pública en México tiene considerable importancia. Debido a esto se mantiene una infraestructura social en los siguientes aspectos considerados obra pública:

A; La obra, dentro de la cual podrán estar:

1. La excavación, construcción, instalación, conservación, mantenimiento, reparación y demolición de bienes inmuebles;
2. Los trabajos de localización, exploración geotécnica, y perforación para estudio y aprovechamiento del subsuelo;
3. El despalme, desmonte y mejoramiento de suelos;
4. El mantenimiento, conservación, rehabilitación, reacondicionamiento, operación, reparación y limpieza de bienes no considerados en la Ley aplicable en la materia relativa a Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios en el Distrito Federal, equipos e instalaciones cuyo objetivo sea la impartición de un servicio público a cargo de cualquier dependencia, entidad u órgano desconcentrado;
5. El suministro de materiales, mobiliario y equipos que se vayan a incorporar a obras nuevas, a las de rehabilitación o aquellas que se construyan para su mejoramiento;
6. Los trabajos de infraestructura agropecuaria;
7. Los trabajos destinados a la preservación, mantenimiento y restauración del medio ambiente, y
8. Todos aquellos de naturaleza análoga a las Fracciones anteriores.

B. Servicios relacionados con la obra pública, dentro de los cuales podrán estar:

- I.** Estudios previos.- Investigaciones generales y de experimentación, estudios de tenencia de la tierra o de uso del suelo, topográficos, hidráulicos, hidrológicos, geohidrológicos, de mecánica de suelos, sismológicos, batimétricos, aerofotométricos, de impacto ambiental, de impacto social y de impacto urbano, del medio ambiente, ecológicos, sociológicos, demográficos, urbanísticos, arquitectónicos, otros del ámbito de la ingeniería y anteproyectos diversos;
- II.** Estudios técnicos.- Trabajos de investigación específica, interpretación y emisión de resultados, de agrología y desarrollo pecuario, hidrología, mecánica de suelos, sismología, geología, geodesia, geotécnia, geofísica, geotermia, meteorología; así como los pertenecientes a la rama de gestión, incluyendo los económicos y de planeación de preinversión, factibilidad técnico-económica, ecológica o social, de afectación para indemnizaciones; de evaluación, adaptación, financieros, de desarrollo y restitución de la eficiencia de las instalaciones, catálogos de conceptos, precios unitarios, presupuestos de referencia, así como estudios de mercado; peritajes y avalúos;
- III.** Proyectos.- Planeación y diseños de ingeniería civil, industrial, electromecánica y de cualquier otra especialidad de la ingeniería; la planeación, y diseños urbanos, arquitectónicos, de restauración, gráficos, industriales y artísticos, y de cualquier otra especialidad de la arquitectura y del diseño;
- IV.** Supervisión de obras.- Revisión de planos, especificaciones y procedimientos de construcción; coordinación y dirección de obras, cuantificación o revisión de volumetría, preparación y elaboración de documentos para las licitaciones; verificación de programas propuestos por los contratistas, control de calidad de las obras incluyendo laboratorios de análisis y control de calidad, mecánica de suelos, resistencia de materiales, radiografías industriales, cuantificación de volúmenes ejecutados, revisión, conciliación y aprobación de números generadores y verificación del cumplimiento respecto a programas; así como del contrato de que se trate; recepción, liquidación y finiquito de la obra, integración de grupos técnico administrativos, capacitación, actualización continua, acorde con las disposiciones de la dependencia, entidad u órgano desconcentrado;
- V.** Coordinación de supervisión.- Actividades consistentes en el establecimiento de criterios, procedimientos y normas de operación con el fin de lograr la concurrencia armónica de todos los elementos que participan en la ejecución de proyectos, obras y otros trabajos objeto de los contratos; dichas actividades se basan en la concertación interdisciplinaria para organizar y conjuntar información sistemática de las diversas obras cuya supervisión se coordina. Tal información, proporcionada por las respectivas residencias de supervisión de obra, se verificará mediante visitas periódicas a obras y a otros sitios de trabajo, asistencia a juntas de coordinación y avances de obras y de actividades, corroborando que las supervisiones cumplan con sus funciones. Con objeto de poder evaluar e interpretar esta información se elaborarán informes del estado que guardan las obras que se coordinan, que incluirán el desempeño de las supervisiones, para permitir a la dependencia, entidad u órgano desconcentrado, la oportuna toma de decisiones y lograr que las obras se ejecuten conforme los proyectos, especificaciones, programas y presupuestos.

- VI. Gerencia de obra.- Trabajos con enfoque integrador que propicien eficiencia para alcanzar los objetivos y propósitos que para un proyecto tiene la dependencia, entidad u órgano desconcentrado.
- VII. Supervisión de estudios y proyectos.- Verificación del cumplimiento de programas propuestos por los contratistas; control de calidad de ejecución de los trabajos. Ley y de las disposiciones que de ella emanen, del contrato específico, su recepción, liquidación y Finiquito;
- VIII. Administración de obras.- Los trabajos relativos a la administración de obras, incluyendo los de registro, seguimiento y control, coordinación y dirección de obras, tales como gerencia de proyectos o de construcción, trabajos de coordinación, de organización, de mercadotecnia, los de administración de empresas u organismos, los estudios de producción, de distribución y transporte, de informática, sistemas y comunicaciones, los de desarrollo y administración de recursos humanos, los de inspección y de certificación;
- IX. Consultorías.- Los dictámenes, tercerías, opiniones profesionales y auditorías que podrán ser requeridas en cualquier etapa de la obra pública; los servicios de apoyo tecnológico, incluyendo los de desarrollo y transferencia de tecnología, entre otros, y
- X. Todos los servicios que se vinculen con las acciones y el objeto de esta Ley.

C. Proyecto integral: Las acciones que comprenden el desarrollo de un trabajo, incluyendo investigaciones previas, estudios, diseño, elaboración del proyecto, la construcción hasta su terminación total, capacitación, pruebas e inicio de operación del bien construido, incluyendo, cuando se requiera, transferencia de tecnología.

La obra pública por regla general se adjudicará a través de licitaciones públicas mediante convocatoria pública para que libremente se presenten proposiciones que cumplan legal, técnica, económica, financiera, y administrativamente de acuerdo con lo solicitado por las dependencias, entidades y órganos desconcentrados en sobre cerrado, que serán abiertos públicamente a fin de asegurar al Gobierno del Distrito Federal las mejores condiciones permisibles en cuanto a calidad, financiamiento, oportunidad, precio, y demás circunstancias pertinentes.

Las dependencias, entidades y órganos desconcentrados, cumpliendo los requisitos establecidos en su ley y en su reglamento, podrán contratar bajo su responsabilidad, obra pública mediante los procedimientos que a continuación se señalan:

- A. Por licitación pública, y
- B. Por invitación restringida, la que comprenderá:
 - I. La invitación a cuando menos tres participantes, y
 - II. La adjudicación directa.

.- Las licitaciones públicas podrán ser

- A. Tratándose de obras públicas:

I. Nacionales, cuando únicamente puedan participar personas de nacionalidad mexicana, o

II. Internacionales, cuando puedan participar tanto personas de nacionalidad Mexicana como extranjera.

B. Tratándose de suministros para obra nueva, para rehabilitaciones y para reacondicionamiento:

La cuantía de las inversiones del sector público hace necesario aplicar a los proyectos respectivos, aquellos criterios de evaluación y procedimientos de análisis económico que permitan racionalizar el gasto gubernamental, fijar prioridades en la inversión y lograr de ésta el máximo benéfico para la población. El análisis económico de un proyecto público exige expresar en términos monetarios los costos y beneficios. Consecuencia del mismo, determinar el flujo de efectivo asociado al proyecto y evaluarlo conforme a los criterios ya expuestos en capítulos anteriores. No obstante, dicho análisis presenta particularidades y problemas que lo hacen mucho más complejo que el de los proyectos de la empresa privada, según se podrá apreciar en las secciones siguientes.

Para la evaluación de proyectos públicos se utiliza con mucha frecuencia el criterio denominado relación beneficio/costo, el cual se expondrá a continuación, resaltando su equivalencia con el criterio del valor presente, cuando se aplica con corrección.

6.2 EVALUACIÓN DE PROYECTOS MEDIANTE RELACIÓN COSTO BENEFICIO

Recuérdese que el criterio básico para evaluar la conveniencia de un flujo efectivo es el del valor presente (*VP*) expuesto anteriormente:

Un flujo de efectivo es conveniente cuando el *VP* del mismo, calculado con la *TVC* del inversionista, es igual o mayor que cero.

Sean

$F = VP$ del flujo total

$B = VP$ del flujo i positivo (valor presente de los beneficios)

$C =$ valor absoluto del *VP* ideal flujo negativo (valor presente de los costos)

Según el criterio mencionado, la condición necesaria y suficiente para que un *FE* sea conveniente es que, a la *TVC* del inversionista,

$$B - C > 0$$

o sea

$$\frac{B}{C} - 1 \geq 0$$

o bien

$$\frac{B}{C} \geq 1 \quad \text{Ec 6.1}$$

Por tanto, el criterio *VP* antes enunciado equivale al siguiente, llamado criterio de la relación beneficio/costo:

CRITERIO *B/C*

Un flujo de efectivo es deseable cuando la relación del valor presente de los beneficios (*B*) al de los costos (*C*) es igual o mayor que la unidad, a la *TVC* del inversionista.

Se podría definir

B = anualidad equivalente a los beneficios,

C = anualidad equivalente a los costos,

Sin que varíe el criterio expuesto. En lo sucesivo se considerará que *B* y *C* son los valores presentes de beneficios y costos, en forma respectiva.

Considérense dos alternativas mutuamente exclusivas, cuyos flujos de efectivo, a valor presente, son

$$F1 = B1 - C1$$

y

$$F2 = B2 - C2$$

El *VP* del flujo de efectivo incremental será

$$F2 - F1 = (B2 - B1) - (C2 - C1)$$

La alternativa (2) será preferible a la (1) si

$$F2 - F1 > 0$$

osea

$$\frac{B2 - B1}{C2 - C1} \geq 1 \quad \text{Ec 6.2}$$

Este resultado se expresa así:

De dos proyectos alternativos (1) y (2), el proyecto (2) es preferible al (1) si la relación entre el valor presente del incremento de los beneficios (*B2 - B1*) y el del incremento de los costos (*C2 - C1*) es mayor o igual a la unidad.

Obsérvese que para aplicar el criterio *B/C* a la comparación de dos alternativas mutuamente exclusivas, es necesario calcular primero el flujo de efectivo incremental de una respecto a la otra, y después aplicarle el criterio *B/C* enunciado. No es válido calcular la relación *B/C* para cada

alternativa y concluir que la más conveniente es aquella con la mayor relación B/C ; en efecto, supóngase que

$$\frac{B2}{C2} > \frac{B1}{C1} \quad E .6.3$$

esta desigualdad puede transformarse así:

$$\frac{B2}{B1} > \frac{C2}{C1}$$

o sea

$$\frac{B2-B1}{C2-C1} > \frac{B1}{C1} \quad (\text{CON } C2-C1 > 0) \quad E 6.4$$

Respecto a los costos de operación de un sistema (por ejemplo, mantenimientos costos de un camino u operación de un distrito de riego) se presenta una situación de operación análoga. El monto de dichos costos puede deducirse del de los beneficios, calculados ambos como anualidad, para obtener el beneficio anual neto, el cual se compara con la anualidad equivalente a los costos de inversión iniciales; o bien, el valor presente de los costos de operación se suma al de la inversión, y se compara con el valor presente de los beneficios totales. La relación beneficio-costos es distinta en un caso o en otro; sin embargo, el criterio de evaluación enunciado es válido para ambos.

De las observaciones precedentes se deduce que el valor de la relación B/C no puede tomarse como medida de la rentabilidad o valía económica de un proyecto. Dicho valor puede variar considerablemente, según la forma de calcularlo, y dar una idea equivocada del orden de prioridad económica de proyectos independientes. El valor presente o la tasa de rendimiento interno son parámetros más apropiados para ese fin.

Aunque el criterio B/C enunciado es aplicable a cualquier tipo de proyectos, sean privados o públicos, por tradición se aplica con exclusividad a las obras públicas y a la evaluación de la inversión privada desde el punto de vista social;

6.3 FRONTERAS EN LOS SISTEMAS PÚBLICOS

En los proyectos del sector privado, las fronteras del sistema empresa, comprendiendo a los accionistas, determinan sin ambigüedad el flujo de efectivo que debe considerarse: los costos son las erogaciones que hace la empresa y los beneficios son los ingresos que percibe, según lo ilustra la figura 6.1.

En los proyectos del sector público, por el contrario, los costos son generalmente soportados por el gobierno, mientras que los beneficios recaen en un sector más o menos amplio de la población, por lo cual las fronteras del sistema pueden fijarse de varias maneras, según sea el sector que se considere como receptor de los beneficios.

Si se supusiera que el sistema afectado por una obra pública abarca la sociedad de un país en su conjunto, todas las transacciones nacionales serían internas respecto al sistema (figura 6.2). La base

para especificar los ingresos (beneficios) y egresos (costos) del sistema serían las transacciones internacionales. Para un proyecto en particular, tendrían que analizarse sus repercusiones, directas o indirectas, en dichas transacciones internacionales. Desde el punto de vista práctico, conviene restringir el alcance del sistema a fin de facilitar su análisis y evaluación, a menos que se trate de un proyecto de gran magnitud, con importantes repercusiones en la economía del país.



Figura 6.1. ___



FIGURA 6.2

En capítulos anteriores, el análisis económico se restringió a proyectos alternativos para resolver algún problema específico de la empresa, sin pretender abarcarla por completo, ni determinar la cartera óptima de proyectos y la estructura de capital más conveniente para la misma. De igual manera en este capítulo, al extender la teoría al análisis económico de proyectos públicos, no se pretende aplicarla a la planificación económica global del país ni a la selección del paquete óptimo de proyectos nacionales, sino a la evaluación de un proyecto específico, incluyendo las alternativas relevantes.

La forma en que implícitamente se fijan las fronteras de un sistema público es considerar dentro del mismo a los grupos numerosos de usuarios o beneficiarios de las obras e instalaciones, a otros grupos importantes que resultan afectados favorable o desfavorablemente por el proyecto, así como al gobierno que lo realiza y aporta los fondos necesarios para su adquisición, mantenimiento y operación. De esta manera, los costos y beneficios, referidos al sistema, quedan bien definidos.

Debe advertirse que el establecimiento de fronteras para un sistema público implica una decisión política: otorgar ciertos beneficios a determinado sector de la población, empleando para ello los

fondos públicos, y afectando, quizá en forma desfavorable, a algún otro sector. Desde el momento en que se fijan los objetivos de un sistema público, se sientan las bases para delimitar la magnitud de sus efectos, tanto geográfica como socialmente.

Las anteriores observaciones indican la necesidad de precisar el significado de bienestar general o bien público, al considerar éste como objetivo genérico de las obras del gobierno. Se atribuye ese carácter a los beneficios que recaen sobre un sector amplio de la población, sin que alguno otro resulte perjudicado. Desde luego, es inevitable que un proyecto cualquiera tenga efectos adversos sobre algunas personas o grupos en particular; sin embargo, dichos efectos no pueden definirse como perjuicio público. La construcción de un puente puede acarrear pérdidas al propietario de un transbordador que da servicio entre las dos márgenes del río; la eliminación de accidentes debida a cierta obra, disminuye quizá los ingresos de algunos servicios médicos, talleres de reparación de vehículos y vendedores de seguros. Tales efectos, circunscritos a individuos o grupos especiales, no tienen significación desde el punto de vista público; por lo general constituyen costos de transferencia, y algunos son compensados aplicando indemnizaciones o subsidios, si son costos, o impuestos o rentas, si son beneficios.

El anterior intento de definición no está exento de ambigüedad, ya que el beneficio a la población puede abarcar sólo a los habitantes de una localidad o región, o a los miembros de una clase social o económica. Puede haber una gran diversidad de intereses, en conflicto unos con otros, manifestados en forma pública o no, que influyen sobre las decisiones de las autoridades. Tiene que aceptarse, como antes se dijo, que la interpretación de bien público es en cada caso particular, una decisión política que, idealmente, refleja el punto de vista de las mayorías, expresado en el voto de sus representantes.

Está claro que la fijación de objetivos y fronteras de un sistema no compete al analista, aunque es indudable que éste puede ayudar a lograr definiciones más precisas. Su tarea más importante consiste en interpretar y traducir a términos económicos los beneficios y costos del sistema, a fin de asegurar que los primeros excedan a los segundos, y seleccionando los medios óptimos para lograr los objetivos propuestos.

6.4 ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO EN UN PROYECTO

En una economía de mercado regido por la competencia, los beneficios derivados de un sistema pueden evaluarse multiplicando los precios de sus productos por los consumos respectivos determinados por la demanda; dichos precios tienen el carácter de costos de oportunidad para el consumidor. Asimismo, los costos que paga el sistema por los insumos utilizados están regidos por el mecanismo oferta-demanda. Puede verse que, en términos generales, el sistema de precios refleja las preferencias de los consumidores, y permite una evaluación objetiva de los beneficios y costos asociados a una actividad productiva cualquiera, desde el punto de vista de la empresa y de sus clientes.

Cuando se trata de evaluar sistemas de servicio público, la primera dificultades que la mayor parte de dichos servicios se proporcionan de manera gratuita y satisfacen *necesidades colectivas*. Son *bienes colectivos* aquellos que se otorgan a la población en general, y no sólo a las personas que estarían dispuestas a pagar un precio por ellos. Los servicios de limpieza urbana, alumbrado público, alcantarillado y muchos otros, son ejemplos de este tipo de bienes, para los cuales existe un precio de mercado especial. Ya sea por administración directa o por contrato con empresas constructoras de los cuales se analizan en precios unitarios.

Existen productos y servicios de empresas públicas por los que el usuario paga, de acuerdo con precios y tarifas establecidos por el gobierno, como productor o prestador de servicios. Sin embargo, los costos respectivos casi nunca reflejan el valor social del producto o servicio, debido a subsidios o imposiciones gubernamentales. Tal es frecuentemente el caso de la producción de combustibles y de energía eléctrica y de los servicios de salud pública, agua potable, transporte público y otros. En estos casos, la falta de precios de mercado dificulta de modo notable la evaluación de los beneficios reales recibidos por la población.

Otras circunstancias en las que los precios de mercado de productos o servicios no reflejan su verdadero valor social serían:

- Control de precios por parte del gobierno, ya sea fijando precios tope (máximos) o precios de garantía (mínimos).
- Aplicación de impuestos especiales, estímulos fiscales o subsidios a los productores, que se reflejan en los precios de mercado, haciéndolos diferir de los costos sociales de los productos respectivos.
- Cambio substancial del precio de mercado de un producto, debido a la producción adicional asociada al proyecto que se analiza. En este caso, debe valuarse el excedente del consumidor.

En teoría, las decisiones sobre la clase, extensión y calidad de los servicios públicos reflejan las aspiraciones colectivas expresadas por medio del voto y canalizadas en el sistema político; en la práctica, dichas decisiones corresponden primordialmente a los funcionarios públicos investidos con la autoridad oficial. El análisis beneficio-costo tiene como propósito racionalizar la toma de decisiones en el sector público, dentro de los límites prácticos, en ausencia de un mercado que sirva para la evaluación objetiva de costos y beneficios.

Se trata, en efecto, de traducir éstos a términos monetarios, con un criterio de utilidad social, de manera que sean aplicables los métodos de evaluación de proyectos de la empresa privada: valor presente, anualidad equivalente, tasa de rendimiento interno o relación beneficio-costo.

El término *análisis social beneficio-costo* (o nada más, *análisis beneficio-costo*) se interpreta en sentido amplio, como análisis económico de inversiones públicas o privadas, en el cual se toman en consideración los beneficios y costos *sociales* y no sólo los costos privados. La distinción entre ambos se presenta en la siguiente sección.

El análisis beneficio-costo se fundamenta en dos premisas:

- I. El valor social de un proyecto es igual a la suma de los valores que el mismo representa para cada miembro de la sociedad, considerado en forma individual.
- II. El valor de un proyecto para un individuo equivale a la suma que él estaría *dispuesto a pagar* por los productos o servicios recibidos.

La primera de las premisas mencionadas excluye la posibilidad de atribuir a un proyecto un beneficio social sin referencia a beneficiarios individuales específicos; mientras que la segunda establece la *soberanía del consumidor* para valorar los beneficios recibidos según su propio criterio,

En el este capítulo se establecieron las condiciones de validez del modelo valor tiempo del capital, valor tiempo del capital

$$F - P(1+i)^n$$

o de su equivalente continuo,

$$F = Pe^{rT}$$

a proyectos de la empresa privada. Son de especial interés las dos siguientes:

1. Las utilidades (beneficios) del proyecto se reciben en efectivo, como parte de los ingresos de operación, en forma periódica o continua.
2. Dichas utilidades (beneficios) son reinvertibles de inmediato en la empresa.

En este capítulo se pretende extender la aplicación de dicho modelo, implícito en el criterio del valor presente, al análisis beneficio-costos de los proyectos públicos.

El gobierno actúa en este caso como empresario en representación de la sociedad en general.

Los costos del proyecto, erogados por el gobierno, constituyen salidas de efectivo y se expresan en unidades monetarias, igual que los costos de un negocio. Para las diferentes clases de beneficios (incluyendo los negativos o perjuicios), cabe preguntar si se satisfacen las dos condiciones antes mencionadas, necesarias para una aplicación válida del modelo valor-tiempo.

- a) *Bienes tangibles con precio de mercado*, como los derivados del aumento de la producción agrícola o de la explotación más intensiva de recursos naturales; la mano de obra y materiales ahorrados como resultado de aumentos de eficiencia en la producción, y otros semejantes. Los precios de mercado de esta clase de bienes reflejan su valor marginal para el sector consumidor. La venta de los mismos se traduce en aumento de los fondos públicos o de los privados, los cuales son reinvertibles. La aplicación del modelo valor-tiempo puede hacerse con las mismas bases que en un proyecto de la empresa privada.
- b) *Bienes tangibles sin precio de mercado*, como los servicios de agua potable, drenaje mantenimiento de vialidad, limpieza y otros, proporcionados por el gobierno; así como los productos manejados monopolísticamente por el Estado, como lo pueden ser la energía eléctrica, los combustibles y algunos minerales; y otros productos con precio controlado.

Algunos de estos servicios o productos se proporcionan en forma gratuita a la población, y otros tienen un precio asignado, que por lo general no refleja su verdadero valor para los consumidores.

En ausencia de precios de mercado, debe aplicarse *precios sombra* representativa del costo de oportunidad de estos bienes para el sector consumidor. La diferencia entre el monto del producto o servicio, calculado con los precios sombra, y el calculado con los precios reales asignados, representa un subsidio (o un impuesto, si el precio sombra es menor que el real) en efectivo, para el consumidor. Los fondos respectivos tienen un costo de oportunidad que se refleja en la *TVC (i)*

usada en el modelo valor-tiempo. Con la salvedad de usar los precios sombra en el análisis, dicho modelo puede aplicarse con validez, igual que en el caso anterior.

- c) Bienes intangibles, de naturaleza no económica, como la salud, el placer estético, la paz, la seguridad, la tranquilidad, el bienestar físico y otros. Aunque para algunos de estos bienes se pueden imputar precios sombra, indicativos de la disposición a pagar de los beneficiarios potenciales, estas medidas cuantitativas no implican la convertibilidad real de dichos bienes en otros bienes tangibles o en dinero, ni menos aún la posibilidad de reinvertirlos.

El concepto básico del modelo valor-tiempo es la equivalencia, para el usuario, de una unidad recibida en el presente con $(1 + i)$ unidades recibidas un período después. Es falso, o al menos dudoso, que los bienes intangibles se sujeten a este patrón de referencia en relación con el tiempo.

Para la mayoría de ellos, no puede especificarse una unidad de medida ni son susceptibles de acumulación.

Las observaciones anteriores tienden a descartar el uso del modelo valor-tiempo para la evaluación económica de esta clase de bienes.

A fin de evaluar los efectos intangibles de un proyecto se han usado dos enfoques:

1. Si los intangibles tienen importancia fundamental dentro de los objetivos del proyecto:
 - a) Se establecen *niveles de satisfacción* alternativos para los intangibles;
 - b) Se determinan los costos necesarios para lograr cada uno de los niveles considerados; y
 - c) Se hace un balance entre el aumento del nivel de satisfacción y el aumento del costo respectivo, cuando se pasa de una alternativa a la siguiente. Este enfoque se conoce como *análisis efectividad-costo*
2. Si los intangibles tienen importancia secundaria respecto a los objetivos de tipo económico, el análisis económico beneficio-costo de las alternativas se realiza sin tomar en cuenta los efectos intangibles. Estos se valúan (si es posible) en sus propios términos, y los valores y observaciones relevantes se presentan junto con los resultados económicos.

De esta manera es posible considerar los intangibles como *criterios secundarios de decisión*, en especial cuando las diferencias económicas entre dos o más alternativas son relativamente pequeñas.

6.5 DIFERENCIA ENTRE COSTOS PRIVADOS Y SOCIALES

Aunque se trate de transacciones que se realizan en un mercado competitivo, los precios pagados o recibidos por los productos no dan una idea cabal de los costos incurridos o los beneficios obtenidos por los diferentes sectores sociales, debido a los efectos externos a dichas transacciones; estos efectos se denominan *externalidades o derramas*. Cuando una persona proporciona a otra un servicio o le vende un producto en cierto precio, puede causar a la vez beneficios o perjuicios a terceras personas no involucradas en la transacción, de suerte que no es posible cobrar un precio a las partes beneficiadas ni otorgar un pago a las perjudicadas.

Un fabricante que produce ciertos artículos obtiene beneficios de su actividad, reflejados en los precios de venta; en forma análoga, los consumidores de dichos artículos obtienen beneficios que también se reflejan en los precios de los mismos; sin embargo, con seguridad la actividad mencionada producirá beneficios y perjuicios a sectores sociales ajenos a las transacciones productor comprador; humo, ruido y desechos de la fábrica pueden causar molestias a los habitantes de la localidad; sin embargo, el establecimiento de la planta industrial puede crear oportunidades de trabajo en actividades complementarias, y ocasionar un aumento de precio en los terrenos aledaños.

Se denominan *costos sociales* los que abarcan la totalidad de los costos resultantes de una actividad económica, mientras que *costos privados* son aquellos que comprenden nada más los compensados en forma directa por un pago monetario y que, por tanto, afectan las decisiones de quienes intervienen en dicha actividad; en esa medida los costos sociales incluyen los costos privados y las externalidades. Al tratarse de bienes colectivos o servicios públicos, los costos sociales son la suma de los costos incurridos por los sectores involucrados, sin incluir, en la mayoría de los casos, ningún costo privado.

Las externalidades derivadas de una actividad económica pueden ser de cual quiera de las siguientes clases según se ilustra en la figura 6.3.

I. *Efectos de producción sobre producción* son los causados por el establecimiento o cambio de una unidad productiva en la eficiencia o los costos de producción de otras unidades; por ejemplo, una planta hidroeléctrica construida aguas arriba de otra existente puede aumentar la capacidad de generación de esta última al regular el caudal del río; asimismo, la construcción de una carretera puede favorecer la operación de industrias o negocios cercanos a ella.

II. *Efectos de producción sobre consumo* son aquellos que ejerce una unidad productiva en los consumidores; por ejemplo, los perjuicios que sufren los residentes de una zona por el humo de una nueva fábrica o el ruido de un aeropuerto vecino.

III. *Efectos de consumo sobre consumo* son los que reflejan interferencia o refuerzo entre dos consumos diferentes; por ejemplo, el uso de carbón para generación de energía eléctrica puede producir contaminación por gases sulfurosos que interfiera con el aprovechamiento de terrenos aledaños.

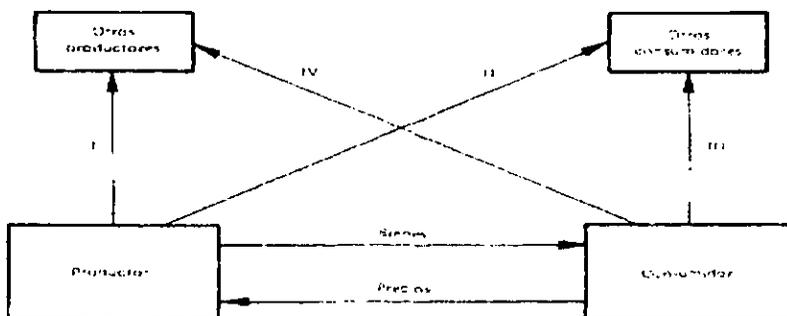


Figura 6.3 Externalidades.

IV. *Efectos de consumo sobre producción* existen, por ejemplo, cuando el aumento de consumo de envolturas de plástico afecta los sistemas de tratamiento y disposición de los desechos urbanos e ingeniería ambiental.

Las cuatro clases de externalidades mencionadas no siempre se distinguen con claridad, ya que un efecto indirecto puede atribuirse al producto o al proceso de producción. Lo importante es tener en cuenta en el análisis las externalidades de cualquiera de los tipos expuestos, que afectan sensiblemente el balance entre beneficios y costos.

Nótese que las externalidades que deben valorarse, son aquellas que involucran un cambio real en las oportunidades de producción o de consumo de los sectores externos afectados (llamadas *externalidades tecnológicas*), y no aquellas de carácter pecuniario o financiero, debidas a cambios de precios, que nada más reflejan transferencias y redistribución del ingreso entre sectores. Sobre ello se insistirá después.

6.6 *NORMATIVIDAD PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS*

Si en los proyectos de la empresa privada el planteamiento de alternativas relevantes es el primer paso y uno de los más importantes del análisis económico, en los proyectos del sector público dicho planteamiento es aún más trascendente, debido a la complejidad de los problemas que se abordan, la variedad de enfoques posibles para analizarlos y la multitud de variantes que pueden presentarse en las soluciones.

El requisito primordial para la elaboración de soluciones alternativas de un problema consiste en la selección y definición precisa de los objetivos que se persiguen; si éstos no se eligen de manera conveniente, se estará buscando la respuesta óptima a un problema equivocado. Es posible que una oficina pública se proponga analizar con todo cuidado el tipo y características del sistema de transporte de cierto material de A a B, cuando en realidad lo más adecuado sería producirlo en B: en este caso, el objetivo *transportar* resultó demasiado estrecho; el objetivo apropiado debió plantearse a un nivel superior y con una perspectiva más amplia, por ejemplo, *abastecer*

Lo ideal sería seleccionar los objetivos de un sistema al máximo nivel, a fin de poder valorar en el estudio de alternativas las posibles interacciones entre los subsistemas, tratando de llegar a la solución óptima del conjunto. Desafortunadamente, mientras mayor sea el nivel a que se plantean los objetivos de un sistema, mayor es la complejidad de éste y más se dificulta su análisis en términos cuantitativos, debido a la imposibilidad de formular modelos matemáticos que reflejen las interacciones entre los numerosos subsistemas a considerar.

Con mucha frecuencia, los proyectos gubernamentales tienen objetivos múltiples; por ejemplo, una presa puede proyectarse para controlar las avenidas de un río, regar una zona agrícola y generar energía eléctrica. Las metas pueden ser complementarias o conflictivas en grado variable, lo que obliga a estudiar subconjuntos de alternativas, para combinaciones relevantes de las mismas.

De lo dicho se desprende que la fijación de objetivos de un proyecto requiere experiencia y criterio, para hallar el equilibrio más adecuado entre la amplitud del enfoque y los recursos disponibles para el análisis.

Las alternativas a considerar pueden originarse en diferentes formas y escalas ordenación de solución de los subproblemas que plantea el sistema en su conjunto. En el caso de una presa, por ejemplo, podrían examinarse diferentes embalses o capacidades del vaso, diversos tipos de cortinas y varias capacidades del vertedor de demasías; en el distrito de riego servido por la presa, podrían analizarse diferentes áreas por irrigar, sistemas de riego, configuraciones de canales y sistemas de drenaje; en la planta hidroeléctrica sería procedente analizar diferentes capacidades y equipos de generación, etc. Las alternativas deberán ordenarse y clasificarse de acuerdo con el nivel de los objetivos a que correspondan (figura 6.4); las decisiones respecto a la capacidad de generación serían anteriores a las relativas a tipo de cortina, selección de equipo de generación, etc.

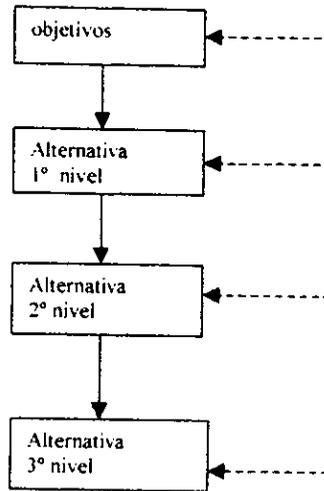


Figura 6.4 generación de alternativas

Sin embargo, las decisiones de menor nivel pueden afectar a las de orden superior, de manera que es necesaria la retroalimentación de resultados de los niveles inferiores hacia los superiores y la revisión de éstos para asegurar la congruencia de objetivos y la optimización del sistema total, según se ilustra en la figura mencionada.

6.7 PRECIO SOMBRA EN UN PROYECTO

El análisis social beneficio-costos involucra varios pasos. Para cada una de las alternativas consideradas es necesario, en primer término, identificar y definir con claridad los beneficios y costos que debe incluir el análisis; esta tarea, que a primera vista puede parecer simple, requiere de experiencia y amplio criterio en la mayoría de los casos. Debe empezarse por enlistar los

beneficios directos que recibirán los clientes o usuarios del sistema, y los costos de inversión y operación necesarios para integrarlo y mantenerlo en servicio. Enseguida se consideran las externalidades producidas por el sistema. En este punto se plantea la interrogante acerca del grado en que conviene ahondar en la determinación de beneficios y costos indirectos; pretender incluir en el estudio todos los derivados del proyecto resulta utópico; es preciso fijar un límite a las consecuencias significativas. Sea, por ejemplo, un proyecto consistente en la construcción de una presa; los beneficios más importantes serían los relacionados directamente con el control y uso de la corriente de agua; riego de terrenos agrícolas y aumento consecuente de la producción, generación de energía eléctrica, proyección contra inundaciones y, quizá, uso del vaso en piscicultura. Los costos más importantes serían los de construcción de las obras operación de las instalaciones y afectación de terrenos cubiertos por las aguas y ocupados por las propias instalaciones. Entre las externalidades difíciles de valorar figurarían el efecto estético del lago artificial en el paisaje, su uso (no organizado) para fines recreativos y la afectación, favorable o perjudicial de terrenos, caminos e instalaciones, aledaños al vaso. Quizás habría otros beneficios o perjuicios a individuos o grupos reducidos, que sería impropio tomar en cuenta.

Al enumerar costos y beneficios, debe cuidarse de no caer sin advertirlo en vicios de duplicación.

Esta clase de errores es más común de lo que podría suponerse; por ejemplo, al valorar los beneficios valor de los terrenos agrícolas irrigados. Por supuesto, la plusvalía de dichos terrenos es una consecuencia de su mayor productividad; puede afirmarse que el aumento de su valor es el equivalente presente de la producción incrementada esperada; por tanto, sumar ambos beneficios sería impropio. Existen diversas situaciones análogas, que propician duplicaciones del mismo tipo.

Una regla útil para evitar estas duplicaciones es la de considerar los efectos del proyecto sobre *la producción o el consumo real* de bienes, sean éstos tangibles o intangibles; y no tener en cuenta los *cambios de valor* de terreno o bienes, los cuales se derivan de los primeros.

El segundo paso del análisis económico-social consiste en cuantificar los costos y los beneficios en términos monetarios, una vez identificados los renglones que comprenden unos y otros. Dicha cuantificación puede ser relativamente sencilla si se trata de conceptos que tienen precios de mercado; sin beneficios embargo, cuando no existen dichos precios se debe recurrir a la determinación de *precios sombra*.

El precio sombra de un producto refleja su valor marginal para el sector consumidor. En forma cuantitativa, puede definirse como *el incremento del beneficio por unidad adicional del producto*. Cuando se supone que las transformaciones tecnológicas insumo-producto pueden expresarse por medio de ecuaciones lineales, y que la sociedad tiene como objetivo económico maximizar el valor total de la producción.

$$V = \sum i (\text{precio de } i) (\text{producción de } i)$$

Se plantea un problema de programación lineal en el cual las restricciones expresan la disponibilidad de cada uno de los recursos empleados en la producción. Las *variables duales* de este programa, correspondientes a dichas restricciones, miden la contribución marginal de cada recurso (por unidad) a la función objetivo y, por tanto, son idénticas a los precios sombra. Sin embargo, no sería factible construir un modelo matemático de toda la economía de donde se pudieran deducir los precios sombra de los productos.

Determinación de precios sombra

En la práctica, la determinación de precios sombra presenta considerables dificultades, y por necesidad se ve influida por factores subjetivos. En ciertos casos, existen precios de venta que aunque distorsionados pueden usarse en el análisis, cuidando señalar en este último en qué sentido tienden a desviarse los resultados por efecto de la distorsión de los precios. Esto puede resultar más útil para quien toma las decisiones que la imputación de precios sombra por parte del analista, con base predominantemente subjetiva.

En otros casos, la aplicación de la teoría económica de la oferta/demanda puede dar una idea de la desviación de los precios reales respecto a los precios sombra. También se pueden tomar como referencia los mercados de productos similares o los del mismo producto en otros países o en el mercado mundial.

A continuación se ejemplifican algunas de las dificultades con que tropieza el analista al valorar los beneficios y costos sociales derivados de un proyecto. Sea un proyecto hidroeléctrico cuyos beneficios deben estimarse en función del valor de la energía generada; ésta tiene en el mercado un precio de venta que no siempre refleja el valor verdadero del servicio, en especial cuando la generación está nada más a cargo del Estado; en este caso, el precio está fijado por valores de orden público y económico que dan por resultado una tarifa de subsidio a la industria o a los pequeños consumidores; o por el contrario, una tarifa que subsidia a la empresa estatal. En cualquiera de estos casos, es difícil establecer un precio que refleje el valor social verdadero del servicio proporcionado por el proyecto en cuestión; es menester determinar, analizando otros mercados, los precios que podrían existir dentro de una economía competitiva. Los proyectos de sistema de transporte plantean problemas de valuación de la misma índole, cuando los precios del servicio están regulados en forma oficial y no reflejan su valor social; lo mismo pasa con los relativos a sistemas de producción de energéticos controlados por el Estado. En todos estos casos, la valuación de beneficios con base en los precios oficiales puede distorsionar el valor real de aquéllos o el de los costos sociales.

Algunos de los proyectos realizados por el gobierno pueden ser de tal magnitud que alteren el valor comercial o social de los productos, al modificar de modo sustancial la relación entre oferta y demanda. La alteración de los precios, como medida del valor de los productos para el sector consumidor, puede presentarse no sólo en los artículos o servicios generados por el nuevo sistema, sino también en los insumos del mismo. Un gran proyecto hidroeléctrico podría alterar el valor de la energía para los consumidores actuales o potenciales. Estos efectos se deben a la *indivisibilidad* de los sistemas de gran magnitud, los cuales no es posible fraccionar en partes o sistemas más pequeños para ajustarlos al crecimiento de la demanda; dichos efectos pueden tener carácter regional o nacional, dependiendo de la magnitud y características de los sistemas considerados. Al efectuar el análisis beneficio-costos de estos proyectos, es importante valorar los beneficios de acuerdo con el excedente del consumidor y no en función del precio original del servicio (ver sección 6.8).

Los efectos de un proyecto en el mercado nacional o regional no deben confundirse con las repercusiones económicas secundarias que no traen aparejado ningún cambio en el valor agregado de la producción nacional o regional. Es posible que la ejecución de un proyecto provoque elevación temporal de salarios en una localidad y reducción de ellos en algunas otras; dicha elevación de salarios no refleja una producción adicional o un valor adicional de la producción, sino

sólo una transferencia entre diversos sectores económicos, por lo cual no debe contarse entre los beneficios generados por el proyecto.

Otras derramas o efectos secundarios de un proyecto, que a veces, se toman como beneficios del mismo, son las utilidades adicionales de las empresas beneficiarias de los productos del nuevo sistema; por ejemplo, en ocasiones se pretende suponer como beneficios indirectos de un sistema de riego: a) las utilidades adicionales percibidas por las empresas que comercian con los nuevos productos agrícolas; b) las utilidades adicionales de todas las demás empresas que transforman, manejan o transportan dichos productos y las que venden los productos derivados, hasta llegar a los consumidores finales; c) las utilidades adicionales de las empresas proveedoras de bienes o servicios a los agricultores y a sus familias; y d) el aumento de valor de las propiedades residenciales en la localidad. Estas derramas constituyen el *efecto multiplicador* de la inversión original, pero no deben tomarse como beneficios del sistema de riego, ya que las utilidades son atribuibles a otros proyectos, públicos o privados. El efecto multiplicador es característico de cualquier inversión, sin importar el sector en que se genere, y no implica la creación de riqueza, sino la transferencia de ésta de unos lugares a otros,

Dificultades de otra especie se encuentran al tratar de valuar en términos monetarios los beneficios derivados de la construcción de una carretera que permita acortar el tiempo de viaje entre dos puntos y mejorar sus condiciones. Los beneficios son recibidos en particular por tres sectores de la población: a) los usuarios que circulaban antes por otras rutas (tráfico desviado); b) aquellos que no viajaban entre los dos puntos enlazados y que ahora lo hacen al contar con una vía más cómoda y/o más económica (tráfico generado); y c) aquellos que siguen usando rutas alternativas, pero ahora menos congestionadas. Para los usuarios a), los beneficios básicos consisten en ahorro de tiempo y en disminución de los costos de operación de los vehículos; para los de los grupos b) y c) el beneficio más importante es el ahorro de tiempo. ¿Cómo valuar dicho ahorro? Si se supone que corresponde a tiempo de trabajo, se podría valuar la producción adicional obtenible al emplear ese tiempo en actividades más productivas, determinando antes la composición de los usuarios por ocupaciones y niveles de ingreso. Si la disminución del tiempo de viaje no repercute en el período de trabajo sino en el de descanso o esparcimiento, el beneficio es de carácter intangible y debe tratarse como tal. En cualquiera de los dos casos, para los usuarios del grupo b) los beneficios derivados del proyecto serían menores que para los del a), puesto que los primeros no consideraban conveniente o atractivo el viaje por las rutas existentes antes del proyecto; a veces se supone que el beneficio al tráfico generado es el 50% del correspondiente al tráfico desviado.

Nótese que en el ejemplo que se acaba de mencionar, la cuantificación de costos y beneficios exige la determinación de los volúmenes de tráfico probables correspondientes a las categorías de usuarios a), b) y c) mencionadas. Los estudios correspondientes tienen que basarse en estadísticas bastante completas y cuidadosas de los volúmenes y composición del tráfico vial, sin las cuales no se podrían intentar evaluaciones racionales. Se requieren también registros de muy diversas clases de datos técnicos para poder valuar el tiempo de los usuarios, definir el costo de operación de los vehículos en función de las características del camino, y estimar los costos por accidentes. La falta de estadísticas pertinentes a un proyecto es uno de los obstáculos más frecuentes y serios para la realización del análisis beneficio-costos.

Si en los proyectos hidroeléctricos, de riego o viales, la evaluación de costos y beneficios representa dificultades, éstas son aún mayores cuando se intenta valuar los beneficios de un proyecto educativo, de saneamiento ambiental o económicos de protección de la salud pública.

En todos estos casos existen complejas interacciones entre los factores determinantes de los beneficios, así como aspectos irreductibles a términos económicos.

Una de las diferencias básicas entre el análisis beneficio-costos y el análisis de costos de inversiones privadas radica en el uso de costos sociales de oportunidad en el primero, siempre, y de costos de mercado en el segundo, a menos que la empresa considere usos alternativos de sus propios recursos.

Esta diferencia se manifiesta cuando se trata de evaluar el costo social de la mano de obra empleada en un proyecto público; si, en ausencia del proyecto, ésta fuese empleada para otros fines con el mismo salario, tendría un costo de oportunidad mayor que si no hubiese otras fuentes de empleo o las hubiese con retribuciones seguramente menores. Cuando existen condiciones de desempleo total, la mano de obra utilizada en un proyecto tiene para el país un costo social nulo puesto que no encontraría otras oportunidades de empleo productivo; si existiesen condiciones de *subempleo*, es decir, trabajo con escasa productividad, el costo de dicha mano de obra sería nada más el *salario real* equivalente a su productividad anterior al proyecto.

Visto de otra manera, el empleo de la mano de obra improductiva (o de escaso rendimiento) en una actividad productiva, representa un beneficio para el país, igual al exceso de los salarios sobre su costo de oportunidad.

Es necesario advertir que las condiciones de desempleo o subempleo no ameritan ser sopesadas si son de carácter transitorio o artificial; cuando no lo son, debe tomarse en cuenta la variación probable de los patrones regionales de desempleo o subempleo durante los años de vida del proyecto, con objeto de calcular, en la forma más realista posible, los costos de oportunidad de la mano de obra durante ese lapso. Las tendencias del volumen y distribución del desempleo dependen fundamentalmente de las políticas hacendarias del gobierno en cuanto a impuestos, volumen de inversiones públicas y dinero circulante. Los efectos de un proyecto en el desempleo a menudo tienen carácter regional más que nacional, lo cual implica que dichos efectos inciden sobre la distribución del ingreso, favoreciendo a sectores marginados.

Otro aspecto de la evaluación de costos y beneficios sociales es el relativo a los impuestos federales, estatales o municipales que se recolectarían si un proyecto público fuese emprendido por el sector privado. Los impuestos que deja de percibir el gobierno, ¿deben considerarse como costo de oportunidad del proyecto? Es preciso recordar que los impuestos constituyen la principal fuente de los fondos públicos y que entre sus funciones más importantes están la satisfacción de necesidades colectivas y la distribución más equitativa del ingreso. Si no se captan impuestos derivados de una nueva actividad, es de presumirse que deberá ser gravadas con más fuerza otras actividades; este efecto es claramente distributivo, y no refleja un costo o un beneficio a la economía en su conjunto. Por tanto, cuando se comparan entre sí dos o más alternativas de un proyecto público, los impuestos son irrelevantes, a menos que correspondan a gastos originados específicamente por el proyecto. Sin embargo, al comparar un proyecto público con uno privado que produzca los mismos bienes o servicios, los impuestos que recolectaría el gobierno deben considerarse como costo de oportunidad de la alternativa pública, ya que si se adopta esta última se sacrificarían los ingresos por impuestos.

6.8 CRITERIO PARA VALUAR LA UTILIDAD DE UN PROYECTO

La figura 6.5 representa la *curva de demanda* de cierto producto. Las abscisas representan la cantidad producida, y las ordenadas correspondientes, el precio que haría que la producción

justamente se agotara. Si el precio del producto es relativamente elevado (P_1) un núcleo más bien pequeño de consumidores estará dispuesto a pagarlo y la cantidad consumida será Q_1 ; si el precio desciende a P_2 , habrá un grupo adicional de consumidores dispuestos a pagarlo, y la cantidad consumida aumentará a Q_2 . La curva representa, por tanto, el efecto del precio sobre la demanda de un artículo.

El razonamiento anterior demuestra que *el precio de un producto refleja su utilidad marginal, o sea, su valor para el grupo de consumidores, colocados en el margen, que no estarían dispuestos a pagar un precio mayor.*

La figura 6.6 muestra lo que pasaría si el precio P del producto sufriera un incremento pequeño ΔP ; cierto número de consumidores no estaría dispuesto

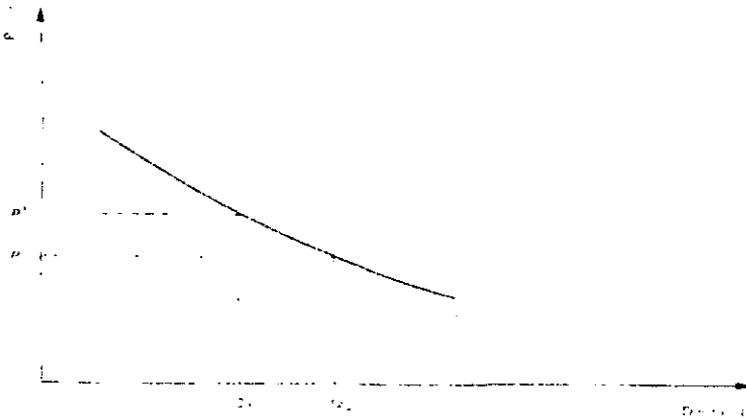


FIGURA 6.5

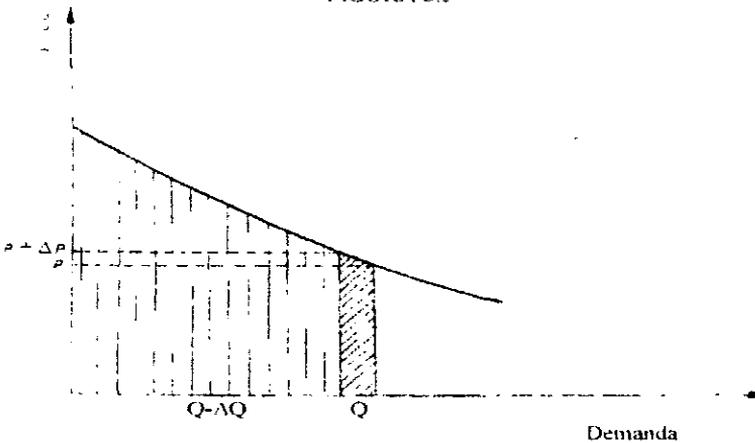


Figura 6.6.

a pagar el nuevo precio y la demanda disminuiría en ΔQ ; el área de la franja rectangular achurada representa la utilidad o valor del producto para el grupo marginal de consumidores que dejarían de pagar el representa la utilidad o serío al subir al precio del artículo.

Si se suponen aumentos sucesivos de precios, se podrían trazar otra franja rectangulares semejantes a la anterior, representando la utilidad del producto para grupos marginales sucesivos de consumidores. Se concluye que el área bajo la curva de demanda (rayada verticalmente) representa la utilidad total obtenida del producto por el grupo completo de consumidores, cuando el precio de mercado es P y el consumo o demanda total es Q : dicha utilidad total es mayor que el precio total pagado por los consumidores, representado en la figura 6.7 por el rectángulo $OQAP$.

El área PAB representa el llamado *excedente del consumidor*, o sea, la utilidad o satisfacción que obtiene el sector consumidor en exceso de precio total pagado por el artículo.

En el análisis beneficio-costos, al hacer la evaluación de los beneficios, por lo general se incluye el excedente del consumidor explícita o implícitamente debido a que para cada grupo de consumidores de un producto o usuarios de un servicio, se trata de calcular la utilidad total percibida por ellos, al no existir un precio de mercado que mida la utilidad marginal del producto o servicio.

La consideración del excedente del consumidor, aunque legítima, tiende a sobrevaluar los beneficios de un proyecto público, en relación con los que se atribuirían al mismo proyecto, si lo emprendiese la empresa privada.

En efecto, en este último caso se valorarían los beneficios con base en el precio marginal, sin tener en cuenta el excedente del consumidor; se fijaría un precio que permitiese recuperar los costos y obtener una utilidad, con lo cual la demanda quedaría restringida al sector dispuesto a pagar dicho precio, o capaz de hacerlo.

Al tratarse de un proyecto público en que se considere el excedente del consumidor como parte del beneficio obtenido, la escala del proyecto sería mayor; si se cargase a los usuarios del precio marginal habría una pérdida, lo que implicaría cierta redistribución del ingreso, de los sectores que financian la pérdida hacia los que reciben los beneficios en exceso del precio fijado.

Transferencias de este tipo sólo podrían evitarse con una tarifa discriminatoria tal, que los más beneficiados pagasen mayor precio, o bien, por medio de impuestos diferenciales; medidas que casi nunca son prácticas.

La consideración del excedente del consumidor es necesaria por la indivisibilidad de los proyectos públicos, de la que ya se hizo mención. Una carretera o una presa no pueden proyectarse por etapas pequeñas que se ajusten a una demanda variable, sino que sirven a sectores relativamente grandes de la población. La utilidad del servicio para diferentes componentes del sector consumidor se refleja en una curva de demanda como la antes descrita.

Si la producción adicional debida al proyecto fuese más bien pequeña, comparada con la producción global, el beneficio podría calcularse aplicando

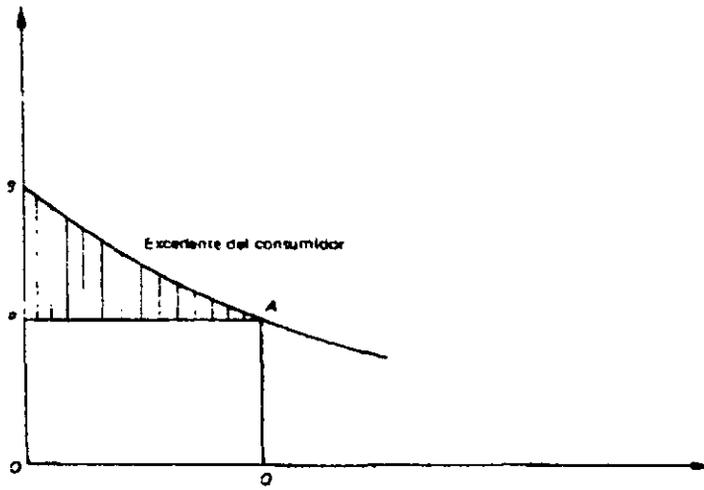


FIGURA 6.7

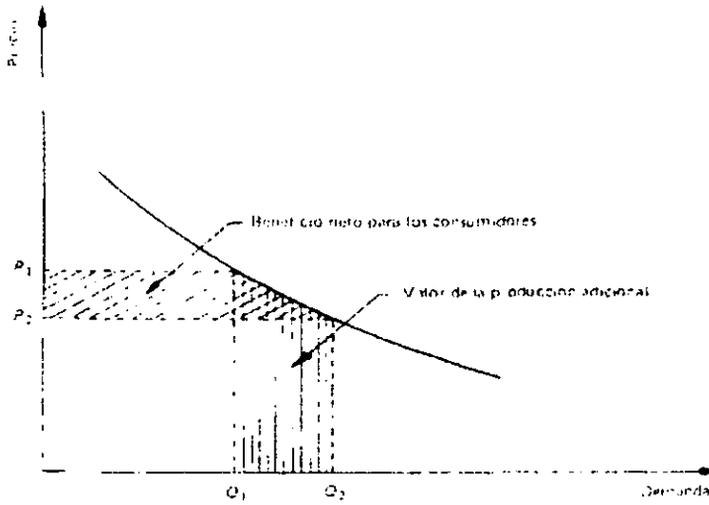


Figura 6.8

6.9 MEDICIÓN DE RESULTADOS DE UNA EVALUACIÓN

El capital que el gobierno extrae del sector privado por medio de los impuestos, se compone de fondos que las empresas privadas habrían gastado en bienes de consumo y de otros que habrían invertido. El valor social del capital puede evaluarse haciendo una estimación de su costo de oportunidad en cada uno de estos dos usos alternativos, y prorrateando ambos resultados en forma proporcional a la contribución de los fondos respectivos al erario público.

La oferta de capital destinado a inversiones públicas varía principalmente en función de la política monetaria y fiscal del gobierno. Los recursos fiscales constituyen la base de las finanzas gubernamentales; sin embargo, la emisión de bonos y obligaciones para captar el ahorro o el crédito internacional es una fuente complementaria, a veces importante, de fondos públicos. En la presente argumentación se supone que la oferta de capital conduce a un presupuesto de inversiones determinado con criterio político.

La demanda de capital destinado al mismo fin depende del estado de desarrollo del país, en especial, de la *disponibilidad de capacidad técnica y gerencial*. La capacidad técnica implica el conocimiento de cómo hacer las cosas y la habilidad consecuente con el fin de realizarlas, incluyendo la disponibilidad del equipo material y humano indispensable. La capacidad gerencial o capacidad de administrar, implica habilidad para planear, organizar y dirigir con eficacia el esfuerzo de los grupos humanos hacia la consecución de los objetivos nacionales. De estas dos capacidades, la gerencial es, sin lugar a dudas, la más trascendente, ya que la capacidad técnica se puede importar, pero la administración de un país no se puede encomendar a extranjeros. En un país con gran escasez de administradores, la demanda de capital para obras productivas en realidad puede ser bastante limitada; en estas condiciones, la mejor política podría ser reducir impuestos y programas de obras que resulten opresivas para las actividades primarias; una demanda excesiva de dinero, sin el necesario apoyo en una capacidad administrativa suficiente, puede traducirse en exceso de importaciones y desequilibrio crónico de la balanza de pagos. En los países con mayor grado de desarrollo, los problemas de falta de capacidad administrativa pueden tener carácter sectorial, es decir, afectar nada más a sectores productivos en los que exista rezago.

Dentro del presupuesto del gobierno federal o de una dependencia en particular, deberá especificarse la tasa marginal de rendimiento de las inversiones, la cual deberá tomarse como valor social del capital en la evaluación de proyectos.

Se ha explicado que el análisis beneficio-costos tiene el propósito de introducir racionalidad en las decisiones de inversión pública; sin embargo, no debe pensarse que constituye una herramienta perfecta, capaz de señalar las políticas y cursos de acción más convenientes sin lugar a duda o error.

Al hablar acerca del planteamiento de alternativas, se resaltó la importancia de fijar con anterioridad los objetivos de un proyecto o grupo de proyectos. Si aquéllos se expresan de manera muy vaga o general, resulta difícil tomarlos como guía para la evaluación de alternativas. Si se trata de elegir entre dos proyectos hidráulicos, no resulta muy útil fijar objetivos tan generales como "bienestar de la población", "crecimiento económico" o "seguridad nacional". Existe una distancia demasiado grande entre tales metas y las consecuencias concretas de cada alternativa. Por tanto, es necesario fijar criterios de eficiencia que sirvan para comparar las características de un proyecto con las de otros.

La evaluación de alternativas implica, en primer término, la medición de las consecuencias derivadas de cada opción y, después, la aplicación del criterio de eficiencia a los resultados obtenidos; ambos aspectos son interdependientes, ya que al variar la forma de medir cierta consecuencia, se cambia de hecho el criterio para juzgarla.

En el análisis beneficio-costos, la medición de las consecuencias de un proyecto se hace en términos monetarios, dando por resultado un flujo de efectivo equivalente a los costos y los beneficios; en consecuencia, el criterio de comparación aplicable es el de eficiencia económica, expresada como capital presente equivalente, tasa de rendimiento interno o relación beneficio-costos. La mayor debilidad del método radica precisamente en la medición de costos y beneficios. En la mayor parte de los análisis se advierte que los criterios de medición son, sin duda, razonables pero arbitrarios; es decir, podría llegarse a resultados diferentes también razonables. De ahí la necesidad de ejercer gran sentido crítico al elegir los patrones de medición de beneficios, en especial cuando se trata de efectos indirectos o externalidades. Además es recomendable hacer análisis de sensibilidad, aplicando diferentes criterios de medición.

Aparte de los problemas de criterio y de medición mencionadas, existe el de la distribución de los beneficios derivados de un proyecto. El criterio de la relación beneficio-costos no distingue entre los beneficios recibidos por diferentes sectores; se supone que los problemas de distribución de ingresos y beneficios se pueden atacar por separado, mediante políticas fiscales y de subsidios. Sin embargo, esta posición no es realista; por ejemplo, el proyecto de una carretera urbana puede dislocar las comunicaciones locales en los barrios pobres que atraviesa, si bien facilita el tránsito de los automovilistas que viven en los distritos más ricos.

La curva de demanda mencionada al hablar del excedente del consumidor, en realidad describe la capacidad de pago de la población. Esta capacidad es mayor en los sectores ricos que en los pobres, lo cual significa que un proyecto que no es económicamente justificable en una zona de baja capacidad de pago, puede serlo en otra con mayores recursos. ¿Significa eso que el presupuesto público debe ser absorbido por las áreas económico sociales de mayor potencial? Quizá debiera ser de esta manera, si los bienes o servicios proporcionados en estas áreas pudiesen cobrarse a un precio que reflejase su valor para los consumidores, e invertir el producto obtenido en las regiones más pobres. Desafortunadamente, rara vez se puede proceder de esta manera; por tanto, es indispensable complementar los resultados del análisis beneficio-costos con una evaluación de los efectos distributivos de la inversión por áreas geográficas, sectores sociales y/o sectores productivos.

"Los argumentos a favor del uso del análisis beneficio-costos se verán reforzados, y no debilitados, si sus limitaciones no sólo se reconocen abiertamente, sino que se hace hincapié en ellas. No es de esperar que esta técnica, al menos en su estado actual, sea de utilidad si se aplica a un proyecto tan grande como para alterar todo el sistema de precios relativos y de productos de un país.

Tampoco es de esperar que su aplicación sea fructífera en aquellos campos en que los beneficios están ampliamente diversificados, y en donde existen marcadas divergencias entre los costos y beneficios contabilizados y los calculados con criterio económico. Tampoco es realista esperar que las comparaciones entre proyectos de sectores de actividad totalmente diferentes resulten tan significativas o útiles como las que se hagan entre proyectos de un mismo sector. La técnica será más útil en el campo de los servicios públicos que en el de obras sociales del gobierno. La comparación, digamos, entre proyectos alternativos de caminos resultará más significativa que la que pudiera hacerse entre un proyecto hidráulico y uno vial; y ambas comparaciones tendrán

probablemente mayor validez que las aplicaciones del método en campos tales como la educación, la salud, la investigación y otros semejantes".

En cuanto a la aceptabilidad de un criterio de evaluación puramente económico, es necesario tener en cuenta que existen diversas consecuencias de las obras económico públicas que sería vano tratar de medir en unidades monetarias. Los valores intelectuales y morales como la belleza, la tranquilidad y la comodidad, no son traducibles a determinadas cantidades de bienes materiales o satisfactores económicos. A veces se arguye que casi todo es expresable en términos económicos, si se usan las inferencias adecuadas; por ejemplo, el valor de la vida humana o de la salud puede tasarse cuantificando el valor de la producción, menos el consumo de un hombre, o bien, tomando como base las primas de seguro de vida. Pero, ¿es en realidad el valor de la vida humana lo que se valúa?

Desde luego que no; en todo caso se estiman las consecuencias económicas de una muerte, o lo que el individuo está dispuesto (o en posibilidad) de pagar para proteger a sus familiares en caso de fallecimiento. Un viejo puede no tener ya vida económicamente productiva, ni asegurable, ¿tiene ésta un valor nulo, o quizá negativo, para la sociedad? Con un criterio puramente económico, ¿es justificable tratar de preservar la salud y alargar la vida humana, mientras se intenta limitar los nacimientos? Por supuesto, cada sociedad y cada civilización crean sus propios valores; los económicos son sólo una parte de ellos. En resumen, *el análisis económico beneficio-costos no puede, ni debe, suplantarse la evaluación no económica de los proyectos públicos.*

6.10 MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Algunos organismos internacionales han publicado manuales o tratados que contienen criterios y normas de aplicación práctica para evaluar proyectos de tipo industrial en países en vías de desarrollo. Según se hace notar en estas publicaciones, "en casi todos los países en desarrollo, el gobierno nacional desempeña una función importante en la formulación y evaluación de proyectos de inversión... El gobierno está por lo general en condiciones de guiar el desarrollo del país, ya sea mediante la inversión directa en el sector público, o imponiendo controles a la inversión privada, o utilizando los impuestos internos, los aranceles, las subvenciones y el racionamiento de los recursos de inversión escasos".

En un ambiente de planificación económica estatal, las técnicas de análisis beneficio-costos resultan de gran importancia como herramienta de evaluación y selección de los proyectos públicos, dentro del marco de los planes y objetivos del programa nacional. Debe reconocerse, en especial en estos países, que los precios de mercado no son necesariamente los que deben usarse a fin de evaluar los proyectos del sector público, por lo que uno de los aspectos más importantes del análisis es la determinación de los "precios de cuenta" aplicables.

A continuación se hará una breve reseña de dos de las publicaciones más conocidas.

Las *Pautas para la Evaluación de Proyectos*, publicadas por las Naciones Unidas, "reúnen la experiencia acumulada por la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) en la metodología práctica del análisis de los costos y beneficios nacionales para la preparación y evaluación de proyectos industriales", según se consigna en el prefacio, y fueron preparadas por los profesores Partha Dasgupta y Amartya Sen, de la Escuela de Economía de Londres, y Stephen Margiin, de la Universidad de Harvard.

La metodología de las *Pautas* se basa, en primer lugar, en la determinación de *parámetros nacionales*, por parte de un Organismo de Planificación Central, los cuales servirán como norma a fin de evaluar las repercusiones de los proyectos en diferentes aspectos económicos y sociales. El objetivo global consiste en maximizar la *rentabilidad económica nacional*, la cual es una medida de las utilidades de la nación, expresadas en términos económicos. Los objetivos parciales más importantes serían:

- *El consumo global*, que es una medida del nivel de vida y del bienestar general de la población, sin considerar la forma en que se distribuye el consumo.
- *La redistribución del ingreso*, que asigna mayor valor a los beneficios recibidos por los sectores más pobres y tiende a mitigar las desigualdades sociales.
- *El nivel de empleo*, que es un indicador de la oportunidad de trabajo de la población.
- *La autosuficiencia* del país en cuanto al ahorro y la balanza de pagos.
- *Las necesidades meritorias*, que se refieren a objetivos no económicos.

A cada uno de estos objetivos se le puede asignar un *peso relativo* (como parte de los parámetros nacionales), a fin de obtener el beneficio total ponderado en términos de consumo global, tomando a este último como "unidad de cuenta". La transformación de los consumos (beneficios) futuros a consumo presente se hace aplicando un "precio de cuenta" de la inversión en relación con una "tasa de actualización social", que mide la preferencia por el consumo presente, respecto al futuro.

El Estudio Social del Costo-Beneficio en la Industria de Países en Desarrollo, Little Mirriees es un manual escrito por los profesores Jan M. D. Little y James A. Mirriees, bajo el auspicio de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), y publicado en español por el CEMLA (Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos). Los autores empiezan por señalar ciertas condiciones prevalentes en la mayoría de los países en desarrollo: inflación, sobrevaluación de la moneda, subempleo, mercados de capital muy imperfectos, medidas de protección a la industria, escasez de ahorro, mala distribución de la riqueza y otras— las cuales provocan a veces grandes diferencias entre los precios de mercado y los verdaderos costos o beneficios sociales.

La metodología propuesta por los autores puede sintetizarse en los siguientes puntos:

- Un proyecto no sólo produce consumo futuro, sino también ahorro futuro; ambos pueden tener un valor social diferente. Lo más sencillo es revaluar el consumo de cada año en términos de ahorro (o inversión) y luego descontar cada comente combinada a una tasa propia para la inversión, a la que se denomina *tasa contable de interés*.
- En el largo plazo, el único supuesto lógico es el de que la economía funcione con su plena capacidad de trabajo, aunque indudablemente con fallas pasajeras. La forma básica para asegurar el pleno uso de la capacidad nacional consiste en evitar que la competencia de los bienes extranjeros limite la producción nacional. Se deberá preservar el equilibrio de la balanza de pagos controlando el nivel de las inversiones.

- Toda producción de un proyecto debe considerarse como una ganancia de divisas extranjeras, y todo insumo como un uso de tales divisas.

Ello significa que, en principio, todos los bienes son comparables entre sí y se pueden expresar en divisas extranjeras. En particular, *a)* los bienes comerciales se evalúan a sus precios mundiales; *b)* los no comerciales, o sea, los que no entran en el comercio exterior (como los transportes y la electricidad) se evalúan en términos de su contribución a la ganancia o el ahorro de divisas extranjeras; y *c)* la mano de obra no calificada se evalúa a un salario sombra que refleja el costo de la obligación social de reservar una parte del ingreso al consumo, como resultado del aumento del empleo.

- De una manera ideal, la tasa contable de interés (TIC) debería ser aquella que haga que se invierta el monto de los fondos de inversión disponibles (los otros medios de racionar los recursos deberían emplearse nada más como soluciones temporales). Si la TIC fuera demasiado baja, se aceptarían más proyectos de los que permite realizar el ahorro del país, aparecería una balanza de pagos deficitaria y una tendencia a la inflación. Si, por el contrario, el TIC fuera demasiado alta, se correría el riesgo de no utilizar la totalidad de los capitales que el país habría estado dispuesto a ahorrar, resultando una balanza de pagos positiva y un incremento del excedente de capacidad nacional de producción. El TIC no deberá ser menor de lo que puede ganarse basándose en inversiones de cartera en el extranjero, por ejemplo 5 a 6% en términos reales. Es de creer y cabe esperar, que la mayoría de los países en desarrollo logren tasas mucho mayores, del orden de 10% a 15%.

- La *tasa de interés del consumo*, llamada también tasa de actualización social, es irrelevante. En efecto, al calcular las utilidades sociales, ya se han evaluado el consumo presente y el futuro en términos de ahorro, para todos y cada uno de los períodos considerados. Así pues, lo que ahora se actualiza son los recursos susceptibles de ser invertidos, o su equivalente en valor social. En realidad se trata de incrementar, tan rápido como sea posible, un excedente de valor social. Puede apreciarse que el enfoque de Little Mirrlees difiere considerablemente del de las *Pautas* de ONUDI. El primero se acerca más a los criterios expuestos en este capítulo.

Conclusiones:

El desarrollo de esta tesis consta de seis capítulos, en el primer capítulo se indica la introducción de lo que es un proyecto, sus características, su administración de un proyecto los tipos de evaluación y optimización económica

En el capítulo dos se exponen los criterios para comparar económicamente dos o más alternativas de inversión en proyectos, usando como base los conceptos de flujo de efectivo, horizonte económico valor futuro, flujo de efectivo acumulado, y valor presente.

En el capítulo tres se enfoca al análisis de proyectos mediante contabilidad de costos, para identificar la clasificación y aplicación de costos y obtener un análisis económico, también se identifica la necesidad de que el flujo de costos de construcción se fije con base al programa de obra, así mismo se describe las relaciones que pueden establecerse en un análisis de volumen costo utilidad y las representaciones gráficas respectivas cabe mencionar la forma en que se puede calcular y registrar el flujo de efectivo de un proyecto en forma tabular en un proyecto de construcción y sus diferentes tipos de gráficas de flujo de efectivo, por último se indican los precios de insumos para la construcción por la cámara nacional de la industria de la construcción.

En el capítulo cuatro se dan las características más importantes de un sistema y los diferentes criterios con que pueden definirse los subsistemas mediante ejemplos, así también se toma la base de explicar que es un modelo económico para poder interpretarlo en un sistema y explicando en que se funda su utilidad en este capítulo se comparan algunos criterios de evaluación de inversiones y se presenta la técnica de análisis de flujo de efectivo descontado acumulado como herramienta de evaluación, se incluyen tablas y formas de análisis que facilitan la aplicación de dicha técnica. Esta última tiene importancia práctica ya que proporciona diversos elementos de juicio para determinar la conveniencia económica de los proyectos.

En el capítulo cinco se refiere a proyectos de reemplazo de equipo, los cuales tienen gran importancia para la operación económica de las plantas e instalaciones; su análisis se plantea en forma racional y sistemática, distinguiendo las decisiones de planeación de las operativas y presentando modelos que consideran los efectos de la vida económica. En este capítulo se da énfasis en la administración de un proyecto mediante el CPM como una herramienta muy importante en el control y evaluación de un proyecto en etapas de operación.

En el último capítulo se aplica al estudio de inversiones al sector público. Se analizan los criterios de decisión económica aplicable a las inversiones que realiza dicho sector, resaltando la evaluación de beneficios y costos sociales, y los factores que determinan dichas evaluaciones. Se incluye una reseña de los métodos de evaluación recomendada por organismos internacionales para los países en desarrollo.

BIBLIOGRAFIA:

- 1 Coos bu, Raúl, análisis y evaluación de proyectos de inversión
Editorial Limusa México, D.F., 1982.
- 2 Taylor George A., ingeniería económica
Editorial Limusa México, D.F., 1981.
- 3 Pautas para la evaluación de proyectos. ONUDI, NACIONES UNIDAS
- 4 Little, IMD Y J.A Mirrlees, estudio social del costo beneficio en la industria de países en desarrollo
- 5 Manual de evaluación de proyectos, c
Centro de desarrollo de la OCDE, centro de estudios monetarias latinoamericanos, México, D.F., 1973