INT-1100

Documento Auxiliar Nº 251

ESTUDIOS TECNICOS Y PROGNOSIS DE COSTOS

CRITERIOS PARA ESCOGER PROYECTOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA ☆/

OCDE

☆/ Estos documentos que se reproducen para uso exclusivo de los participantes de los cursos del Programa de Capacitación, han sido tomados de: Análisis empresarial de proyectos industriales en países en Desarrollo, CEMLA, México, 1972, capítulos II y IV.

81-10-2195

Capítulo II

ESTUDIOS TÉCNICOS Y PROGNOSIS DE COSTOS

ÍNDICE DEL CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN 71

1. LOS ESTUDIOS TÉCNICOS 71
   1.1. *El campo que cubren los estudios técnicos* 72
      1.1.1. La elección del proceso productivo adecuado 72
      1.1.2. La elección de los medios de producción con características adecuadas para el trabajo que se va a emprender 74
      1.1.3. Necesidades detalladas de instalación, equipo y suministros 74
      1.1.4. La elección del emplazamiento adecuado 74
   1.2. *Los errores más frecuentes* 76
      1.2.1. Insuficiencia de los estudios y análisis preliminares 77
      1.2.2. Falta de soluciones alternativas 78
      1.2.3. El menosprecio de los factores "secundarios" 78

2. PROGNOSIS DE LOS COSTOS 79
   2.1. *Principales métodos de estimación de los costos* 79
   2.2. *Principales causas de error al estimar los costos* 82
      2.2.1. Subestimación de los gastos de inversión 82
      2.2.2. La omisión del capital de trabajo 83
      2.2.3. Cálculos optimistas de los costos y la producción en los primeros años de funcionamiento 84
      2.2.4. Ausencia de hipótesis sobre la evolución futura de los costos 84
   2.3. *Márgenes de error de los valores numéricos* 87

CONCLUSIÓN 87

BIBLIOGRAFÍA 88

APÉNDICE 91

INTRODUCCIÓN

Es NECESARIO hacer estudios técnicos durante las diferentes etapas de un proyecto. Todos los demás estudios dependen de ellos, ya que es importante saber en cada etapa si una idea puede llevarse a la práctica y en qué forma.

Durante la etapa del anteproyecto es preciso saber si un proceso específico de operación o manufactura es realizable y, de serlo, en qué condiciones. Lo anterior requiere verificar muestras y realizar estudios, análisis y pruebas, cuyos resultados permitan determinar las técnicas adecuadas y con ello, los costos de inversión y funcionamiento. Los subsiguientes análisis económicos y financieros pueden poner en duda las ventajas de las soluciones técnicas propuestas y conducir a nuevos estudios en este campo. De tal suerte, diferentes especialistas propondrán diversos programas y sugerencias alternativas, hasta que finalmente se adopte una solución técnica determinada y sea posible obtener un conjunto detallado de propuestas para llevarla a la práctica.

Este capítulo trata, en términos generales, de los estudios técnicos en todas las etapas del proyecto. Sin embargo, no pretende aportar un método universal de enfoque aplicable, con las variaciones adecuadas, en todos los tipos de proyectos. La finalidad es simplemente poner de relieve los puntos esenciales y llamar la atención acerca de los errores u omisiones más comunes.

El apéndice de este capítulo contiene una lista pormenorizada de los diferentes factores que deben considerarse para determinar el costo de un proyecto.

1. LOS ESTUDIOS TÉCNICOS

No es propósito de esta sección tratar de esclarecer quién debe encargarse de los estudios técnicos, o a quiénes debe consultarse (contratistas, expertos independientes, etc.). Ese problema se examinará en el capítulo VI, apartado 2.2.

El objeto de esta sección consiste en identificar el campo que abarcan los estudios técnicos y señalar los errores más frecuentes.

Los principales aspectos del proyecto son:

- El proceso productivo;
- Las características de los medios de producción;
- Las necesidades de la empresa;
- La ubicación de la unidad de producción.

1.1.1. *La elección del proceso productivo adecuado*

Por regla general, los técnicos tienen que elegir entre varios posibles métodos para lograr un determinado monto de producción. A fin de dar un ejemplo sencillo y bien conocido, recuérdese que el acero se puede producir por medio del procedimiento Bessemer o del Martin-Siemens.

En muchos casos, la elección del proceso productivo depende de consideraciones técnicas o económicas obvias (la naturaleza de ciertas materias primas, la ausencia de una o más de las condiciones previas para utilizar determinado proceso, etc.). Sin embargo, sería erróneo aceptar sin reservas la decisión de los técnicos. Éstos siempre tienden a proponer una solución única para un determinado problema. Dos ejemplos ilustran este punto.

Primer ejemplo: elección entre los procedimientos "seco" y "húmedo" en la industria del cemento.

El cemento se puede producir en un horno horizontal mediante el "proceso seco" o el "proceso húmedo". Pero si el contenido natural de humedad de la caliza es alto, sólo el "proceso húmedo" será técnicamente factible a un costo razonable.

En efecto, el "proceso seco" requiere hacer una mezcla de piedra caliza y arcilla pulverizadas mediante una fuerte corriente de aire. Tal mezcla sólo es posible si el contenido de humedad es muy bajo. En caso contrario, sería forzoso secar el material antes de mezclarlo y el costo aumentaría correlativamente. Además, el "proceso seco" ofrece dos métodos posibles de cocción: el del horno vertical y el del horno rotatorio.

Segundo ejemplo: fabricación de cloruro de vinilo.

El cloruro de vinilo se obtiene mediante procedimientos basados en cualquiera de las dos reacciones siguientes:

Acetileno sobre ácido clorhídrico,

Etileno sobre cloro (con ácido clorhídrico como subproducto). Existen cuatro procedimientos industriales:

i) Acetileno sobre ácido clorhídrico,
ii) Etileno sobre cloro,
iii) Proceso mixto mediante un reactor de cada tipo, para así utilizar el ácido clorhídrico, que es subproducto de una de las reacciones,
iv) Etileno sobre ácido clorhídrico en presencia de un exceso de aire [el ácido clorhídrico se convierte en cloro por medio de una reacción tipo Deacon y luego se utiliza en el proceso (*ii*)]

La elección entre estos diferentes procedimientos puede verse limitada por las causas siguientes:

— Las disponibilidades de materias primas: acetileno o etileno, cloro o ácido clorhídrico.
— El costo de las diferentes sustancias utilizadas o el de los subproductos.
— El tamaño del mercado. En relación con esto, se acepta por lo general que la rentabilidad del proceso mediante etileno (*ii*) aumenta con el tamaño del reactor, mientras que el procedimiento mediante acetileno (*i*) alcanza el rendimiento óptimo en unidades de 10 000 a 15 000 toneladas por año. El proceso mixto (*iii*) presupone un mercado lo suficientemente grande como para absorber la producción combinada de los dos reactores.

Por tanto, la disponibilidad de materias primas y sus características, los costos y el tamaño del mercado son los factores que determinan la elección del procedimiento. Cabe señalar que el aspecto técnico (eficiencia o rendimiento) está íntimamente ligado con el económico (rentabilidad).

De esta manera, una elección correcta exige el diálogo permanente entre técnicos y economistas.

Además, en muchos casos la elección requiere prolongados estudios técnicos preliminares, sobre todo en las industrias que utilizan materias primas "naturales", como minerales, productos vegetales, productos de canteras, etc. La naturaleza es muy "caprichosa" y por ello un método utilizado con buen éxito en un caso quizá conduzca a un fracaso total en otro. Estos estudios técnicos pueden ser muy prolongados (algunos se llevan varios años) y si no se les destina tiempo suficiente, acaso disminuya la posibilidad de un resultado venturoso.

1.1.2. *La elección de los medios de producción con características adecuadas para el trabajo que se va a emprender*

Esta elección está, por supuesto, estrechamente ligada a la del proceso y la escala de producción. Definidos estos elementos, existen otros que aún deben precisarse y, para cada uno de ellos, los productores de equipo propondrán varias soluciones (por ejemplo, las diversas patentes obtenidas por los proveedores de maquinaria para fabricar cemento mediante el "proceso seco" que utiliza hornos horizontales).

Además, aunque la elección del proceso determina en gran parte la subsiguiente elección del equipo en las industrias básicas, como la química, la siderúrgica y la de materiales de construcción, éste no es el caso en las industrias manufactureras, en las que a menudo es factible comprar una variedad muy amplia de equipo con diferentes grados de eficiencia. Tal diversidad condiciona en gran medida la futura flexibilidad de la empresa; cualquier elección debe basarse en el análisis previo de las condiciones de funcionamiento, en los términos más precisos posibles. Una fábrica de cartón para empaques tiene numerosas máquinas para cortar y doblar, capaces de realizar múltiples operaciones. Pero cada una de ellas fue diseñada específicamente para determinado tipo de operación y la capacidad competitiva de la empresa depende de la aplicación flexible y el uso óptimo de dicho equipo.

1.1.3. *Necesidades detalladas de instalación, equipo y suministros*

Una vez escogidos el proceso y los medios de producción, con las características apropiadas, los técnicos deben determinar, del modo más exacto y completo posible, las necesidades de la empresa, tanto en la etapa de inversión (edificios, instalación y equipo diverso) cuanto en la de funcionamiento (materias primas, agua, energía, mano de obra y comunicaciones).

Esta tarea parece bastante simple, pero es muy importante para el buen éxito del proyecto y supone un trabajo metódico y minucioso. El grado de detalle depende del estado de avance del estudio. En la fase del anteproyecto sólo se consideran los factores esenciales, mientras que en las etapas finales del diseño el estudio debe ser exhaustivo. Hay que especificar, entonces, tanto la cantidad como la calidad de lo que se requiera.

En el apéndice de este capítulo se incluye una lista de elementos que deben tenerse en cuenta.

1.1.4. *La elección del emplazamiento adecuado*

La ubicación de la unidad productiva es un problema cuyos términos

difieren mucho de una industria a otra. En algunos casos, la localización está predeterminada (la explotación de un yacimiento), mientras que en otros se pueden considerar múltiples ubicaciones (industrias de mano de obra intensiva que producen bienes de alto valor en relación a su peso, como las industrias electrónicas o de ingeniería de precisión). En general, el emplazamiento depende de los siguientes factores:

- *Consideraciones técnicas*, que se examinarán más adelante.
- *El costo de los factores de la producción.* A propósito de la elección del emplazamiento de la unidad de producción, debe recordarse que el precio de un determinado factor productivo puede variar de un lugar a otro, debido al costo de transporte.
- *La disponibilidad de fuerza de trabajo* o la posibilidad de traer la que se requiera (en particular, trabajadores calificados y supervisores). En relación con esto, debe señalarse la conveniencia de considerar los atractivos del sitio elegido, siempre que sea posible.
- *Consideraciones comerciales*, especialmente en el caso de productos de poco valor específico y alto costo de transporte. Las consideraciones relativas a las ventas deben tener en cuenta tanto el tamaño del mercado como la existencia eventual de uno o varios competidores.
- Por último, *consideraciones sociales o políticas*, relacionadas con la creación de empleos en zonas económicamente atrasadas. Sin embargo, debe recordarse que una ubicación que se decida considerando sólo factores políticos o sociales puede resultar, en conjunto, costosa para la sociedad. Por tanto, en cada caso es muy importante estimar el costo.

Todos estos factores se toman en cuenta en el estudio de rentabilidad, pero cuando se realizan los estudios técnicos conviene asegurarse de que las diferentes ubicaciones propuestas sean aceptables de acuerdo con los anteriores criterios. Los análisis técnicos comprenden, en particular, los siguientes elementos:

Existencia de materias primas (adecuadas en cantidad y en calidad). Se trata de un factor muy importante cuando las materias primas son de origen local: por ejemplo, la producción de un yacimiento o la de una empresa agropecuaria. La regularidad de los suministros, su rendimiento y costo deben estudiarse en detalle, junto con las tendencias futuras. Los errores en los diferentes estudios causan con frecuencia serias dificultades:

- Una sobrestimación de 20 a 25 % del rendimiento de madera por hectárea en un bosque, puede hacer necesario que se amplíe con-

siderablemente la superficie de suministro de un aserradero, tornando con ello antieconómica la operación;
- El aprovisionamiento de una fábrica de fósforos con madera sujeta a pruebas precisas de calidad, puede, en ocasiones, ser incompatible con una explotación artesanal del bosque;
- Los riesgos climáticos y estacionales deben considerarse en algunos casos: en un proyecto para producir cemento, presentado a un país africano, no se daba la importancia debida al hecho de que la cantera se inundaba por lo menos tres meses al año.

Disponibilidades de energía y agua

La importancia de estos dos elementos difiere considerablemente de una industria a otra. En algunos casos, las necesidades de una fábrica son suficientemente modestas como para que la empresa genere su propia electricidad, si no puede conectarse con la red de distribución. En otros (la electro-metalurgia) el suministro barato de energía es determinante para la ubicación. De manera similar, el volumen y la calidad del agua son los principales factores para ciertas industrias (papel, textiles, grandes centrales eléctricas a base de vapor). Al mismo tiempo, se deben considerar los métodos de eliminación del agua utilizada.

Medios de comunicación (para personas y mercancías).

De acuerdo con la naturaleza de la actividad que se considere, se estudiarán en detalle las posibles conexiones con las redes carreteras o ferroviarias. En algunos casos, también hay que tener en mente los vínculos de las personas con los centros administrativos o económicos de decisión.

Características de la ubicación real de la planta

En algunos casos, debe estudiarse con detalle la naturaleza del suelo, su topografía y configuración, para evitar dificultades cuando se construya la planta.

Aun en países desarrollados, con frecuencia se decide el emplazamiento de una fábrica en forma casual, sin realizar un estudio serio. Dicho estudio normalmente cuesta poco, tanto en términos de tiempo como de dinero, y evita muchas dificultades futuras.

1.2. Los errores más frecuentes

Los errores de los estudios técnicos casi siempre se deben a un análisis

premilinar inadecuado, a la renuencia a considerar soluciones alternativas y al olvido de los factores "secundarios".

1.2.1. *Insuficiencia de los estudios y análisis preliminares*

Basta estudiar el historial de muchas empresas y preparar varios proyectos, para que destaque con gran claridad la importancia de los estudios técnicos preliminares.

Al establecer una nueva empresa minera, es necesario realizar perforaciones y llevar a cabo detallados estudios físico-químicos de gran número de muestras extraídas de acuerdo con un plan sistemático de perforación. Sólo entonces es posible estimar la cantidad de reservas explotables en el yacimiento y decidir la mejor manera de explotarlas (las características de los materiales, el método de explotación, etc.), así como precisar las posibilidades de uso y tratamiento del mineral, esto es, su valor potencial. En realidad, ningún mineral es exactamente igual a otro y en cada caso son necesarias nuevas pruebas —en el laboratorio o a escala industrial— para decidir la mejor forma de explotarlo.

De manera similar, en el plano industrial se deben estudiar todas las materias primas, incluso aquellas de las que, aparentemente, se sabe todo. La manufactura de fósforos de madera requiere prolongados ensayos con los diferentes árboles que se pueden usar, a fin de asegurarse que resultarán adecuados para los diversos procesos mecánicos y químicos de producción y que los cabitos de madera tendrán la resistencia suficiente.[1]

En muchas industrias se presta particular atención al suministro de energía y agua. En la manufactura del cemento, la naturaleza del carbón utilizado influye en la composición de la mezcla de arcilla y piedra calcárea y en la eficiencia del proceso. La composición del agua es un factor esencial en muchas industrias (químicas, textiles, papeleras). Con frecuencia, será preciso estudiar detenidamente la posibilidad de obtener suficiente cantidad de agua.

En algunos casos, deberán considerarse las variaciones estacionales de las condiciones de funcionamiento de una empresa. Independientemente del monto de la producción, que puede verse afectado por las fluctuaciones estacionales de la demanda, las propias condiciones de tal producción pueden variar. El monto producido en una cantera de arcilla difiere durante la época de sequía y durante la temporada de lluvias. El periodo para obtener suministros de materias primas vegetales

[1] Las fichas técnico-económicas de productos específicos, que se publican en un volumen complementario, muestran en cada caso los aspectos más importantes de los estudios técnicos preliminares. Véase nota 2 de la p. v.

se limita con frecuencia a pocas semanas o algunos meses; por tanto, conviene prever medios para almacenar dichos suministros.

Por último, como ya se ha señalado, el estudio de la naturaleza del suelo en el que se va a edificar la planta, evitará serios errores al estimar los costos de inversión, en especial si en ellos se incluye equipo pesado.

1.2.2. *Falta de soluciones alternativas*

No es frecuente que en un estudio técnico se consideren varias soluciones alternativas. Esto significa que los iniciadores del proyecto eliminaron algunas, por motivos particulares, sin dar a otros especialistas la oportunidad de opinar. Con ello se obstaculiza desde un principio el deseable intercambio de puntos de vista entre los expertos de diferentes campos.

En el capítulo III se examina el problema de escoger entre varias soluciones posibles. Las razones técnicas no son los únicos factores que hacen necesario considerar soluciones alternativas, pero son sumamente importantes. Por lo tanto, se debe instar a los técnicos a que formulen diferentes soluciones posibles, sin emitir un juicio sobre ellas, ya que no disponen de los elementos económicos, jurídicos y comerciales necesarios para decidir.

Antes de autorizar un préstamo, las instituciones financieras requieren casi siempre un estudio de las diferentes soluciones técnicas posibles. De tal suerte, el hecho de presentar un informe incompleto constituye una pérdida de tiempo y retrasa el proyecto. Aun cuando a los promotores les parezca obvia la decisión, es preciso describir todas las soluciones posibles e indicar, con brevedad, las razones de la elección final.

1.2.3. *El menosprecio de los factores "secundarios"*

La elección del proceso de manufactura y de los medios de producción con las características debidas, es una tarea larga y difícil que puede acaparar la atención de los autores de los aspectos técnicos del proyecto. Con frecuencia sucede que, una vez que se llega a un buen método de producción, se considera resuelto el problema.

Tal elección es esencial, pero los medios de producción constituyen sólo la espina dorsal de la empresa. Su buen funcionamiento requiere de músculos y sangre, esto es, servicios administrativos y de dirección, existencias, almacenamiento de materias primas, productos intermedios y bienes terminados, servicios de mantenimiento general y otros.

Todos estos factores asociados no pueden, en realidad, denominarse

"secundarios": deben planificarse al mismo tiempo que el equipo de producción.

Finalmente, se deben considerar también las instalaciones administrativas y sociales. La importancia de éstas es cada vez mayor, aunque varía de un país a otro, según la situación de la empresa con respecto a las zonas habitadas y al clima.

En el caso de la explotación de un yacimiento en una zona desértica, por ejemplo, con frecuencia es necesario proporcionar al personal viviendas y servicios médicos y educativos. Aparte de esa ocasión extrema, en general es importante contar con un club recreativo y con otra clase de instalaciones sociales y, por supuesto, con una enfermería. De cualquier forma, en la mayoría de los países, la ley exige el establecimiento de algunos de estos servicios.

2. PROGNOSIS DE LOS COSTOS

Los estudios técnicos y de costos están íntimamente relacionados entre sí. Con frecuencia se dice que un proyecto es técnicamente irrealizable cuando, de hecho, resulta posible desde el punto de vista técnico, pero sólo a un costo prohibitivo. No siempre ocurre así y, por regla general, los economistas deben obtener de los técnicos la información necesaria para comparar las diferentes soluciones. Luego es menester evaluarlas en términos de costos, tomando en consideración los precios. A continuación se estudiarán los principales métodos para estimar los costos y las causas más importantes de error de tales métodos.

2.1. Principales métodos de estimación de los costos

El análisis de costos es una de las más difíciles y, a veces, más desalentadoras tareas del economista. Sin duda, algunos costos son fáciles de calcular, pero otros implican estimaciones que repugnan al contador, con su deseo excesivo y a menudo poco realista de precisión, o al experto técnico, quien, muy consciente de las diversas posibilidades, considera difícil dar una respuesta siquiera aproximada. Por lo tanto, el economista debe estar dispuesto a utilizar cualquier información pertinente, sin que importe su origen. Es claro que debe comprobar continuamente su fiabilidad, pero cuanto más variados sean los métodos de obtención, tanto mejores serán los resultados.

En seguida se examinan los principales métodos para reunir datos; empero, para facilitar los análisis subsiguientes, hay que recordar que los pagos en moneda del país deben computarse siempre por separado de los hechos en divisas, tanto en el caso de inversiones como en el de gastos de operación.

El método más sencillo para calcular los costos es el de *recurrir a proyectos similares* ya realizados por la empresa que promueve el nuevo proyecto o por otras de la misma industria. En este caso, la condición básica es que el nuevo proyecto sea comparable con el anterior en todos sus aspectos.

Este método tiene la ventaja de proporcionar una base realista para la estimación de los costos: considera el equipo y las instalaciones auxiliares que son necesarios e importantes, según ha mostrado la experiencia.

Cuando se usa este procedimiento es necesario cerciorarse de que aún son válidos los costos indicados. Sin embargo, en muchos países, aparte de los cambios técnicos, la pérdida de valor de la moneda puede originar aumentos considerables de los precios. Esto es especialmente importante en el caso de la depreciación del equipo de capital. Ocurre no sólo que la inflación complica la tarea de estimar la tasa correcta de amortización; también el hecho de no considerar los efectos de aquélla puede entrañar una insuficiencia de los fondos acumulados con el fin de cubrir el costo de sustitución del equipo al final de su vida útil.

De tal suerte, la comparación con proyectos similares ya realizados puede utilizarse para elaborar una lista completa de los elementos de costo y conocer su cuantía. Acaso este método sea suficiente durante la etapa del anteproyecto. En otros casos, facilitará el análisis de la información recibida de otras fuentes.

Sin embargo, suele ocurrir que la capacidad de la fábrica proyectada difiera de la de aquella que se toma como referencia.

Surge entonces un problema de extrapolación. En las etapas iniciales del proyecto, cuando todo lo que se requiere son órdenes de magnitud, esta dificultad puede resolverse mediante métodos aproximados aunque eficaces, del tipo de la "regla del 0.6".[2] Ésta se basa en el hecho de que los costos de inversión y funcionamiento aumentan más lentamente que la capacidad. Ciertas erogaciones (costos de diseño, ingeniería civil, edificios, conexiones con las líneas de energía y las redes de transporte, etc.) son independientes en gran medida de la escala de producción; además, los costos del equipo en sí no varían proporcionalmente con respecto a la capacidad productiva.

Si S_A y S_B son las capacidades de dos plantas A y B y C_A y C_B los respectivos costos de inversión, entonces

[2] Fue propuesta por R. W. Williams, Jr., en "Six-Tenth Factor Aids in Approximating Costs", en *Chemical Engineering*, 54 (12): 124 (1948). Chilton la comprobó en su libro, que se menciona en la bibliografía de este capítulo. Sherwood propuso un factor de 0.7 para plantas completas; véase "Effect of Plant Process Size on Capital Cost", en *Oil Gas Journal*, 9 de marzo de 1950, p. 81.

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^x$$

donde $x < 1$, es un coeficiente que representa las economías de escala.

Sin embargo, debe señalarse que esta regla se derivó originalmente de las condiciones técnicas que prevalecen en la industria química. En el caso de cierto tipo de equipo de capital, como depósitos, gasómetros, columnas y compresores, el costo está en función de los materiales empleados para contener un volumen determinado, es decir, depende de la superficie del dispositivo de que se trate. Por otra parte, la capacidad es función del volumen; por ejemplo, en el caso de un recipiente esférico, el área varía de acuerdo con el volumen (y, por ello, con la capacidad), elevado a la potencia de 2/3.

Se debe tener mucho cuidado al aplicar esta regla. El factor de escala diferirá de un renglón de equipo de capital a otro. Además, una regla aplicable a partes aisladas del equipo, no necesariamente conviene para toda una planta. Por ejemplo, la regla no se aplica si una fábrica se amplía mediante el aumento del número de sus instalaciones y no del tamaño de ellas. Finalmente, existen muchas clases de aparatos industriales que no se sujetan a esta relación entre la superficie (costo) y el volumen (capacidad).

Así pues, un simple cálculo logarítmico proporciona una primera idea del costo de la inversión para la fábrica que se considere.

Las encuestas entre los eventuales proveedores son en realidad la forma más segura de obtener el último precio del equipo o, si así se prefiere, el precio del equipo modelo más reciente que satisfaga una necesidad determinada. Una desventaja de este método estriba en que algunas veces los precios indicados corresponden en forma muy específica al equipo de que se trata, sin considerar el costo de las instalaciones complementarias, del transporte y del montaje; por ello, en ocasiones conviene duplicar el precio inicial para obtener el correspondiente a una instalación en estado de funcionar. Así, el conocimiento de los precios debe siempre complementarse con el de las condiciones de entrega y las de construcción o instalación; asimismo, hay que precisar las condiciones de garantía durante el periodo inicial de operación.

Enfoque semejante cabe emplear en lo que se refiere a los proveedores de las materias primas necesarias para el funcionamiento de la empresa. Sin embargo, en tal caso los precios quedan sujetos a fluctuaciones (depreciación monetaria o, simplemente, cambios en las condiciones de entrega al cliente). Además, los coeficientes técnicos,[8] que

[8] Número de kwh o calorías consumidas por unidad de producción, rendimiento de la materia prima en términos del producto final, costos de mantenimiento, etc.

se utilizan para calcular los gastos totales con base en los precios unitarios, deben estimarse correctamente, con la ayuda de especialistas.

El uso de tarifas, encuestas y reglamentaciones oficiales. Algunos costos pueden obtenerse con base en reglamentaciones oficiales o tarifas públicas: las tarifas de agua y electricidad, los salarios mínimos obligatorios para parte importante de la fuerza de trabajo, ciertos impuestos que atañen más a la existencia de la fábrica que a su actividad efectiva.

Las encuestas, realizadas con independencia del proyecto o no, pueden informar sobre el nivel real de salarios y con respecto a otras erogaciones (costos medios de construcción, precios de determinadas materias primas, etc.).

La consulta con ingenieros especializados representa algunas veces la única solución, ya que la naturaleza de su trabajo les permite, mejor que a cualquier otra persona, evaluar los precios según las características de los materiales y del equipo. Debe señalarse que la estimación del costo está íntimamente relacionada con la selección de materiales y equipo, sobre todo en la etapa final del proyecto. Un mismo trabajo puede hacerse con equipo que difiera en cuanto a calidad y eficiencia y que, por ello, se venda a diferentes precios; pero las características de un elemento de la cadena de fabricación deben corresponder a las del resto. De tal suerte, no es posible escoger un elemento, y por tanto determinar su precio, de manera aislada. De lo que se trata es de precisar el costo de un conjunto coherente.

2.2. Principales causas de error al estimar los costos

La insuficiencia de los análisis técnicos a que se refiere el apartado *1.2* es, claramente, una causa de importantes errores al estimar los costos:

- Insuficiencia que consiste en la falta de detalle de los análisis iniciales, lo que da lugar a costosos ensayos y errores al comenzar a funcionar la planta, o, peor aún, a que se calcule un nivel de producción que nunca podrá lograrse.
- Subestimación u olvido de los factores "secundarios", lo que implica aumentos considerables de la inversión, capaces de llevar al abandono del proyecto.

Sin embargo, aparte de los problemas debidos a los estudios técnicos iniciales, existen otras importantes causas de error.

2.2.1. *Subestimación de los gastos de inversión*

Aun si las previsiones abarcaron todo el equipo, los gastos totales de

inversión exceden algunas veces del presupuesto calculado. Esto se debe con frecuencia a una subestimación del tiempo necesario en una localidad determinada para concluir el proyecto: por ejemplo, el tiempo asignado a la construcción, al transporte de equipo y materiales y al montaje.

En forma más general, este problema tiene que ver con el orden en que se programen las diferentes tareas. Cualquier retraso en completar una parte del proyecto implica demoras para las otras partes y finalmente costos adicionales, como estadías, almacenamiento provisional del equipo, intereses temporales adicionales, etc., y una pérdida de utilidades si se pospone el comienzo de la producción.

Cuando los retrasos son extremadamente prolongados, se deben considerar los aumentos de salarios y, en forma más general, las tendencias inflacionarias que pueden influir en el costo del equipo.

Además, como ya se mencionó, los costos de transporte y de montaje del equipo importado modifican en forma apreciable el precio de fábrica del proveedor. En ocasiones, los contratos hacen directamente responsables de tales gastos a los proveedores.

En otros casos, no es posible determinar los costos de montaje con base en los costos de países técnicamente desarrollados. En las frecuentes oportunidades en que se solicita el trabajo calificado del proveedor o del instalador, estos costos se pueden duplicar, debido a gastos de viaje y a otras asignaciones.

2.2.2. *La omisión del capital de trabajo*

En la primera parte del capítulo VI se examinará el capital de trabajo. Baste aquí definirlo como la diferencia entre el capital circulante (acciones, activos realizables a corto plazo, efectivo) y las obligaciones a corto plazo. Su financiamiento, por tanto, proviene de empréstitos a largo plazo, de forma que el capital de trabajo debe considerarse como una inversión no menos importante que el equipo y los materiales; el funcionamiento diario de la empresa depende de dicho capital y varía según el tipo de actividad. Es comprensible que los bancos atribuyan gran importancia al cálculo preciso de las necesidades de capital de trabajo.

En la práctica, la estimación de estas necesidades suscita el problema de calcular las existencias necesarias para una operación eficiente, el plazo que puede otorgarse a los clientes para que cubran sus créditos (activos realizables a corto plazo) y el que debe fijarse para pagar a los proveedores (obligaciones a corto plazo). Para que sea correcta, la estimación de las necesidades de capital de trabajo debe tener en cuenta, por supuesto, la irregularidad de las ventas o de la producción (va-

riaciones estacionales). Desde este punto de vista, los cálculos deben basarse en el periodo menos favorable del año.

2.2.3. *Cálculos optimistas de los costos y la producción en los primeros años de funcionamiento*

Las empresas, como las máquinas, necesitan pasar por un periodo de ajuste y de puesta en marcha cuando empiezan a funcionar. La producción aumenta gradualmente y la eficiencia del equipo es menor que en condiciones normales de operación. Pronto se advierte que son necesarios ciertos cambios y que éstos implican gastos que exceden del cálculo inicial.

Al mismo tiempo, la producción por hora-hombre resulta baja al principio y conviene aplicar un plan para dar tiempo a que los trabajadores se adapten. Se trata de un hecho bastante generalizado, cuya importancia aumenta cuando la fuerza de trabajo contratada carece de experiencia industrial.

De tal suerte, es indispensable estimar los costos de adiestramiento y considerar las pérdidas que causa la capacitación de los trabajadores: consumo adicional de materias primas y energía y un alto porcentaje de producción desperdiciada.

Tales costos varían considerablemente de una industria a otra, según la complejidad del trabajo. Cambian también de un país a otro —inclusive entre una región y otra— de acuerdo con las tradiciones de la población y con la estructura social predominante.

Es aconsejable recurrir a experiencias previas que sean comparables o, a falta de éstas, hacer pronósticos con mucha cautela.

2.2.4. *Ausencia de hipótesis sobre la evolución futura de los costos*

La mayor parte de los costos de operación de una planta varían con el tiempo: por ejemplo, los costos de las materias primas, la energía y la mano de obra.

Existen con frecuencia considerables fluctuaciones de los *precios de las materias primas* en los mercados mundiales.

Los costos de la *energía* cambian en forma relativamente lenta, a menos que haya un cambio del tipo utilizado, por ejemplo a consecuencia del descubrimiento de depósitos de gas o de petróleo. Si así ocurre, los precios disminuyen, pero tales acontecimientos no pueden preverse.

En la mayoría de las industrias, la energía representa una parte relativamente pequeña del costo de producción. En caso contrario, la planta se establece generalmente con base en energía barata y en contratos

a largo plazo con el proveedor. Por tanto, este elemento del costo se puede considerar en general bastante estable.

Por otro lado, el costo de la *fuerza de trabajo* va en aumento en todas las economías en desarrollo. Los salarios no se elevan exactamente en la misma forma que el ingreso nacional *per capita*, ya que en éste se considera el crecimiento de diferentes categorías de ingreso y el traslado de individuos de una categoría ocupacional de baja productividad, por ejemplo la agricultura, a otra de mayor productividad, como la industria.

Además, los movimientos ascendentes de las tasas medias de salarios de una empresa no igualan necesariamente el promedio nacional, puesto que dependen del emplazamiento de la fábrica y de los tipos de calificación de los trabajadores. Sin embargo, se capta la importancia de considerar estos fenómenos cuando se percibe, por ejemplo, que en las economías europeas con frecuencia los salarios reales (ajustados por la depreciación monetaria) se han duplicado en el curso de 20 años. Por supuesto, la productividad del trabajo ha aumentado durante el mismo periodo y este factor también debe tomarse en consideración.

Sin duda, los aumentos de la productividad provienen de la mejor organización del trabajo, pero también de utilizar equipo más eficiente. Por tanto, la elevación de la productividad es consecuencia, por lo menos en parte, de un gasto adicional en equipo. Existe cierta diferencia entre la tasa de aumento de los salarios, que suele ser más o menos uniforme de una industria a otra, y la tasa de incremento de la productividad del trabajo, muy variable según la actividad industrial. Lo anterior determina los cambios de los costos unitarios del salario a través del tiempo.

Las situaciones difieren considerablemente de un país a otro, pero un aumento de las tasas de salarios, correspondiente a un aumento de los precios de los bienes de consumo, parece ser un fenómeno generalizado que debe incluirse en los cálculos a largo plazo.

Acaso una consecuencia de lo anterior sea el alza de los gastos de la empresa en aquellos *servicios que requieren trabajo muy especializado*, por ejemplo, mantenimiento y asesorías de toda clase.

Los *costos de transporte* de bienes y pasajeros tienden a disminuir independientemente del medio que se utilice. En algunos casos, la reducción es espectacular: por ejemplo, en las tarifas aéreas del Atlántico del Norte. En otros, la disminución es más limitada: por ejemplo, en el transporte a corta distancia que implica diferentes maniobras que consumen mucha mano de obra.

Con frecuencia se pasa por alto otro efecto de la evolución de una empresa: *el alza de los costos fijos* debido a un importante aumento de la producción.

Una vez divididos los costos de operación en fijos (costos que no cambian para una amplia gama de niveles de producción) y variables, ocurre en la práctica que se calculen los gastos correspondientes a aumentos de la producción, sin tener en cuenta la realidad subyacente. Empero, es obvio que una empresa no puede aumentar su producción indefinidamente sin que se eleven sus costos fijos, sobre todo los relacionados con los servicios generales. El aumento del número de máquinas o el uso intensivo de las que ya existen, supone reforzar el personal de mantenimiento; un aumento de personal implica servicios administrativos adicionales, etc.

Por tanto, se precisa estudiar cuidadosamente las repercusiones en los costos de aumentos considerables de la producción.

De cualquier forma, no es fácil pronosticar la tendencia de los diferentes costos; dos factores dificultan aún más el pronóstico:

- En primer lugar, en los países en desarrollo no siempre es posible recurrir a la experiencia pasada, tal como se hace en los países industrializados, puesto que son muy escasos los precedentes de las actividades manufactureras y los datos estadísticos en que aquéllas se registran.
- En segundo lugar, los fenómenos monetarios pueden perturbar sensiblemente las tendencias esperadas. Así, la inflación influye en todos los costos, pero a menudo de manera diferente.

En realidad, no existe una tasa uniforme de inflación, sino una persistente deformación del sistema de precios. Difieren la tasa de aumento de los salarios y la del incremento de los precios de los bienes de capital o de la energía. Por tanto, deben hacerse previsiones adecuadas, con base en el pasado reciente y en la información más fidedigna que se pueda obtener.

A la previsión de estas tendencias graduales cabe agregar la de cambios repentinos vinculados a una devaluación de la moneda. Los préstamos pagaderos en divisas se convierten entonces en una carga más pesada; al contrario, una empresa que exporte sus productos verá elevarse sus ingresos en forma considerable.

En suma, se elaboran los supuestos más razonables en relación con las tendencias de cada rubro de ingresos y gastos (fijar posibles límites máximos y mínimos constituye un método aceptable) y se calculan los efectos a largo plazo de tales tendencias examinando las cuentas de operación y los pronósticos de los balances.[4]

[4] Un ejemplo simplificado de este método, aplicable a un estado de inflación moderada, se encuentra en la tercera sección del estudio del caso núm. 5 (fábrica de ruedas de vehículos).

Es posible imaginar la complejidad de estos pronósticos, pero aun el cálculo más aproximado de las tendencias de los costos es preferible a suponer que las diversas cosas permanecerán inalterables, como se hace implícitamente en casi todos los estudios.

2.3. Márgenes de error de los valores numéricos

Incluso cuando los estudios se han realizado en forma cuidadosa, sin omitir ningún renglón de los gastos, existe cierta incertidumbre con respecto al costo final de la inversión y a los gastos de operación.

Por tanto, es aconsejable adoptar varias hipótesis plausibles, más que tratar de establecer una sola cifra del costo total. Desde luego, no es posible determinar por anticipado la amplitud de la gama de hipótesis; ésta depende básicamente de la naturaleza de la industria estudiada, del tipo de factor que se evalúe (costo de construcción, equipo, rendimiento técnico, etc.), de la experiencia y temperamento del promotor o de sus asesores. Como en el caso de los coeficientes de seguridad utilizados en las estimaciones técnicas, algunos planificadores agregan sistemáticamente un 10 % a los costos.

Quizás esta solución sea simplista, pero es mejor que no considerar, en absoluto, los imprevistos.

En realidad, se debe intentar una previsión del orden de magnitud de los errores posibles en cada renglón importante de los gastos. Algunos elementos son previsibles dentro de límites estrechos y otros en forma muy vaga, en tanto que el efecto de un error puede variar considerablemente, de acuerdo con el campo en el que ocurra. Un error de 25 % al apreciar la duración del equipo puede tener un efecto mucho menor sobre la rentabilidad del proyecto que una falla de 5 % en el precio de venta, el cual acaso duplique las utilidades o las elimine.

Por tanto, hay que exigir a los individuos u organismos responsables de las cifras utilizadas, que especifiquen —aunque sólo sea en términos cualitativos— el grado de confiabilidad que merecen y los límites entre los que cabe situar el valor más probable.

Tales informaciones facilitarán mucho el análisis relativo al riesgo de error, análisis que debe emprenderse después de estudiar la rentabilidad del proyecto (véase el capítulo v).

CONCLUSIÓN

Los estudios técnicos y los análisis de costos proporcionan la base, tanto para estimar la rentabilidad de una inversión durante sus etapas preliminares, cuanto para decidir al final si se realiza el proyecto o se abandona. Por ello son tan importantes.

Sin embargo, la exactitud de estos estudios debe corresponder a su objetivo. Es inútil realizar un análisis muy detallado en cada caso si lo que se pretende es presentar una lista de industrias que puedan implantarse en determinado país. Al contrario, debe tenerse el cuidado más meticuloso cuando se determinan las especificaciones de costos para los proveedores.

Con frecuencia será necesario recurrir a expertos extranjeros para realizar estos estudios. Los términos y condiciones de tal ayuda se analizan en la segunda parte del capítulo VI de este *Manual*.

Es indispensable un continuo intercambio de opiniones entre los ingenieros y los economistas para encontrar la solución más apropiada a la estructura local de precios y a la producción prevista. A menudo, el equipo y los materiales propuestos resultan inadecuados para las necesidades reales del país, lo que se debe a que los expertos consultados tienden, con toda buena fe, a pensar demasiado en términos de las naciones desarrolladas y a que, a veces, los responsables del proyecto deciden, por razones de orgullo, construir la planta más avanzada.

Concebir un proyecto que se adapte a las metas y características del país a que se destina, requiere un esfuerzo de imaginación que permita comparar efectivamente las diferentes soluciones posibles.

El siguiente capítulo se consagra a estudiar cómo se pueden elaborar diversas soluciones y cómo cabe presentarlas de forma que sean comparables entre sí.

*
* *

BIBLIOGRAFÍA

Abundan, tanto en inglés como en francés, los libros de naturaleza técnica que describen los procesos industriales. Tratan de líneas o series específicas de productos y no sería práctico dar una lista de ellos en un manual general de este tipo.

Por otra parte, no es mucho lo escrito sobre métodos específicos para calcular la inversión y los costos de funcionamiento, según diversos niveles de actividad. En seguida se inserta la relación de algunas obras, publicadas en inglés, que se ocupan de la industria química.

CECIL M. CHILTON (y "Chemical Engineering Review")

Cost Engineering in the Process Industries, McGraw Hill Book Company, Inc., Nueva York, 1960.

H. CARL BAUMAN

Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry, Rheinhold Publishing Corporation, Nueva York, y Chapman and Hall Ltd., Londres, 1964.

R. H. BUCHANAN y C. G. SINCLAIR

Costs and Economics of the Australian Process Industries, Tri-Ocean Books, San Francisco, 1964.

El Centro de Desarrollo de la OCDE publica las fichas técnico-económicas de distintos productos, con el propósito de llenar en cierto grado este vacío, al hacer posibles las evaluaciones preliminares de la viabilidad y la rentabilidad de un proyecto.

Los *Industrial Profiles* por producto, ya publicados por la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (AID), actualmente en proceso de revisión, también ofrecen útiles referencias para obtener una idea preliminar sobre los procedimientos de manufactura y los costos del producto. Sin embargo, algunas veces están demasiado influidos por la experiencia norteamericana, especialmente en lo que se refiere a los cálculos de costos. Se indican otras fuentes de información para cada producto. Las fichas, que cubren varios cientos de productos, se pueden obtener por medio de los servicios de la AID o de la Embajada de los Estados Unidos en cada país.

Cabe mencionar otra útil obra que proporciona, para más de 6 800 productos, las fuentes de la información sobre sus precios:

PAUL WASSERMAN

Sources of Commodity Prices, Special Libraries Association, 31 East 10th Street, Nueva York, 5, N. Y., Nueva York, 1960 (también existe edición en español).

En el *Manual de Proyectos de Desarrollo Económico*, de las Naciones Unidas, México, 1958, 58. II. G.5, se abordan de manera más general los problemas que implican los estudios técnicos y las estimaciones de costos. Véanse al respecto, en la Primera Parte, los capítulos III (Ingeniería del proyecto), IV (Tamaño y localización de los proyectos), V (Las inversiones en el proyecto) y VI (El presupuesto de ingresos y gastos y la ordenación de los datos básicos para la evaluación).

NOTA. Se pueden encontrar ejemplos de economías de escala en algunos de los estudios de casos (el núm. 1, de tejidos; el núm. 2, de cemento; el núm. 4, de una fábrica de pulpa de celulosa) y en las fichas técnico-económicas de productos que aparecen en el anexo de este volumen.

Véase además: F. T. Moore, "Economies of Scale: Some Statistical Evidence", en *Quarterly Journal of Economics*, mayo de 1959, donde puede encontrarse bibliografía sobre esta materia.

APÉNDICE

LISTA DE LOS PRINCIPALES RUBROS DE GASTO QUE DEBEN CONSIDERARSE EN UN ESTUDIO TÉCNICO

I. GASTOS DE INVERSIÓN

1. Gastos preliminares[1]

Investigaciones iniciales
Investigaciones y estudios técnicos (naturaleza del terreno, análisis de las materias primas, disponibilidad y calidad del agua, determinación de los procedimientos de manufactura, etc.)
Estudios económicos
Estudios de ventas
Estudios de rentabilidad
Estudios de diseño
Estudios financieros
Asesoría jurídica.

2. El sitio en que se localizará la planta y su preparación

Costo del terreno
Honorarios notariales
Derechos y honorarios de registro
Drenaje
Caminos de acceso, etc.

3. Construcción

Cimientos
Edificios
Pozos
Tuberías de agua y conexiones con la red eléctrica, el sistema telefónico y, dado el caso, la red de gas
Cisternas y depósitos
Eliminación del agua de desperdicio
Cercados
Caminos y veredas
Viviendas para empleados.

[1] Antes de que comience a realizarse el proyecto.

4. Equipo y materiales[2]

Máquinas
Cimientos para las máquinas
Costos de instalación de las máquinas
Pruebas y puesta en marcha
Maquinaria generadora de energía
Líneas eléctricas y telefónicas
Equipo eléctrico
Equipo de transporte interno
Vehículos
Equipos y suministros de oficina
Muebles para las casas de los empleados
Equipo de mantenimiento y limpieza.

5. Partes de repuesto

El costo de una existencia básica de partes de repuesto se puede calcular aproximadamente en un 20 % del costo total del equipo y los materiales enumerados en el rubro 4.

6. Ingenieros asesores

7. Activos fijos intangibles

Patentes
Licencias
Transferencias
Derechos de reproducción.

8. Costos de establecimiento

Costos de constitución de la sociedad
Costos de emisión de acciones
Intereses provisionales
Creación de una red de ventas
Publicidad
Contratación de personal
Adiestramiento del personal (salarios, instrucción, gastos de viaje).

9. Provisión para gastos fortuitos

[2] Al estimar estos renglones de gasto, se deben incluir los impuestos, los costos de transporte y seguros, así como los derechos aduaneros.

10. Capital de trabajo[3]

Incluye en especial:

- Existencias de materias primas y de abastos
- Existencias de productos intermedios
- Existencias de productos terminados
- Plazo medio del crédito que se otorga a la clientela.

II. GASTOS TÉCNICOS DE OPERACIÓN

1. Compras

Materiales
Combustibles
Materiales de mantenimiento
Suministros para el taller
Suministros para los almacenes
Suministros para las oficinas
Materiales de empaque.

2. Gastos de personal

Sueldos y salarios
Prestaciones
Prestaciones y beneficios en especie
Comisiones
Honorarios de los directores
Cuotas para el seguro social.

3. Impuestos y derechos

Gravámenes directos:

- Impuestos por concepto de licencias
- Impuesto territorial
- Impuestos y derechos municipales y regionales, etc.

Gravámenes indirectos:

- Impuesto al valor agregado

[3] Se define como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo a corto plazo (véase el capítulo VI).

- Impuesto sobre prestación de servicios
- Impuesto local
- Impuesto sobre transacciones comerciales, etc.

Gravámenes por registros:

- Derechos de registro de actas y contratos
- Derechos del timbre

Derechos aduaneros
Impuestos profesionales
Derechos que perciben las organizaciones internacionales.

4. Obras, suministros y servicios externos

Alquileres
Mantenimiento y reparaciones
Obras realizadas por otras compañías *mediante contratos*
Abastecimiento de agua, gas y electricidad
Estipendios por patentes, licencias, marcas de fábrica, etc.
Estudios, investigación y documentación
Pagos a intermediarios
Honorarios
Primas de seguros.

5. Transporte y desplazamiento

Transporte del personal
Gastos de viaje y mudanzas
Fletes y transporte relativos a las compras
Fletes y transporte relativos a las ventas.

6. Gastos diversos de gestión

Publicidad
Suministros de oficina
Teléfono, télex y correo
Documentos legales y litigios
Donativos y contribuciones
Costo de asambleas y reuniones.

Capítulo IV

CRITERIOS PARA ESCOGER PROYECTOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA

ÍNDICE DEL CAPÍTULO IV

INTRODUCCIÓN 121

1. EL CRITERIO DEL BENEFICIO ACTUALIZADO 123

1.1. *El concepto del valor presente descontado o valor actualizado* 123
1.2. *Definición del criterio del beneficio actualizado y problemas prácticos de su aplicación* 130

1.2.1. Definición y modo de calcular el beneficio actualizado 130
1.2.2. Enunciación del criterio del beneficio actualizado 132
1.2.3. Problemas prácticos para calcular el beneficio actualizado 139
1.2.4. El cálculo del beneficio actualizado relativo 149
1.2.5. La incidencia de la inflación al evaluar proyectos 149

2. OTROS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE INVERSIONES 151

2.1. *La tasa media (o interna)* de rentabilidad 151

2.1.1. Definición 151
2.1.2. Comparaciones con el criterio del beneficio actualizado .. 152
2.1.3. Conclusión sobre el empleo del criterio de rentabilidad media 155

2.2. *El periodo de recuperación* 155

2.2.1. Definición y método para calcularlo 155
2.2.2. Ventajas 158
2.2.3. Inconvenientes 158
2.2.4. Conclusión 159

2.3. *Criterios de rentabilidad derivados del análisis contable* 159

2.3.1. Definición 159
2.3.2. Ventajas 161
2.3.3. Inconvenientes 161

3. Consideraciones no cuantificables al elegir un proyecto desde el punto de vista de la empresa 162

Conclusión 163
Bibliografía 166
Apéndice 169

Lista de cuadros y gráficas

Cuadros

IV. 1. Registro de los beneficios brutos 125
IV. 2. Cálculo del beneficio actualizado a tasas del 10 y del 14 % 153
IV. 3. Registro de ingresos y gastos 156
IV. 4. Características de los proyectos 157
IV. 5. Proyección de las cuentas de pérdidas y ganancias de una fábrica y cálculo de la tasa de rentabilidad contable. Primeros cuatro años de funcionamiento 160

Gráfica

IV. 1. Beneficio actualizado como una función de la tasa de descuento .. 154

INTRODUCCIÓN

En una primera etapa del trabajo se analizaron las perspectivas de venta de los productos obtenibles con el proyecto considerado. Así, existe la posibilidad de elaborar un cuadro que muestre, con más o menos exactitud, la cantidad y el valor de las ventas para cierto número de años y quizá también su desglose geográfico, en especial entre los mercados del país y los de exportación.

El segundo paso consistió en verificar que la producción prevista fuese posible desde el punto de vista técnico, en términos de las necesidades de materias primas, energía, personal directivo, mano de obra, equipo, etcétera. Fue posible estimar de manera preliminar los costos iniciales de construcción, de equipo y de funcionamiento, como una función de la escala del proyecto y del monto previsto de producción. En algunos casos, se encontró que dicho monto podría obtenerse con diferentes equipos y a distintos costos.

En definitiva, las dos primeras fases del estudio permitieron elaborar un cuadro que daba por lo menos una idea aproximada de los ingresos y gastos anuales (primero gastos de inversión y luego de operación) correspondientes a cada hipótesis respecto al equipo y a la evolución previsible de las ventas. Se tienen, así uno o más presupuestos de ingresos y gastos,[1] escalonados a lo largo de varios años (de 5 a 20 y aún más en el caso de algunos proyectos que requieren mucho capital). Tales cuadros pueden representarse mediante ejes coordenados: en la gráfica de la página 122 se mide el tiempo en el eje horizontal, en tanto que en el vertical figura la diferencia entre los ingresos y los gastos anuales, esto es, el beneficio bruto o flujo de efectivo. La inversión, conforme a este enfoque, se convierte en un intercambio a lo largo del tiempo entre la erogación inmediata para adquirir la planta y los ingresos futuros que se derivarán de explotarla.

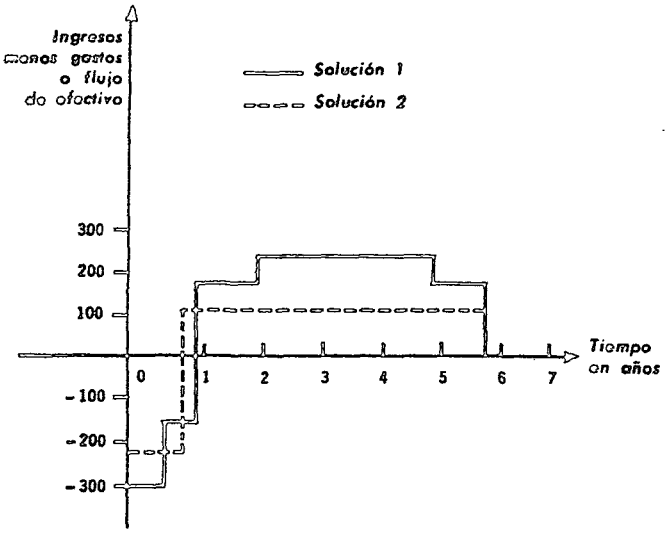
Surgen así las siguientes preguntas:

[1] En este capítulo el término "gasto" se refiere a la inversión real y a los gastos de operación, esto es, a la salida de dinero de la caja de la empresa en el momento en que ocurre. Se excluye la depreciación porque representa un cargo en la cuenta de pérdidas y ganancias, mas no una salida de dinero, ya que ésta se realizó al efectuarse la inversión.

– De las posibilidades varias que se presentan, ¿cuál es la "mejor", según ciertos criterios todavía no definidos?
– Definida la "mejor" solución ¿resultará suficientemente productiva como para justificar el gasto inicial?

Así, lo que se busca es un criterio que dé clara respuesta a las preguntas anteriores. Un buen criterio debería:

– resumir en una sola cifra toda la información necesaria para tomar la decisión correcta;
– ser aplicable a cualquier tipo de proyecto de inversión;
– prestarse a un cálculo rápido y directo.



Antes de proseguir la búsqueda de tal criterio, conviene aclarar el enfoque particular que se adoptará: al comparar ingresos y gastos prevalecerá un punto de vista puramente económico. No quiere decirse con ello que tal criterio para examinar proyectos deba ser el único. Los factores sociales, humanos y políticos, las condiciones de seguridad y prestigio, intervienen también en la selección de proyectos (la manera de considerar el punto de vista de la sociedad en las decisiones de inversión se analiza en otro libro).* Acaso sea legítimo realizar operacio-

* *Estudio social del costo-beneficio en la industria de países en desarrollo. Manual de evaluación de proyectos*, que el CEMLA prepara para su publicación en español. (N. del Ed.)

nes poco o nada rentables en el plano puramente financiero o proyectos cuyo rendimiento resulte difícil de medir. Aun en esos casos es muy importante que las decisiones se adopten con conocimiento de causa, es decir, con plena noción de los costos de tales empresas. Y la única manera de averiguarlos es mediante el análisis económico.

De esta suerte, la primera parte de este capítulo se consagra al tratamiento detallado de un criterio de decisión que responda a las condiciones establecidas: el criterio del beneficio actualizado, que se definirá antes de abordar los problemas prácticos de aplicación.

En la segunda parte se presentan otros criterios de selección utilizados con frecuencia y se comparan con el beneficio actualizado.

La tercera y última parte versa sobre los elementos no exclusivamente económicos de la selección de proyectos o sobre los que, en todo caso, son difíciles de cuantificar.

1. EL CRITERIO DEL BENEFICIO ACTUALIZADO

Se presentará, primero, el concepto de actualización o de descuento, que permite comparar los ingresos y gastos en el curso de un prolongado periodo. En seguida se deducirá el criterio propiamente tal del beneficio actualizado en las diferentes formas como puede utilizársele, según el contexto en el que el proyecto se inserte. Esta elección entre modalidades diversas resulta especialmente importante desde el punto de vista del financiamiento del proyecto.

Por último, se analizarán los problemas prácticos a los que se enfrenta la empresa al aplicar dicho criterio.

Cabe advertir que cualquier análisis realizado con la óptica propia de la empresa puede trasponerse al punto de vista de la sociedad. El método sigue siendo el mismo, mas acaso difieran los valores numéricos, en tanto se relacionen con los costos, las utilidades o la elección de una tasa de descuento.

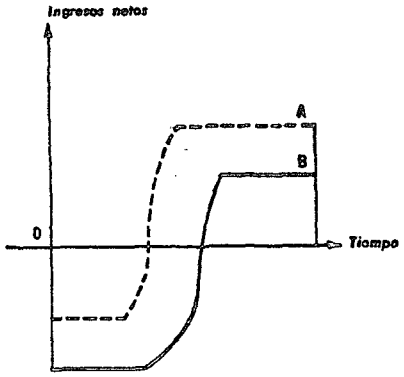
1.1. El concepto del valor presente descontado o valor actualizado

El análisis de un proyecto de inversión permite elaborar un cuadro que muestre los ingresos y gastos esperados durante cada año de vida del proyecto y, por tanto, los beneficios que rendirá.

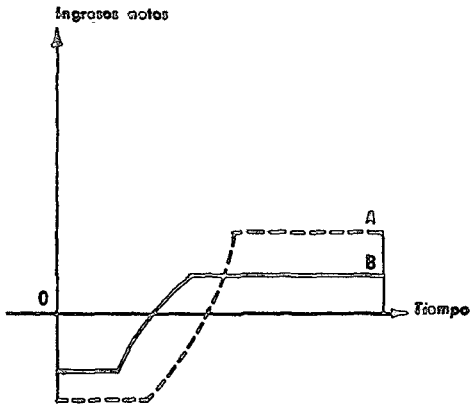
Así, toda inversión es un intercambio entre ingresos futuros y gastos presentes o por venir (véase la gráfica anterior).

La elección entre varias inversiones se reduce a escoger entre diversos presupuestos de ingresos o varios flujos de efectivo. El problema se resolverá sólo si es posible "clasificar" todos los flujos o presupuestos. La comparación entre dos proyectos será fácil si los ingresos netos

del proyecto *A* resultan en todo momento superiores a los del proyecto *B*, como lo muestra la siguiente gráfica:



Sin embargo, el problema se complica si los ingresos son de orden diferente, según distintos periodos (véase la siguiente gráfica).



Este punto puede ilustrarse con un ejemplo numérico. Supóngase que hay que elegir entre tres inversiones cuya vida abarca el mismo lapso (cinco años), que tienen el mismo costo inicial (10 000) y rendimientos aparentemente similares (20 000 de beneficio bruto total en cinco años). Dicho beneficio de 20 000 se distribuye en el tiempo como se indica en el cuadro IV.1.

Cuadro IV. 1

REGISTRO DE LOS BENEFICIOS BRUTOS

AÑOS	PROYECTOS		
	A	B	C
1	6 000	1 000	0
2	5 000	2 000	0
3	4 000	3 000	4 000
4	3 000	7 000	6 000
5	2 000	7 000	10 000
Beneficios brutos totales	20 000	20 000	20 000

¿Cuál es el mejor de los tres proyectos?

Para responder a tal pregunta hace falta comprender que, pese a las apariencias físicas, una unidad monetaria (franco, rupia, peseta o peso) disponible de inmediato y una unidad monetaria de la que se podrá disponer dentro de diez años son dos bienes económicos tan diferentes como un mango y una piña disponibles al mismo tiempo. No pueden sumarse ni compararse directamente. No obstante, en los dos casos puede superarse la dificultad de igual manera: *mediante un sistema de precios*. En los problemas de inversión, el precio que desempeña el papel más importante es la tasa de interés, la cual constituye el vínculo contable entre el presente y el futuro, en tanto que los bienes en que se hace la inversión constituyen su vínculo físico.

De manera precisa, transferir en el tiempo la disponibilidad de un bien dado equivale a intercambiar dos bienes diferentes y la tasa de tal intercambio representa el papel de precio. Si, por ejemplo, la tasa de intercambio se establece entre una tonelada de cemento disponible de inmediato y 1.08 ton. disponible dentro de un año, se dirá que la tasa de interés anual aplicable a la transferencia de la disponibilidad temporal de cemento es:

$$\frac{1.08 - 1}{1} 0.08 = 8\,\%$$

En otras palabras, una tonelada de cemento prestada durante un año rinde a su propietario un "interés" de 80 Kg, que recibirá además de la cantidad original que prestó.

La tasa de interés, tal como se ha descrito, no es universal en cuanto a su naturaleza, sino que varía de acuerdo con el tipo de los bienes que se consideren. Éstos mejoran o se deterioran con el tiempo (el

vino, los productos alimenticios); o pueden aumentar de valor o depreciarse, aun cuando su calidad siga siendo la misma. Por otra parte, los préstamos casi siempre se conciertan en dinero, de suerte que, conforme a todas estas consideraciones, la expresión "tasa de interés" se reserva generalmente a los intercambios de sumas de dinero disponibles en épocas o momentos diferentes. Esta simplificación, conveniente cuando se trata de acervos de bienes, lo es más cuando se manejan proyectos productivos cuya realización requiere una amplia variedad de bienes y servicios, con valores que sólo pueden compararse en términos monetarios.

En el mercado de capitales, "una unidad monetaria inmediata" puede cambiarse por "$1 + i$ unidades dentro de un año". El número i es positivo en la gran mayoría de los casos, no por necesidad lógica, sino porque las más de las personas y empresas prefieren "1 unidad monetaria inmediata" a "1 unidad monetaria dentro de un año", y es necesario ofrecerles alguna remuneración o premio para que acepten el cambio; i es la tasa de interés anual que rige en el momento.

Admítase que esta tasa de interés i continúa vigente en el curso de los años. Una unidad monetaria disponible hoy, podrá cambiarse por $1 + i$ unidades monetarias dentro de un año, $1 + i)^2$ unidades dentro de dos años, $(1 + i)^3$ dentro de tres años y $(1 + i)^p$ dentro de p años.

Al contrario, una unidad monetaria dentro de un año equivale a $\frac{1}{1+i}$ unidades monetarias disponibles hoy, y una unidad monetaria dentro de p años es equivalente a $\frac{1}{(1+i)^p}$ unidades monetarias disponibles hoy.[2]

De esta manera se puede reducir una serie de ingresos anuales futuros, Y_0, $Y_1 \cdots Y_p$, a una sola cifra.

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1}{1+i} + \frac{Y_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{Y_p}{(1+i)^p}$$

Esto permite resolver el problema mencionado al principio del capítulo, de comparar varios presupuestos colocándolos en orden de pre-

[2] En teoría es posible definir una tasa de actualización variable en el tiempo; sea i_1 para el primer año, i_2 para el segundo, e i_p para el p iésimo. Entonces se tiene:

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1}{1+i_1} + \frac{Y_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \cdots + \frac{Y_p}{(1+i_1)(1+i_2)\cdots(1+i_p}$$

Sin embargo, en la práctica sólo se utilizan tasas constantes.

ferencia conforme al valor presente más alto o más bajo, según se trate de ingresos o de gastos.

La tasa de actualización se utiliza aquí no como un instrumento que asegure el mayor rendimiento a un inversionista eventual, sino como una criba económica entre varios proyectos que no pueden realizarse simultáneamente por razones técnicas o financieras. Cualquiera que sea el sistema social imperante, es indispensable utilizar de manera óptima los recursos escasos, esto es, el capital y los hombres. Para ello, deben resolverse sin cesar problemas como los siguientes:

— ¿Qué resultará más conveniente, sustituir una máquina usada por otra de segunda mano que sólo durará diez años o esperar uno o dos años más y comprar una máquina nueva mucho más perfeccionada, con vida útil de quince años?
— ¿Será mejor renunciar a las cosechas anuales de trigo o de otro cereal en cierto terreno para plantar árboles frutales y obtener después un ingreso mucho mayor en la misma superficie?
— ¿Convendrá construir una estación generadora de energía cuya capacidad exceda a la demanda actual, pero permita satisfacer su crecimiento durante diez años, o será mejor instalar de inmediato una estación más pequeña (con mayor costo por kilovatio instalado) y otra dentro de cinco años?
— ¿Qué resultará mejor, establecer tres escuelas primarias adicionales o una escuela normal que luego haga posible abrir varias escuelas primarias?

Ninguna de estas preguntas puede contestarse correctamente a menos que exista alguna forma de indicar el valor atribuible *hoy* a un ingreso o gasto futuro. La actualización proporciona dicho valor. Escoger una tasa de actualización o de descuento refleja en definitiva la importancia que las personas, empresas o naciones conceden al futuro. Decir que la tasa de actualización es del 8 % es afirmar que para mí, como individuo, como director de una empresa o como portavoz del gobierno, un dólar hoy en día equivale a 1.08 dólares dentro de un año; y que estoy dispuesto a no gastar mi dinero ahora si confío en recuperar más de 1.08 dólares dentro de un año; al contrario, si no estoy seguro de recibir por lo menos 1.08 dólares al llegar ese término, me inclinaré por gastar mi capital ahora.

Adoptar una elevada tasa de actualización equivale a depreciar con fuerza el futuro, mientras que una tasa baja significa atribuirle un gran valor: un dólar dentro de diez años representa hoy 0.463 dólares si la tasa de descuento es del 8 %, en tanto que representa 0.675 dólares si es del 4 %.

En el caso de una empresa pública, la tasa de actualización se elegirá

previa consulta con el gobierno. En el de una empresa privada, la elección depende de la política general de la compañía: es preciso considerar, por una parte, sus posibilidades actuales y futuras de inversión; por la otra, su situación financiera. Tales elementos dependen, a su vez, de las condiciones imperantes en el mercado nacional de capitales y de las tasas de interés sobre préstamos de diferentes tipos. Esto es evidente cuando se trata de dinero emprestado por la empresa. Pero incluso si ella posee fondos susceptibles de invertir, hay que tener en cuenta las condiciones del mercado financiero, ya que en la medida en que éste sea abierto, existirá para la empresa la posibilidad de prestar sus fondos en lugar de utilizarlos ella misma. Todo esto se desarrolla en el inciso *1.2.3.3.*

Por otra parte, la amplitud del método de actualización muestra bien que puede utilizársele para evaluar inversiones, tanto desde el punto de vista de la empresa cuanto desde el de la sociedad. Los valores numéricos de ciertos ingresos o costos (en especial el valor de la propia tasa de descuento) acaso difieran en ambos casos, pero el método será el mismo.

Modalidades prácticas de cálculo de un valor actualizado. Un ejemplo

El cuadro 1 del apéndice proporciona el valor actual $\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right]$ de una unidad monetaria que se recibirá o gastará dentro de n años, según diversas tasas de interés. En dicho cuadro puede leerse, por ejemplo, que si la tasa de descuento es de 0.08, el valor actual de una unidad monetaria de la que se podrá disponer dentro de diez años es de sólo $\frac{1}{(1.08)^{10}} = 0.463$

El cuadro 2 del mismo apéndice proporciona el valor presente de una suma igual a la unidad monetaria gastada o recibida cada año durante n años o una tasa de descuento igual a i.

Este cuadro se deduce muy fácilmente del cuadro 1.

El valor actual de la suma de $ 1 que se gasta cada año durante n años consecutivos equivale a:

$$S = 1 + \frac{1}{1+i} + \frac{1}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}}$$

Se trata de una progresión geométrica cuya razón es: $\frac{1}{1+i}$

Si ambos lados de la ecuación se multiplican por $1 - \frac{1}{(1+i)^n}$ se tiene:

$$S \times 1 - \frac{1}{1+i} = 1 - \frac{1}{(1+i)^n}$$

Por tanto: $$S = \frac{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}{1 - \frac{1}{1+i}}$$

Si n deviene infinitamente grande, entonces:

$$S = \frac{1}{1 - \frac{1}{1+i}} = 1 + \frac{1}{i}$$

Ejemplo: calcúlese el valor actual de la siguiente serie de ingresos a una tasa de descuento del 8 por ciento.

Año	0	1	2	3	4	5	6	...	p...	...	20
Ingresos	0	500	700	900	1 000	1 200	1 200		1 200		1 200

Se tiene:

$$Y \text{ act.} = \frac{500}{1.08} + \frac{700}{(1.08)^2} + \frac{900}{(1.08)^3} + \frac{1\,000}{(1.08)^4} + \frac{1\,200}{(1.08)^5} +$$

$$+ \frac{1\,200}{(1.08)^6} + \frac{1\,200}{(1.08)^{20}}$$

$$= 462.960 + 600.137 + 714.449 + 735.029 +$$

$$+ \frac{1\,200}{(1.08)^5} \left\{ 1 + \frac{1}{1.08} + \ldots + \frac{1}{(1.08)^{15}} 15 \right\}$$

$$= 2\,512.575 + 816.699 \left(\frac{0.7081095}{0.07407407}\right)$$

$= 2\,512.575 + (816.699 \times 9.559478)$

$= 2\,512.575 + 7\,807.21675$

$= 10\,319.791$, lo que conduce al resultado aproximado de 10 320.*

En la hipótesis de que los ingresos fuesen de 1 200 por plazo indefinido después del vigésimo año, el último término tendría que sustituirse por:

$\frac{1\,200}{(1.08)^5} \times \frac{1.08}{0.08} = 816.699 \times 13.5 = 11\,025.4365$; en ese caso, Y ascendería a 13 538.

Vuélvase al ejemplo de los tres proyectos, al principio del apartado sobre descuento (cuadro IV.1). Puede comprobarse que con una tasa de actualización del 7 %, los valores presentes de los ingresos de los tres proyectos son:

$$Y_A = 16\,954$$
$$Y_B = 15\,461$$
$$Y_C = 14\,972$$

El proyecto *A* resulta el mejor, puesto que el gasto inicial es el mismo en los tres casos.

1.2. Definición del criterio del beneficio actualizado y problemas prácticos de su aplicación

1.2.1. *Definición y modo de calcular el beneficio actualizado*

El método del valor actualizado proporciona un instrumento para comparar diferentes presupuestos de ingresos y gastos, reduciéndolos, mediante el conocimiento de la tasa de descuento, a una sola cifra que considera el monto total de ingresos y gastos, la pauta temporal a la que se ajustan y la duración del proyecto.

En tales condiciones, si:

— I es la inversión inicial supuesta realizada en el año O,

— $Y_1, Y_2, \ldots Y_p, \ldots Y_n$ son los ingresos derivados del proyecto en los años 1, 2, ... p, .. n, durante los cuales se va a explotar,

* En realidad, el método que se emplee para redondear los valores determina pequeñas diferencias en los resultados. El cálculo ejemplificado es bastante completo, pero es preciso no olvidar que habrá diversos resultados según se aproxime en cada etapa de las operaciones o sólo al final. (N. del Ed.)

— G_1, G_2, ... G_p, ... G_n son los costos de operación del proyecto durante los años 1, 2, ... p, ... n, considerados sólo los gastos reales sin depreciación alguna (y sin cargos eventuales por intereses sobre los préstamos contratados para realizar el proyecto, *en caso de que la tasa de actualización sea igual a la tasa real* sobre préstamos de capital); entonces, el valor presente descontado o actual del proyecto, esto es, su beneficio actualizado, será:

$$B = -I + \frac{Y_1 - G_1}{1+i} + \frac{Y_2 - G_2}{(1+i)^2} + \ldots + \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} + \ldots + \\ + \frac{Y_n - G_n}{(1+i)^n}$$

Esta fórmula puede extenderse a los casos en que la inversión no se realiza por completo en el año 0. En ellos la I se considera como la suma de los valores actuales de los gastos de inversión y, eventualmente, de renovación de cierto equipo del proyecto, en el curso de su existencia.

Si I_1, I_2 ... I_p ... I_n son las inversiones realizadas en los años 0, 1, 2 ... p ... n, entonces:

$$I = I_0 + \frac{I_1}{1+i} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \ldots + \frac{I_p}{(1+i)^p} + \ldots + \frac{I_n}{(1+i)^n}$$

Sin olvidar que algunos valores pueden ser nulos, sobre todo al final de la existencia del proyecto.

A menudo, la fórmula del beneficio actualizado se expresa así:

$$B = \sum_{p=0} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} - I$$

El símbolo $\sum_{p=0}$ indica que se suman todos los términos de la forma $\frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p}$ para todos los valores de p desde o hasta n, que representa la duración del proyecto. Este símbolo se lee "suma desde $p = o$ hasta $p = n$ de $\frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p}$."

1.2.2. *Enunciación del criterio del beneficio actualizado*

1.2.2.1. *El criterio del beneficio actualizado en ausencia de limitaciones financieras*

En sentido estricto, la aplicación del método de descuento supone la existencia de un mercado perfecto de capital que satisfaga las dos condiciones siguientes:

— En todo momento hay una tasa uniforme *i*, determinada por la oferta y la demanda de capital. Esta tasa *i* es la misma para prestamistas y prestatarios y la transacción se efectúa sin intermediarios.
— A la tasa *i*, vigente en el mercado, siempre es posible obtener crédito por cualquier cantidad o colocar todos los fondos disponibles.

En esas condiciones, y sin tener en cuenta los problemas del riesgo, resulta lógico seleccionar la tasa de interés del mercado como tasa de actualización. En efecto, como la empresa goza de perfecta libertad para prestar o pedir prestado, la tasa de interés del mercado le permite comparar de manera válida ingresos o gastos en diferentes periodos. Por ejemplo, si la tasa de mercado es del 8 % la empresa, al prestar, transforma $ 100 disponibles hoy en $ 108 disponibles dentro de un año. De igual manera, puede procurarse hoy a crédito $ 100, mediante un desembolso de $ 108 dentro de un año. Así, las posibilidades de la empresa para prestar constituyen las bases de referencia que permiten juzgar sus proyectos de inversión. En otros términos, utilizar la tasa de interés del mercado como tasa de actualización equivale a considerar que prestar dinero en el mercado de capitales es un "proyecto" cuyo valor es nulo.

En consecuencia, si los *proyectos* que se consideran son *todos compatibles entre sí desde el punto de vista técnico*, es decir, que todos son realizables simultáneamente, se pondrán en práctica todos los que tengan un beneficio actualizado positivo con una tasa de descuento igual a la tasa del mercado. La otra solución sería la de prestar el dinero invertido en el proyecto. Pero, como se ha visto, prestar a la tasa de interés del mercado equivale necesariamente a emprender una operación cuyo valor es nulo.

Esta regla supone que los proyectos considerados son independientes entre sí; esto es, que la realización de uno de ellos no modifica la rentabilidad de los otros. Si ciertos proyectos tienen interrelaciones (por ejemplo, una fábrica de calzado y una curtiduría), deben considerarse una por una las diversas hipótesis de realización.

Si hay que elegir entre varios proyectos incompatibles entre sí desde el punto de vista técnico (que no pueden realizarse simultáneamente por razones técnicas: por ejemplo, una presa de 50 metros de alto y otra, en el mismo punto del río, de diferente altura; dos fábricas idénticas, construidas en el mismo lugar en fechas diferentes), y si aún no existen dificultades de financiamiento, se optará por el proyecto que rinda el más alto beneficio actualizado, siempre que sea positivo.

Está claro que al comparar varios proyectos, idénticos desde el punto de vista técnico, y que sólo difieran por sus fechas de realización, no siempre será posible suponer independientes los flujos de ingresos y gastos respecto a dichas fechas: con el tiempo el sistema de precios se deforma y, por lo general, habrá que tener en cuenta ese hecho.

1.2.2.2. *El criterio del beneficio actualizado cuando es imposilbe emprestar*

Resulta evidente que no son muy realistas las hipótesis del inciso anterior. Mas el método de descuento, en la medida en que sólo expresa el valor actual que asignamos a los beneficios futuros, conserva su validez con independencia de tales supuestos restrictivos. Empero, conviene modificarlo de acuerdo con ellos.

Admítase, primero, que se dispone de una cantidad máxima fija para invertir (el presupuesto de inversión) durante cierto periodo y que todos los proyectos elegibles pueden concluirse en ese lapso. En segundo lugar, supóngase que dicho periodo es lo bastante corto como para no requerir la actualización de los gastos que se limiten a él. Estas hipótesis, todavía menos realistas que las del inciso anterior, resultan muy útiles para propósitos de exposición.

Supóngase también que todos los proyectos son compatibles entre sí. Tal es el caso de una compañía de cartera con actividades en varios campos; asimismo, es el de un organismo de desarrollo cuyos recursos limitados lo obligan a invertirlos de la manera más redituable en diversos proyectos que se le presenten.

Puede ocurrir que los proyectos con beneficio actualizado positivo (a una tasa de descuento determinada), excedan al presupuesto de inversión. En estas circunstancias, existen dos maneras de limitar el número de proyectos:

— Elevar la tasa de descuento. Ello reduciría el número de proyectos que presentan un beneficio actualizado positivo; así, la tasa se puede aumentar hasta que la cantidad de proyectos corresponda exactamente a las posibilidades presupuestarias.

— Sin elevar la tasa de descuento, elegir los proyectos con mayor valor actual respecto al gasto de inversión (la relación $\frac{B}{I}$ más alta, según los símbolos del inciso *1.2.1*), hasta que se agoten los créditos del presupuesto.

Los partidarios del primer método argumentan que la única consideración que cabe tener en cuenta al elegir una tasa de actualización es la escasez de fondos para invertir durante el periodo actual. La validez de su alegato se capta mejor si se observa que con, el método, la tasa de descuento se eleva hasta que el beneficio actualizado del proyecto marginal sea nulo. Por definición, esta tasa de descuento es entonces igual a la tasa interna de rentabilidad del proyecto marginal.[3] En otras palabras, el método asegura que al elegir entre proyectos compatibles se logre la máxima rentabilidad de la inversión.[4]

Sin embargo, la argumentación del párrafo anterior no es concluyente. Se comprenderá por qué al captar exactamente lo que implica la diferencia entre los métodos. La utilización del segundo de ellos presupone que se da un valor relativamente más alto a los ingresos netos por percibir en el futuro lejano y un valor relativamente menor a los ingresos netos más inmediatos.

Un ejemplo muy sencillo ilustra este punto. Supóngase que una empresa dispone de un capital igual a 1 para invertir en el año 0 (recuérdese que, por hipótesis, no puede emprestar) y que sólo hay dos proyectos posibles, cada uno de los cuales utiliza exactamente una unidad de inversión. Uno de los proyectos produce un único ingreso neto de 2 en el año 5; el otro, un solo ingreso neto de 3 en el año 10, como lo muestra la siguiente tabla:

[3] La tasa interna de rentabilidad se define como el valor de i que satisface la ecuación: $\sum_{p=0}^{n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} - I = 0$. Esta cuestión se examina con más detalle en el apartado 2.1.

[4] Si algunos de los proyectos que se consideran son incompatibles, la elección entre ellos no puede realizarse sobre la base del que tenga la rentabilidad superior. Explicaciones adicionales sobre esto se encuentran en el *inciso 2.1.2*. Cuando se trata de una combinación de proyectos compatibles e incompatibles, puede considerarse que las observaciones anteriores se refieren a la elección entre todas las series de proyectos compatibles con respecto a un presupuesto dado. Quizás algunas de estas series puedan eliminarse de inmediato, en virtud de que el gasto que implican excede al presupuesto. Es posible realizar la elección entre las restantes de acuerdo con los mismos principios aplicables a proyectos individuales. La única diferencia es que se trata de series y no sólo de proyectos individuales eliminados a medida que se eleva la tasa de actualización.

Proyecto	Año 0	Año 5	Año 10	Tasa interna de rentabilidad
A	− 1	+ 2		13.8 %
B	− 1		+ 3	11.6 %

Si la tasa de actualización es superior al 11.6 %, sin duda se elegirá el proyecto *A*. Pero con una tasa menor, digamos del 7 %, aumenta la importancia que adquiere el ingreso neto de 3 en el año 10, en relación al de 2 en el año 5. Así, con una tasa del 7 % el valor actual de *A* es el siguiente:

$$\frac{2}{(1.07)^5} - 1 = \frac{2}{1.4} - 1 = 0.43$$

El valor actual de *B* es:

$$\frac{3}{(1.07)^{10}} - 1 = \frac{3}{1.97} - 1 = 0.53$$

y se escogerá este último proyecto.

Por tanto, se plantea la interrogante de si *B* es necesariamente peor para la empresa que *A*. La respuesta depende del destino que la empresa quisiera y pudiera dar al ingreso del 2 del proyecto *A*, después de finalizarlo en el año 5. Ahora bien, si la empresa fuese capaz de invertir este dinero y de obtener un ingreso neto mayor que 3 en el año 10, el proyecto *A* representaría necesariamente la mejor elección. En el caso de que se trata, la empresa optaría por *A* si pudiese reinvertir el dinero a modo de obtener un rendimiento (o tasa interna de rentabilidad) del 8.4 % o más. Tal rendimiento es muy inferior al que puede obtener ahora (13.8 %), pero probablemente superior al que lograría si prestase el dinero en el mercado. Así pues, si la empresa piensa que dentro de 5 años tendrá abundantes recursos financieros y que escasearán las buenas oportunidades de inversión, es posible que *B* sea aún la mejor variante, a pesar de su menor rendimiento.

Queda claro que para elegir proyectos en función de cierto presupuesto fijo de inversión, no siempre conviene elevar la tasa de rentabilidad hasta que quede un número suficientemente reducido de proyectos con un beneficio actualizado positivo. Precisa tener en cuenta las perspectivas financieras de la empresa, así como las de otro tipo, después del periodo intermedio.

Resulta también que la mejor manera de elegir no siempre es la de clasificar proyectos, incluso si son compatibles de acuerdo con su tasa

de rentabilidad. Además, como se explicará en el inciso 2.1.2, este método no es idóneo en el caso de proyectos incompatibles.

En conclusión, el método aplicable con mayor generalidad es el que consiste en calcular el beneficio actualizado a partir de los gastos de inversión, después de haber escogido la tasa de descuento conveniente. Esta elección se estudia con mayor detalle en el inciso 1.2.3.3. Baste precisar aquí cuán excepcional resulta que la mejor tasa de actualización sea muy inferior a la tasa interna de rentabilidad del peor proyecto elegido. Aunque sea sólo por esta razón, conviene siempre calcular la tasa interna de rentabilidad de los proyectos al igual que su beneficio actualizado.

Es importante advertir que la validez de este procedimiento exige que los proyectos sean no solamente compatibles, sino independientes; es decir, que el monto de los ingresos y los gastos no debe variar en forma muy significativa según se elija o no otro proyecto. Si tal no es el caso, y existe estrecha interdependencia entre dos proyectos, es forzoso agregar a la lista otro de carácter mixto, que incluya a los dos primeros. Supóngase que hay tres proyectos con las siguientes características:

>	Inversión inicial	Beneficio actualizado
B_1	1	1 si no se elige B_2 2 si se elige B_2
B_2	1	2 si no se elige B_1 3 si se elige B_1
$B_1 + B_2$	2	5
B_3	2	4

Si existen disponibles dos unidades para la inversión inicial y no se tiene en cuenta la interdependencia, sería erróneo escoger B_3. Esto se evita al agregar el proyecto mixto $(B_1 + B_2)$. Es importante subrayar que con mucha frecuencia las diversas inversiones consideradas no son independientes sino complementarias o competitivas: construir una fábrica de cemento que utilice escoria de alto horno puede aumentar la rentabilidad de una siderúrgica (inversión complementaria); establecer una empresa que produzca muebles de metal acaso disminuya la actividad y, por ende, la rentabilidad de otra que los haga de madera (inversión competitiva).

Algunos o todos los proyectos compatibles que figuren en una lista quizá sean resultado de una selección previa en otro enlistado de proyectos incompatibles. En muchos casos se puede elegir en una lista tal de incompatibles el proyecto con el más alto beneficio actualizado agregado por unidad de inversión (T) e incluirlo en la lista de los compatibles. Pero este procedimiento no necesariamente aportará la respuesta correcta, si sólo hay unos cuantos proyectos de vastas dimensiones con respecto al presupuesto.

A guisa de ejemplo, supónganse cuatro proyectos A_1, A_2, B_1 y B_2. Los proyectos A son incompatibles entre sí, mas cualquiera de ellos es compatible con uno u otro de los B y éstos son compatibles entre sí. Presúmase, asimismo, la independencia de los proyectos compatibles. La información pertinente es como sigue:

Inversión inicial	Beneficio actualizado (a la tasa de descuento elegida)	$\frac{\text{Beneficio actualizado}}{\text{Inversión inicial}} = T$
$A_1 > 2$	4	2.00
$A_2 > 8$	9	1.12
$B_1 > 4$	4	1.00
$B_2 > 8$	6	0.75

No se elige necesariamente el proyecto que ofrezca el mayor valor de T entre los incompatibles (A_1). De esa suerte, si el capital disponible para inversión inicial es de 8 unidades, se escogerá el proyecto A_2. Por otro lado, si se tienen 12 unidades, se elegirá la combinación $A_2 + B_1$. Asimismo, B_1 no siempre tendrá preferencia sobre B_2. De tal guisa, si se dispone de 10 unidades, la mejor combinación será $A_1 + B_2$.

1.2.2.3. *Atenuación de las hipótesis relativas a la fijeza de los fondos disponibles para inversión*

La situación antes descrita, en la que quizá resulte incorrecto incluir el proyecto que tenga el mayor valor de T, se debe en gran medida al carácter poco realista de los supuestos adoptados.

En primer lugar, en condiciones normales una empresa por lo general no determina su tope máximo de inversión con tal rigidez. Aun cuando le sea difícil obtener crédito, normalmente lo conseguirá. En segundo lugar, no es necesario efectuar todos los gastos de capital de un proyecto durante el periodo de inversión en curso. El comienzo del proyecto puede diferirse para que parte de la inversión se efectúe en el periodo siguiente (y a menudo la rentabilidad de un proyecto se eleva por el hecho de diferirlo). Por estas dos razones, es muy poco probable que resulte correcto excluir un proyecto pequeño con el valor más elevado de T, como se eliminó A_1 en el ejemplo anterior, cuando los fondos disponibles alcanzaban ciertos montos.

Por lo general, la mejor solución consiste, según parece, en elegir proyectos con la magnitud más alta de T y luego ampliar el presupuesto mediante créditos o retrasar la fecha de iniciación de ciertos proyectos, especialmente aquellos cuyo valor sea susceptible de aumentar al dife-

rirlos. Si acaso en teoría esta solución no es perfecta en algunos casos, no por ello deja de ser una buena regla general. De cualquier manera, no existe una teoría general que permita la programación óptima de las inversiones durante un largo periodo.

1.2.2.4. *Beneficio actualizado y dividendos*

Una empresa es propiedad de los accionistas; así, con toda lógica, el punto de vista de aquella debe coincidir con el de éstos. A los ojos de los accionistas, las transacciones que tienen lugar durante la vida del proyecto adoptan la siguiente forma:

- La suscripción del capital inicial y de los sucesivos aumentos de él, si ocurren;
- el cobro de dividendos.

Así, los accionistas pueden calcular su *propio* beneficio actualizado, igual al valor presente de las diferencias anuales entre los dividendos y las suscripciones de capital. A este valor se le llama *valor contable actual*. Surge entonces una pregunta muy importante:

¿Hay identidad entre el *valor contable actual* y el *beneficio actualizado de la empresa*, definido como el valor presente de las diferencias anuales entre los ingresos y los gastos (de operación o de inversión)? La respuesta es afirmativa si se acepta un conjunto relativamente amplio de hipótesis, en particular la existencia de una tasa de interés del mercado. Esta solución positiva justifica lo expuesto en los párrafos precedentes.

Por el contrario, ¿qué sucede cuando la tasa de interés del mercado no es única? Los accionistas adoptan implícita o explícitamente cierta tasa de actualización que permite determinar el valor contable actual. Dicha tasa es inferior o superior a aquella a la cual se obtuvo el crédito para el proyecto. Se puede mostrar, entonces, que el valor contable actual sólo equivale al beneficio actualizado si este último se calcula con la tasa de descuento adoptada por los accionistas. Con respecto a ella, las operaciones crediticias de la empresa resultarán en *ganancias* o *pérdidas financieras*, que deben considerarse en el cálculo del beneficio actualizado.

La equivalencia entre los conceptos del valor contable actual y del beneficio actualizado de la empresa hace que, en ciertos casos, sea más sencillo adoptar de una vez el punto de vista de los accionistas y calcular los dividendos. Esta es la solución aplicada en los casos 1 y 4. Claro está que para obtener el valor contable actual precisa determinar la depreciación, a fin de sacar las utilidades netas y, una vez fijados los dividendos, asignarles destino a las utilidades netas no distribuidas.

Cabe suponer, por ejemplo, que esas utilidades no distribuidas se colocan a determinada tasa de interés. En tal caso resultan dos consecuencias: primera, se ganan intereses, susceptibles de volverse a prestar o de incluirse en las entradas del proyecto; segunda, en el año en que concluya éste debe realizarse el valor total de dichas utilidades e incluirse en los ingresos.

Observación importante

Además del supuesto —ya hecho explícito— de un mercado perfecto de capitales, los cálculos de actualización suponen un conocimiento cabal del futuro; en otras palabras, implican que pueden calcularse de antemano los ingresos y egresos de cada proyecto propuesto.

Tal hipótesis no es realista. Técnicas especiales se han elaborado para considerar las incertidumbres futuras, las cuales se tratarán en el siguiente capítulo de este *Manual*. En él se analizarán los riesgos por errores de estimación al calcular ciertos parámetros técnicos o económicos. Sin embargo, cabe advertir que, incluso en tales casos, la técnica de la actualización conserva su carácter de instrumento indispensable para asignar valores presentes a los ingresos esperados en diversas situaciones.

1.2.3. *Problemas prácticos para calcular el beneficio actualizado*

El cálculo del beneficio actualizado supone conocidos los siguientes datos:

— Los ingresos y gastos de inversión y de operación,
— el lapso que abarcarán las estimaciones,
— la tasa de actualización.

Se examinarán estos puntos sucesivamente, complementados por dos notas sobre los cálculos del beneficio actualizado relativo y del beneficio actualizado en una situación inflacionaria.

1.2.3.1. *Cálculo de los ingresos y gastos cuando se tienen en cuenta las inversiones y los cargos financieros*

La previsión de ingresos y gastos de un proyecto exige muchas precauciones, a fin de acercarse lo más posible a la realidad. Baste indicar aquí que los ingresos y los gastos de la empresa se considerarán en el momento en que de hecho se reciban o paguen. Aplicar este principio al conjunto de los ingresos y gastos de operación de la empresa no entraña dificultad alguna. Se necesita ser explícito en dos campos relacionados entre sí: computar la inversión y los cargos financieros.

Las inversiones se tendrán en cuenta en el momento de pagar a los abastecedores del equipo. Los cargos por depreciación, que aparecen en la cuenta de pérdidas y ganancias, pero que no representan realmente una salida anual de dinero, se excluirán del renglón de gastos. Incluirlos significaría actualizar dos veces los gastos de inversión (menos los cargos financieros).

El grado en que se tengan en cuenta los *cargos financieros* (reembolso del capital emprestado y pago de intereses) variará de acuerdo con la vigencia —por lo menos como una primera aproximación— del supuesto de un mercado perfecto de capitales.

Supóngase que existe un mercado financiero en el que se puede obtener y otorgar crédito a una tasa única, igual a la tasa de actualización i de la empresa. En la hipótesis de competencia perfecta, considérese después una inversión igual a I, financiada en parte con los propios fondos F de la empresa, y en parte mediante un préstamo E, pagadero en n años y conseguido a la tasa i, siendo n igual (aun cuando no necesariamente), al periodo cubierto por los cálculos de actualización.

Sea a_p la anualidad total cubierta por la empresa en el año p, formado por la suma de e_p, pago del principal correspondiente al año p, más j_p, pago de intereses durante el mismo lapso.

Por definición, las anualidades son:

$$E = \sum_{p=0}^{p=n} \frac{e_p + j_p}{(1+i)^p} = \sum_{p=0}^{n} \frac{a_p}{(1+i)^p}$$

Si Y_p y G_p son, respectivamente, los ingresos y los gastos de operación, sin contar los cargos financieros del año p, el beneficio actualizado total será (véase el inciso *1.2.1*):

$$B = \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} - I$$

$$\text{ó } I = F + E = F + \sum_{p=0}^{n} \frac{a^p}{(1+i)^p}$$

$$\text{De donde } B = \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p - a_p}{(1+i)^p} - F$$

Esta ecuación muestra claramente que sólo cabe englobar los cargos financieros si el gasto correspondiente de inversión inicial no se ha

incluido. Es mucho más sencillo tomar el gasto total de inversión, cualquiera que sea la forma de financiamiento, y luego las expensas de operación omitiendo los cargos financieros y por depreciación. El resultado muestra que si el supuesto de la perfección del mercado de capitales se verificase, y en ausencia de un tratamiento fiscal diferente para los fondos propios de la empresa y para el capital conseguido en préstamo, no importaría qué modalidad de financiamiento se hubiera utilizado.

Mas en realidad, vista la naturaleza imperfecta de los mercados de capital, la tasa de actualización utilizada por la empresa podría no ser igual a la tasa de interés a la que se empresta para el proyecto.

Se trata ahora de saber si E debe valuarse a la tasa r de interés del mercado o a la tasa de actualización de la empresa. En efecto, hay que elegir entre dos fórmulas:

$$B = \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} - \sum_{p=0}^{n} \frac{a_p}{(1+r)^p} - F \qquad \text{(Fórmula 1)}$$

$$B = \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p - a_p}{(1+i)^p} - F \qquad \text{(Fórmula 2)}$$

En cambio, si la tasa de interés sobre el préstamo es menor que la tasa de actualización i, lo cual es probable,[5] se tiene:

$$\sum_{p=0}^{p=n} \frac{a_p}{(1+r)^p} > \sum_{p=0}^{n} \frac{a_p}{(1+i)^p}$$

de donde se sigue que la segunda fórmula da un valor actual más elevado. Esto obedece al hecho de que el costo actual de las entregas financieras futuras a cuenta del préstamo resulta inferior al monto de éste. Lógicamente, de acuerdo con los principios de la técnica de actualización, hay que concluir que la segunda fórmula es correcta. No obstante, la primera se utiliza a menudo, lo que puede justificarse de la siguiente manera: cabe imaginar que la empresa se compone de dos partes, una sección industrial y otra financiera.[6]

La "sección industrial" utiliza capital proporcionado por la "sección financiera" de la empresa, a una tasa de interés única, equivalente a la

[5] Véase en el inciso 1.2.3.3 el tema de la elección de la tasa de descuento de la empresa.

[6] Esta idea se debe al señor Boiteux, "Comment calculer l'amortissement", en *Revue d'Économie Politique*, París. 1955.

tasa de actualización que juzgue aceptable la directiva de la compañía. La parte industrial calcula la rentabilidad en función de esta tasa y determina así sus necesidades de capital. El servicio financiero se encarga en seguida de obtener los recursos necesarios, mediante el uso más eficaz posible de las facilidades que ofrezca el mercado de capitales. La diferencia entre las tasas a que se presta y se pide prestado y la tasa de actualización, corresponde a ingresos o gastos financieros que no deben intervenir en el cálculo de la rentabilidad de las inversiones de la empresa. Semejante concepción justifica los cálculos que excluyen los cargos financieros.

Tal es el espíritu en el que se basan los estudios de casos: el número 2, de una fábrica de cemento; el número 3, de un yacimiento de sulfato de sodio, y el número 4, de una fábrica de pulpa de papel, que aparecen en la segunda parte de este *Manual* (Fórmula 1).

Otra posibilidad consiste en tomar en cuenta las diferencias entre la tasa de actualización y las tasas de interés sobre préstamos (Fórmula 2). Para cálculos más exactos, se deben considerar los siguientes puntos:

Ingresos:

- La suma de los préstamos al ser reembolsados a la empresa;
- los intereses recibidos por la colocación de activos líquidos de la empresa;
- los reembolsos del capital de la empresa invertido fuera de ella.

Gastos:

- El monto del interés pagado a los prestamistas;
- el valor de los pagos del capital, en las fechas en que efectivamente se haga el desembolso;
- cualquier inversión financiera que se realice.

El valor de todos los flujos financieros que entren y salgan de la empresa se actualiza hasta el presente. Como los préstamos concedidos a la empresa constituyen entradas de efectivo, también deben considerarse, y su valor calcularse, igual que el de otras corrientes.

Mediante este procedimiento se tienen en cuenta los ingresos y gastos financieros: el valor actual, calculado al 8 %, de las anualidades de un préstamo obtenido al 5 % de interés, será inferior al monto inicial del crédito, de suerte que el proyecto habrá logrado una utilidad financiera.

Un tercer método, parecido al anterior, consiste en adoptar el punto de vista de los accionistas de la empresa, en el supuesto de que tienen una tasa común de actualización. Se elaboran luego las previsiones de

los estados de pérdidas y ganancias, los balances y los estados anuales de efectivo, así como de los dividendos. El siguiente paso será el de comparar el valor actual de las utilidades distribuidas y de otros ingresos de los accionistas (reembolsos de capital, el valor de liquidación de la empresa, etc.), con el capital inicialmente comprometido. Sólo será rentable el proyecto si el valor presente descontado de los ingresos futuros supera al del capital inicial. Este método se utiliza en los estudios de casos núm. 1 (fábrica de lana y estambre) y núm. 4 (expansión de una fábrica de pulpa de papel). Por lo general, el inconveniente de este método radica en su dependencia de la política de distribución de dividendos que se siga, la cual puede producir un efecto distorsionador entre los proyectos en el caso de una empresa o de una sociedad por acciones que tenga varios de ellos. En tal circunstancia, la política de dividendos se debe aplicar a los proyectos como un todo y no sólo reflejar las particularidades de cada uno.

1.2.3.2. *El periodo de actualización*

Un argumento que frecuentemente se esgrime contra el método de actualización consiste en que éste supone que es posible predecir las entradas y erogaciones de la empresa durante toda su vida. No cabe duda que en algunos casos resulta difícil elegir el periodo más conveniente que deben abarcar los cálculos de actualización.

Antes que nada, cabe advertir que siempre que sea necesario comparar dos o más proyectos, *los periodos de los cálculos deben ser idénticos para todos ellos.* Si alguno tiene una vida más breve que los otros, se requieren hipótesis en cuanto al uso que se dará al capital disponible al finalizar el proyecto más corto. Si se van a equiparar dos proyectos, con duración de cinco y diez años, respectivamente, puede suponerse, por ejemplo, que el primero se renovará de manera idéntica después de cinco años. Ya se ha hablado de esto en el primer ejemplo del inciso *1.2.2.2.* Ahí se mostró que la elección del mejor proyecto depende del uso que pueda darse a los ingresos obtenidos al final del proyecto más corto. En tal caso, es posible escoger conforme a supuestos relativos a este ulterior uso de los fondos.

Existen diferentes opciones para elegir el periodo que abarquen los cálculos. Tratándose de un proyecto para explotar recursos naturales disponibles en cantidades limitadas (un yacimiento minero, una cantera, etc.), el lapso escogido debe ser tal que permita agotar el yacimiento, de acuerdo con las reservas conocidas.

Para los proyectos industriales son utilizables dos métodos, según el caso.

El primero consiste en tomar en cuenta un periodo limitado de diez,

quince o veinte años y requiere adoptar una hipótesis sobre el valor del equipo de producción existente al final del tiempo considerado, incluido el valor del terreno y del equipo que aún tenga capacidad productiva. Este valor, en ocasiones difíciles de calcular, debe sumarse al ingreso proveniente del último año de actividad de la fábrica, ya que corresponde, bien al precio que podría obtenerse por la venta de las instalaciones a un comprador ajeno, bien al valor de uso que tendrían si alguien continuara las operaciones una vez terminado el lapso de actualización. En la práctica, se elige a menudo un lapso igual a la duración del equipo de más larga vida de la planta. Así, su valor residual al final del periodo puede considerarse como nulo y todo lo que queda es el valor del terreno y de los edificios, si existen. Conviene advertir que, en virtud de lo prolongado del tiempo, será muy pequeña la influencia sobre la rentabilidad del proyecto de cualquier error al calcular dicho valor residual.

El segundo método consiste en actualizar durante un periodo infinitamente largo, en el supuesto de que el equipo se renovará sin cesar con las mismas características y que las actividades continuarán indefinidamente. Acaso el procedimiento parezca poco realista, pero ofrece las siguientes ventajas:

— Evita el problema de estimar el valor residual de las instalaciones.
— A veces facilita los cálculos en caso de admitirse, como una primera aproximación, que los gastos y los ingresos se estabilizarán a partir de cierta fecha. El cálculo de los valores actualizados al infinito es, en verdad, muy sencillo.

De hecho, ambos métodos conducen prácticamente a los mismos resultados en las más de las oportunidades. El segundo se recomienda, sobre todo, para industrias de bajo crecimiento pertenecientes a sectores con estabilidad de mercado, lento progreso técnico y equipo de larga duración. El primero debe aplicarse en sectores de altas tasas de crecimiento y rápida evolución de mercados y técnicas.

1.2.3.3. *Elección de la tasa de descuento*

El valor actualizado de los beneficios de un proyecto puede calcularse a partir del gasto de inversión y de los beneficios anuales estimados. Sin embargo, el cálculo exige el uso de una tasa de descuento. Esta tasa, elegida por la dirección de la empresa luego de consultar con los diversos departamentos, debe emplearse para estudiar la rentabilidad de todas las inversiones propuestas. Para que se adapte a la situación de la empresa y del mercado de capitales debe revisarse periódicamente. ¿Mas cómo elegirla?

El dinero invertido por la empresa en equipos nuevos proviene de dos fuentes principales:

— el crédito.
— los recursos propios de la empresa, provenientes de su capital o del autofinanciamiento.

La tasa de actualización que se adopte debe ser la misma para todas las inversiones, sin que dependa de la modalidad particular de financiamiento.

Por tanto, debe elegírsela en función de la estructura global del capital de la empresa. Los únicos casos realistas son el de autofinanciamiento total y el de financiamiento mixto mediante préstamos y recursos propios. El financiamiento total mediante préstamos parece un caso teórico, por cierto fácil de resolver una vez conocida la tasa de interés del crédito.

Esto no significa que, aun en esa circunstancias, fuese la tasa de descuento necesariamente idéntica a la de interés del mercado. Dicha igualdad sólo ocurre en un mercado financiero perfecto. Sin embargo, este último sería el factor aislado más importante para estimar la tasa de actualización y constituye para ella un mínimo por debajo del cual no puede caer.

Cuando la inversión se autofinancia, suele argüirse que no es necesario introducir tasa de interés alguna, ya que se trata de fondos propios de la empresa, por ejemplo, reservas de depreciación y de otro tipo. Tal punto de vista no es correcto, porque la empresa podría haber dedicado los fondos que invierte a otros propósitos que le produjeran intereses: liquidación de deudas viejas, préstamos en el mercado de capitales, otras inversiones. Al determinar la tasa de interés, es preciso tener en cuenta las otras posibilidades abiertas a la empresa.

Según el sector de actividad, la situación jurídica de la empresa (algunas corporaciones públicas están obligadas a limitar sus actividades a un sector determinado, tal como la generación y abastecimiento de energía eléctrica, los transportes, etc.), y el dinamismo e inventiva de sus dirigentes, la empresa tendrá la oportunidad de invertir en el mercado de capital disponible a una tasa i_1, o reinvertirlo en la propia planta si existe la posibilidad de obtener un interés i_2, superior a i_1. Más aún, la tasa i_2 suele ser en algunos casos bastante elevada (del 15 al 20 %). Elegir i_2 como tasa de actualización no sólo significará calcular el valor presente de los ingresos y gastos futuros a un nivel determinado, sino que en cierta medida será un albur. Tal elección implica, de hecho, que a una tasa i_2 la empresa tendrá siempre la oportunidad de invertir en proyectos cuyo rendimiento actualizado sea positivo o,

en el peor de los casos, nulo, dado el supuesto de la permanencia de la tasa de rentabilidad del capital invertido en ella.[7]

Cuando la empresa se financia tanto mediante préstamos cuanto con sus propios recursos, el problema parece en gran medida similar. A las dos tasas previamente definidas hay que agregar una tercera, i_3, pagadera sobre empréstitos de capital necesarios para la inversión.

Desde el punto de vista de los accionistas de la empresa, i_2 tendrá que considerarse como la tasa normal de descuento si se espera que las oportunidades futuras de inversión sean tan rentables como en el pasado. Con el hecho de emprestar a una tasa i_3, inferior a i_2, mejora la rentabilidad de los fondos propios, ya que el interés financiero que se paga por el capital emprestado es inferior a la tasa media de beneficio del capital global invertido (empréstitos + fondos propios).

En estas circunstancias ($i_2 > i_3$), un aumento del crédito incrementará los ingresos de los accionistas y tenderá a reducir i_2 hacia i_3 (porque con mayores disponibilidades financieras es posible interesarse en proyectos menos favorables). Mas el incremento del crédito también eleva el riesgo para los accionistas, puesto que el pago de los intereses es un gasto prioritario y los prestamistas pueden hacer que la empresa se declare en quiebra si no los perciben. Por esta razón, no es aconsejable emprestar hasta que i_2 llegue a igualarse con i_3. De aquí resulta que la tasa de descuento será más alta que aquella a la que la empresa obtenga crédito. Si la relación entre i_3 e i_2 se juzga conveniente, i_2 es la tasa adecuada de actualización. Pero si la empresa espera obtener más crédito, habría que elegir una tasa intermedia entre i_2 e i_3.

Cabe también no adoptar el punto de vista de los accionistas, sino considerar estas cuestiones en términos de la inversión total de capital, es decir, desde el ángulo de la sección industrial de la empresa, que obtiene crédito de la sección financiera (véase, en el inciso *1.2.3.1*, la diferencia entre las secciones "industrial" y "financiera") y escoger una tasa intermedia entre i_3 e i_2, habida cuenta de las proporciones entre el capital emprestado y los recursos propios.

Ya se ha mencionado el problema (véase el inciso *1.2.2.2*) que surge por la imposibilidad de financiar todas las inversiones que rindan un beneficio actualizado a una tasa que la empresa juzgue normal. Si esa limitación es permanente, sin duda deberá elevarse la tasa de actualización. Si sólo es temporal, resultaría erróneo conservar una tasa elevada durante todo el periodo cubierto por los cálculos. En teoría, la tasa debe ajustarse en función del tiempo, tomando en cuenta las predicciones pertinentes que pudieran hacerse.

[7] La tasa i_2 mencionada en este párrafo es la tasa interna de rentabilidad del proyecto marginal, cuyo uso fue analizado en el inciso *1.2.2.2*, en el contexto de un presupuesto fijo de inversión.

En suma, cualquiera que sea la modalidad de financiamiento, la elección de la tasa de descuento dependerá de los siguientes factores:

— Las tasas imperantes en el mercado, que pueden variar de acuerdo con los términos de otorgamiento u obtención de crédito (monto, duración, garantías ofrecidas). Referirse a la tasa más alta (la tasa marginal del último dólar emprestado) parece una práctica sana.
— La tasa de rendimiento que cabe esperar en fecha posterior al invertir los fondos líquidos acumulados del proyecto o al reinvertirlos en la empresa.
— *Las características de la empresa:* su tasa de crecimiento y el ritmo lento o rápido de su progreso técnico. Acaso una empresa del campo electrónico deba utilizar una tasa más alta que otra que produzca energía eléctrica o acero. Es necesario entender, en tal sazón, que a la tasa pura de interés se agrega una "prima por riesgo", principio discutible en teoría pero que se aplica en la práctica.
— La importancia que la directiva de la empresa o sus accionistas concedan a los ingresos futuros de ella.

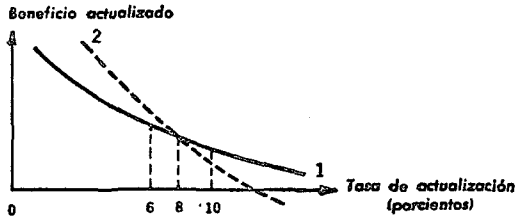
La decisión se basará en estos elementos financieros, técnicos y psicológicos. De hecho, será una *decisión política* adoptada a nivel de la empresa.

Influencia de una variación de la tasa sobre el orden de los proyectos

Nótese que cualquier error en la tasa seleccionada es el mismo para todos los proyectos. Por tanto, bastará estudiar los ajustes de la clasificación que acaso resulten de modificaciones de la tasa dentro de límites razonables. La experiencia práctica muestra que la ordenación de las variantes generalmente no cambia como consecuencia de diferencias de dos o tres puntos en la tasa de actualización, o que si el arreglo se altera, las diferencias en los beneficios actualizados de las diversas soluciones serán pequeñas y a menudo del mismo orden que los errores cometidos al estimar los valores numéricos.

Las curvas que representan el beneficio actualizado en función de la tasa de descuento, forman generalmente al cortarse un ángulo agudo, excepto cuando se refieren a variantes de proyectos que utilizan técnicas fundamentalmente diferentes, tales como una planta térmica de energía frente a una hidroeléctrica. Los estudios de casos de la segunda parte del *Manual* confirman este punto de vista. Esta comprobación experimental suaviza en gran medida la difícil labor en el plano teórico, de elegir una tasa de actualización para la empresa.

Más aún, adviértase que el efecto de un error en la tasa de descuento puede variar considerablemente según el contexto en que ocurra.



A guisa de ejemplo, tres situaciones asaz diferentes son posibles:

- *Se trata de crear nueva capacidad de producción y de elegir, entre varias gamas de proyectos, las mejores variantes.* Por ejemplo, se propone determinar el tamaño óptimo de una presa para una caída de agua. Si la tasa de interés es demasiado alta, se escogerá un proyecto que economice gastos de inversión y se construirá una presa demasiado pequeña, que muy pronto tendrá que complementarse con otra o con una estación termoeléctrica, a fin de satisfacer la demanda. Por desgracia, este tipo de errores, una vez cometidos, tienen carácter definitivo.
- *También se trata de la creación de nueva capacidad productiva y de elegir entre diferentes líneas (una de cuyas soluciones será realizada).* Se requiere, verbigracia, hacer una lista de caídas de agua que deben ser provistas de presas, habiéndose determinado previamente el tamaño óptimo de cada dique. Si la tasa de interés es demasiado elevada, no se llevarán a cabo las soluciones rentables, pero generalmente se conservará la oportunidad de acción futura. Así, la fecha de construcción de una presa podría ser pospuesta. En este caso, la empresa no está obligada a aprovechar todas las oportunidades que se le ofrezcan. Puede optar por beneficios más modestos, pero con menos riesgos.
- *La situación es muy diferente cuando hay que sustituir equipo.* En cualquier caso, esto es algo que se debe hacer tarde o temprano; la tasa de interés solamente sirve para determinar la fecha aproximada de tal renovación material. Escoger una alta tasa contribuye a preservar la situación establecida y a posponer el reemplazo del equipo. Resulta imposible conocer de antemano el sentido de los errores de previsión: la vida del equipo puede estar sobre o subestimada. Tratar de protegerse contra ellos mediante el retraso sistemático de las sustituciones sólo conduce a pérdidas financieras.

Estos pocos ejemplos muestran claramente que, desde un punto de vista económico, no cabe duda de la inconveniencia de aplicar técnicas de cálculo en forma indiscriminada. El método de actualización parece ser el único que considera debidamente la influencia del tiempo. Aplicarlo, empero, exige una reflexión mínima sobre el contexto en que se inserta el proyecto analizado.

1.2.4. *El cálculo del beneficio actualizado relativo*

Con frecuencia será necesario comparar diversas variantes de un proyecto, con base en una de ellas que se toma como referencia. Esta comparación tiene en cuenta únicamente las diferencias de ingresos y gastos de las varias soluciones con respecto a la variante de referencia.

Muchas veces la solución de referencia consiste en mantener la situación inicial.

Este procedimiento, que únicamente requiere estimar las diferencias de ingresos y costos, a menudo es más sencillo que un cálculo completo. Pero sólo se utilizará con propiedad si se cumplen dos condiciones frecuentemente relacionadas entre sí:

- La solución de referencia debe ser realista, más que teórica. Por ejemplo, en muchas ocasiones la solución de "no hacer nada", prevista como referencia, no podrá sostenerse debido a numerosos factores, o sólo se mantendrá a un precio muy elevado que es preciso tener en cuenta.
- La solución de referencia debe ser rentable. De otra manera, una variante cuyo beneficio actualizado relativo fuese positivo con respecto a la solución de referencia, acaso mostrase, en términos absolutos, un beneficio actualizado negativo.

Un ejemplo típico de esta clase de error sería comparar la rentabilidad de una red ferroviaria electrificada con respecto a una de tracción a vapor. Dado que, en cualquier caso, esta última ha sido superada por el equipo diesel, lo que debe compararse es el empleo de máquinas diesel con el de locomotoras eléctricas.

Los cálculos del beneficio relativo suelen utilizarse a menudo en los estudios de rentabilidad por ampliaciones de empresas o para determinar la fecha óptima del reemplazo del equipo obsoleto (problemas de renovación).

1.2.5. *La incidencia de la inflación al evaluar proyectos*

Si la inflación afectara a todos los precios por igual, no representaría ningún problema especial. Si todos los precios se elevan en un

10 % anual respecto al nivel que tendrían sin inflación, la empresa se enfrenta a estas opciones:

- No incluir la inflación y actualizar el futuro a la tasa de i % anual;
- elevar todos los precios en los años sucesivos mediante los factores 1.1 $(1.1)^2$ $(1.1)^3$ etc., utilizando una tasa de actualización de $(10 + i)$ por ciento.

Resulta claro que ambos métodos conducen a idénticos resultados.

En las economías en que la inflación se ha vuelto crónica, las tasas reales de interés del mercado reflejan la tasa de inflación esperada. En América Latina es común encontrar tasas de interés del 20 ó 30 % e incluso más.

La dificultad radica en que algunos precios aumentan más rápidamente que otros. Tal problema siempre está presente en la evaluación de proyectos; por ello, conviene esforzarse por anticipar la evolución de los precios. Sin embargo, la inflación tiende a hacer estos cambios más arbitrarios e imprevisibles. Por ejemplo, una inflación del 30 % anual implicaría una baja equivalente del tipo de cambio cada año, cosa que generalmente las autoridades monetarias no permitirían. En una situación inflacionaria se mantiene el tipo de cambio mediante controles y luego, en forma repentina, se devalúa la moneda.

Tal práctica, por supuesto, dificulta mucho los cálculos de una empresa exportadora o que importe una alta proporción de sus insumos. Esta es una de las razones por las cuales se ha sugerido que las empresas contabilicen por separado sus pagos e ingresos en moneda nacional y en divisas.

Con todo, el tipo de cambio es sólo un ejemplo de las distorsiones que se producen como resultado de la inflación. Es posible que el gobierno intente frenar la inflación por medio de controles sobre los precios de algunos bienes, en especial de aquellos fundamentales para el consumo de los asalariados, pero sin afectar a los demás. Asimismo, se pueden regular algunos salarios.

No cabe establecer reglas generales. La empresa debe tratar de prever la velocidad relativa a la que evolucionarán los precios. También determinar cuál es el nivel general de inflación que incluirá en sus estimaciones de los cambios futuros de ciertos precios y ajustar la tasa de actualización en consecuencia. Por ejemplo, si considera que sus previsiones de ingresos y gastos futuros presuponen una inflación del 5 % anual, y si a falta de un aumento sostenido de precios utiliza una tasa de actualización del 10 %, entonces debe utilizar, de hecho, una tasa de descuento del 15 por ciento.

2. OTROS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE INVERSIONES

Se presentan enseguida los criterios de selección que con más frecuencia se utilizan o citan, a fin de examinar el significado económico de cada uno de ellos.

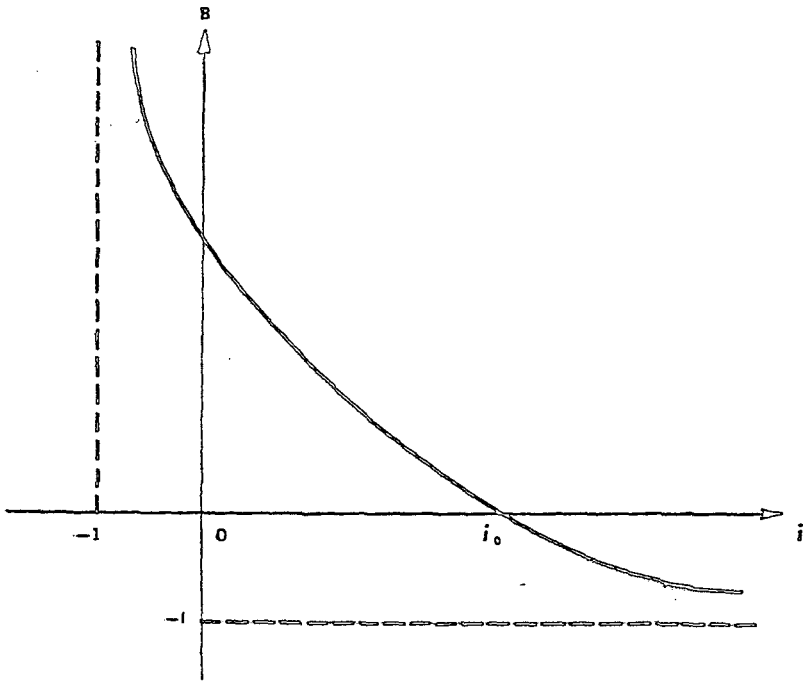
Se estudiarán sucesivamente:
- La tasa media (o interna) de rentabilidad;
- el *periodo de recuperación*;
- los criterios de rentabilidad derivados del análisis contable.

2.1. La tasa media (o interna) de rentabilidad

2.1.1. *Definición*

Se ha visto (inciso 1.2.1.) que para una tasa de actualización dada, i, el valor presente del beneficio es:

$$B = -I + \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p}$$



En el caso de una inversión dada que se caracterice por cierto flujo de ingresos y gastos Y_p, G_p, es una función de i; se puede trazar una gráfica en la que se muestre esa dependencia funcional.

Si i se vuelve muy grande, $\sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^n}$ se hace muy pequeña, y B resulta negativa.

Al contrario, si se pudiera asignar a i el valor -1, B sería positiva e infinitamente grande.

Puede demostrarse,[8] y es admisible, que sólo existe un valor de i_o, tal que $B\ (i_o)$ se anule, es decir, tal que:

$$-I + \sum_{p=0}^{p=n} \frac{Y_p - G_p}{(1+i_o)^p} = 0$$

Este valor se denomina tasa media de rentabilidad y algunas veces tasa interna de rentabilidad del proyecto. Muchos autores han propuesto elegir entre proyectos incompatibles optando por el que tenga la más alta tasa media de rentabilidad.

¿Debe seguirse esta sugerencia? En especial, ¿permite clasificar los proyectos en ordenación análoga a la que resulta de utilizar el criterio del beneficio actualizado con una tasa dada de descuento?

2.1.2. *Comparaciones con el criterio del beneficio actualizado*

Considérense dos proyectos A y B, que se suponen incompatibles, con las siguientes características financieras:

Año	Beneficios anuales	
	A	*B*
0	— 10 000	— 14 000
1	6 000	3 000
2	5 000	4 000
3	4 000	6 000
4	3 000	7 000
5	2 000	8 000

[8] Esta proposición sólo es verdadera si el flujo total de efectivo de la empresa (ingresos menos gastos de todos tipos) es negativo durante los primeros años y positivo después. En los otros casos, puede no haber tasa de rentabilidad interna, o al contrario, haber varias.

Ambos proyectos tienen una vida de cinco años.

Es posible deducir el ingreso actualizado de estos dos proyectos a diferentes tasas de descuento, digamos, del 10 y del 14 %. A guisa de ejemplo, he aquí los elementos del cálculo para la tasa del 10 por ciento:

$$V_A = -10\,000 + \frac{6\,000}{1.10} + \frac{5\,000}{(1.10)^2} + \frac{4\,000}{(1.10)^3} + \frac{3\,000}{(1.10)^4} + \frac{2\,000}{(1.10)^5}$$

$$V_B = -14\,000 + \frac{3\,000}{1.10} + \frac{4\,000}{(1.10)^2} + \frac{6\,000}{(1.10)^3} + \frac{7\,000}{(1.10)^4} + \frac{8\,000}{(1.10)^5}$$

Los resultados se ofrecen en el cuadro IV. 2.

Cuadro IV. 2

2. CÁLCULO DEL BENEFICIO ACTUALIZADO A TASAS DEL 10 Y DEL 14 %

AÑO	BENEFICIO ANUAL		VALORES DE $\frac{1}{(1+i)^n}$		BENEFICIO ACTUALIZADO			
					A		*B*	
	A	*B*	$i=0.10$	$i=0.14$	$i=0.10$	$i=0.14$	$i=0.10$	$i=0.14$
0...	— 10 000	— 14 000	1.000	1.000	— 10 000	— 10 000	— 14 000	— 14 000
1...	6 000	3 000	0.909	0.877	5 454	5 262	2 727	2 631
2...	5 000	4 000	0.826	0.769	4 130	3 845	3 304	3 076
3...	4 000	6 000	0.751	0.675	3 004	2 700	4 506	4 050
4...	3 000	7 000	0.683	0.592	2 049	1 776	4 781	4 144
5...	2 000	8 000	0.621	0.519	1 242	1 038	4 968	4 152
Total	*10 000*	*14 000*	—	—	5 879	4 621	6 286	4 053

Se pueden hacer cálculos similares con otros valores de la tasa de descuento y trazar la gráfica IV.1, que muestra el ingreso actualizado previsto de los proyectos *A* y *B*, como función de la tasa de descuento. Es dable comprobar que:

- Con una tasa de actualización cercana al 12 %, ambos proyectos rinden el mismo ingreso actualizado.
- La tasa media de rentabilidad, tal como se definió antes (tasa que anula el beneficio actualizado del proyecto) es igual a casi el 24 % para el proyecto *B* y 34 % para el proyecto *A*.

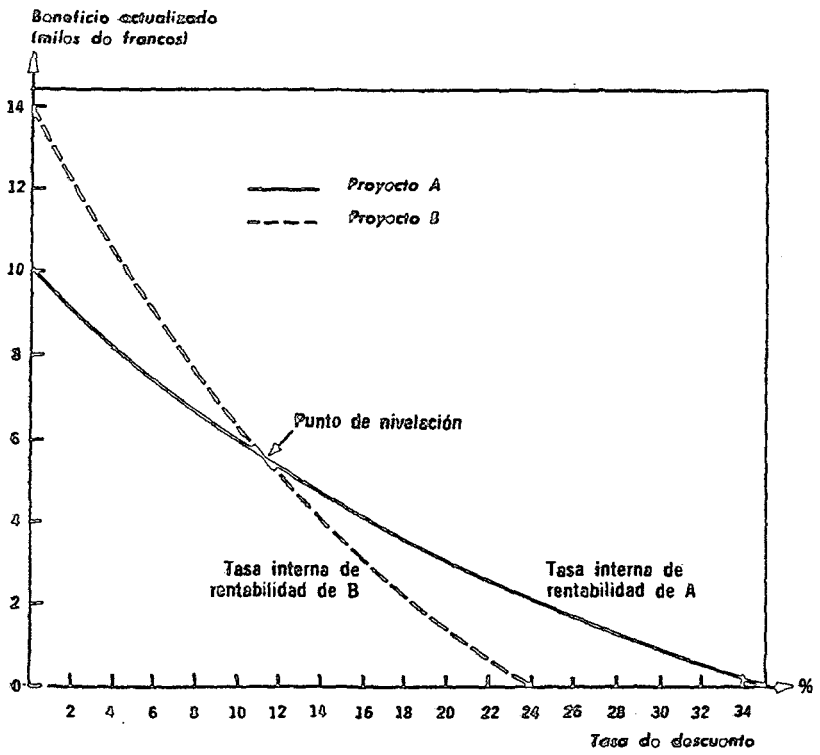
La gráfica IV.1 muestra también que cuando los proyectos se clasifican de acuerdo con una tasa de descuento dada, en función del beneficio actualizado, no siempre guardan el mismo orden que cuando se clasifican según la tasa media de rentabilidad.

Con una tasa superior al 12 %, el proyecto *A* rinde un ingreso actualizado más alto que el del proyecto *B*, de tal forma que coincide la clasificación de ambos proyectos conforme al criterio del beneficio actualizado y según la tasa media de rentabilidad. Si la tasa de descuento adoptada es inferior al 12 %, el proyecto *B* proporciona un ingreso actualizado superior al del proyecto *A* y, por tanto, hay diferencias entre los dos criterios.

El resultado de este caso particular es generalizable. Los criterios del beneficio actualizado y de la tasa media de rentabilidad no necesariamente permiten clasificar a los proyectos en igual orden y hay cierta tasa de descuento a la cual ambos son prácticamente equivalentes, es

Gráfica IV. 1

BENEFICIO ACTUALIZADO COMO UNA FUNCIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO



decir, procuran el mismo ingreso actualizado. Esta tasa se llama de rentabilidad relativa de un proyecto respecto a otro: es la abscisa del punto en el cual se intersectan las dos curvas que representan los beneficios actualizados como función de la tasa de descuento, es decir, aproximadamente el 12 % en el ejemplo anterior.

2.1.3. *Conclusión sobre el empleo del criterio de rentabilidad media*

El criterio de rentabilidad media es suficiente si se trata de aceptar o rechazar un proyecto: cuando la tasa media de rentabilidad supera a la tasa media del mercado, a la cual se puede obtener el capital necesario para financiarlo, es posible realizar el proyecto. Esto equivale a decir que el proyecto considerado rinde un ingreso actualizado positivo a la tasa de interés a la que se consigue crédito. Si la tasa media de rentabilidad es menor que la tasa pagadera por el capital en préstamo, el proyecto no debe realizarse.

Cuando hay que elegir entre varios proyectos incompatibles, especialmente entre diversas variantes del mismo proyecto, el criterio de rentabilidad media no es suficiente; en efecto, no basta comprobar que son rentables los diferentes proyectos: hace falta todavía escoger *el mejor*. Así, la selección basada en la tasa media de rentabilidad no es satisfactoria pues no tiene en cuenta el costo real del capital invertido. La comparación del rendimiento medio de dos proyectos sólo indica que si la tasa a la que se puede conseguir crédito es i_A, igual a la tasa media de rentabilidad del proyecto A, el ingreso actualizado de A es nulo, en tanto que si la tasa del crédito es i_B, igual a la tasa media de rentabilidad del proyecto B, el ingreso actualizado de éste es igual a cero. Sin embargo, la comparación no permite saber cuál de los dos proyectos es el mejor para la tasa i, tasa real del mercado.

El cotejo de los dos proyectos sólo es válido si las condiciones financieras de empréstito y de inversión *son idénticas* en ambos cálculos. Y ese no es el caso cuando se comparan las tasas de rentabilidad media. Por consiguiente, tal cotejo no puede ser representativo. Empero, por las razones expuestas en el inciso *1.2.2.2*, siempre debe calcularse la tasa interna de rentabilidad de los proyectos compatibles. En apoyo de esto cabe argüir que la noción de rendimiento (y la tasa interna de rentabilidad no es más que una definición precisa del rendimiento) resulta conocida para muchos empresarios y administradores.

2.2. El periodo de recuperación

2.2.1. *Definición y método para calcularlo*

De acuerdo con este sencillo criterio, utilizado por muchos indus-

triales y planificadores, se elegirá el proyecto o la modalidad que permita "recuperar" más rápidamente el gasto inicial de inversión. Para calcular el lapso de recuperación hay que dividir el monto invertido entre el beneficio bruto medio anual. Por éste se entiende la media aritmética de las diferencias entre ingresos y gastos anuales de operación durante la vida del proyecto, sin incluir la depreciación, esto es, computando sólo los gastos reales.

Ejemplo del cálculo del periodo de recuperación

Sea un proyecto que requerirá inversiones de 100 000 dólares con una corriente de ingresos y gastos como la que se presenta en el cuadro IV.3.

Cuadro IV. 3

REGISTRO DE INGRESOS Y GASTOS

AÑOS	INGRESOS	GASTOS	BENEFICIO BRUTO
1	25 000	18 000	7 000
2	30 000	19 000	11 000
3	35 000	20 000	15 000
4	37 000	20 000	17 000
5	37 000	20 000	17 000
6	37 000	20 000	17 000
7	37 000	20 000	17 000
8	35 000	20 000	15 000
9	34 000	21 000	13 000
10	33 000	22 000	11 000
Promedio durante 10 años	34 000	20 000	14 000

El beneficio bruto anual es la diferencia entre ingresos y gastos anuales; el beneficio bruto medio es el promedio aritmético de los rendimientos anuales, que en este ejemplo es de 14 000. El periodo de recuperación en este caso será:

$$\frac{100\,000}{14\,000} = 7.1 \text{ años}$$

El criterio propuesto tiene la ventaja de simplificar las cosas cuando se conoce la serie de utilidades brutas, por lo menos durante el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.[9]

[9] Un método de cálculo ligeramente diferente consiste en determinar el número de años de operación necesarios para recuperar la suma inicial (posiblemente

Pero ¿acaso la prontitud al recuperar el dinero invertido refleja realmente la calidad del proyecto? De hecho, el valor de un proyecto no se mide únicamente por la importancia de sus beneficios medios anuales, sino también por su duración y por la forma en que se distribuyan en el tiempo sus ingresos. El siguiente ejemplo simplificado muestra cómo el criterio del periodo de recuperación puede ser, en algunos casos, muy peligroso.

Supóngase que hay tres proyectos, *A*, *B* y *C* que requieren la misma inversión inicial de 10 000 dólares y que enfrentan iguales riesgos. Las características de cada uno se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro IV. 4

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS

	PROYECTOS ($)		
	A	*B*	*C*
Inversión	10 000	10 000	10 000
Beneficio bruto medio anual	2 500	2 500	3 333
Duración del proyecto (años)	5	8	3
Beneficios brutos totales	12 500	20 000	10 000
Periodo de recuperación (años)	4	4	3

El proyecto *B* parece el mejor de los tres, ya que rendirá un total de $ 20 000 repartidos en ocho años. Pero si la decisión de invertir se basa en el criterio del periodo de recuperación, habrá que optar por el proyecto *C*, aun cuando no produzca un solo peso. Sería como depositar $ 10 000 en una caja de ahorros y retirar $ 3 333 cada año, sin percibir un centavo de interés durante los tres años de inmovilización del capital. Por otra parte, los proyectos *A* y *B* rinden algo, pues sus ingresos totales exceden de la inversión inicial. Adviértase también que el criterio del tiempo de recuperación no permite elegir entre los proyectos *A* y *B*: ambos requieren el mismo lapso para reconstituir la suma inicial.

Mediante este ejemplo tan esquemático se puede concluir que el criterio del periodo de recuperación debe utilizarse con cuidado. Sólo lleva a una decisión acertada si se cumplen dos condiciones:

— que todos los proyectos duren lo mismo,
— que la distribución temporal de los ingresos brutos sea parecida en todos los casos.

actualizando las utilidades), con base en los beneficios reales y no en su valor medio. En el caso que se ilustra en el cuadro IV. 3, el resultado sería prácticamente el mismo: un lapso de recuperación apenas inferior a los 7 años.

La razón de la segunda condicionante es que la fórmula para calcular el periodo de recuperación tiene como denominador una cifra *promedio* (el ingreso medio anual) y, en consecuencia, no permite distinguir entre dos proyectos cuando uno de ellos rinde grandes beneficios brutos al principio y muy bajos al final, en tanto que el otro tiene una distribución inversa o simplemente regular.

Cabe añadir que este criterio también proporciona el resultado apropiado si conduce al rechazo de un proyecto cuyo tiempo de recuperación sea mayor que su periodo de vida.

Dado que este criterio se utiliza muy a menudo en la práctica por su facilidad de cálculo, conviene resumir en seguida sus principales ventajas y desventajas.

2.2.2. *Ventajas*

a) Es extremadamente fácil de calcular y así puede servir como método expeditivo para eliminar los proyectos tan poco prometedores que no justifiquen el análisis con técnicas más elaboradas.

b) El periodo de recuperación suele ser un criterio conveniente para empresas con muchas oportunidades de invertir, pero cuyos recursos financieros sean limitados. Si, por ejemplo, los medios disponibles las obligan a rechazar cualquier proyecto que tenga un periodo de recuperación mayor de dos años, el empleo de métodos más refinados no cambiará gran cosa la lista de proyectos aceptables, en la medida en que su duración pueda compararse.

c) Este criterio resulta útil para determinar la calidad de inversiones extremadamente arriesgadas en campos en los que el rápido progreso técnico puede hacer anacrónico el equipo antes de que su desgaste físico imponga la sustitución (riesgo de obsolescencia), o en los que las circunstancias políticas o comerciales modifican por completo las condiciones de funcionamiento de la empresa.

2.2.3. *Inconvenientes*

El periodo de recuperación es un concepto financiero. No permite dar respuesta más que a una pregunta, a saber: ¿en cuánto tiempo recuperará la empresa su gasto inicial de inversión? En vista de ello, no ofrece la oportunidad de apreciar la rentabilidad real de un proyecto, por dos razones:

a) El criterio del lapso de recuperación concede demasiada importancia a los rendimientos rápidos y, por tanto, tiende a implicar que aquellos son el único objetivo del programa de desarrollo o del proyecto de inversión.

b) Este criterio no toma en cuenta la duración del proyecto e ignora lo que acaso ocurra después del tiempo de recuperación. En efecto, un proyecto cuyo periodo de recuperación sea de tres años, quizá tenga un lapso de vida de tres, cinco ó diez años; resulta claro que el valor real de un proyecto depende del tiempo durante el cual rinda utilidades.

2.2.4. *Conclusión*

Dado que el criterio del periodo de recuperación no incluye todos los elementos de la rentabilidad de un proyecto en una sola cifra, no puede utilizarse como criterio completo de selección de inversiones, sino sólo como evaluador secundario de ellas.

2.3. Criterios de rentabilidad derivados del análisis contable

En lugar de los criterios antes descritos, con frecuencia los proyectos se evalúan mediante proyecciones de las cuentas de pérdidas y ganancias y mediante el cálculo de una tasa de rentabilidad basada en la comparación de los beneficios y del monto total invertido. Este método, a menudo utilizado por los financieros, tiene un gran número de variantes, según la forma en que se calculen los beneficios. Sus modalidades más difundidas se describirán con brevedad y espíritu crítico.

2.3.1. *Definición*

El estudio de proyectos industriales suele basarse en estimaciones de los costos de inversión y en proyecciones de las cuentas de pérdidas y ganancias de los primeros años de funcionamiento o de un año considerado "normal". Se calculan así los ingresos y gastos, luego la depreciación, las utilidades y los impuestos eventuales correspondientes a cada uno de esos años. Como ejemplo, admítase un proyecto con un costo de 150 000 dólares por concepto de inversión y capital de trabajo, y cuyas cuentas estimadas de pérdidas y ganancias para los primeros cuatro años se presentan en el cuadro IV.5. Se supone que el año 4 es un año "normal" de funcionamiento de la fábrica.

Las diferentes variantes de la tasa de rentabilidad contable que se utilizan, se calculan en las últimas cuatro filas del cuadro, relacionando las diversas expresiones de las utilidades antes o después de la depreciación y antes o después de los impuestos, con el capital invertido. Quienes utilizan este método sostienen que los proyectos pueden evaluarse mediante los valores así obtenidos. Pero no es fácil comparar dos proyectos en esta forma a menos que uno de ellos tenga, en todo

Cuadro IV. 5

PROYECCIÓN DE LAS CUENTAS DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE UNA FÁBRICA Y CÁLCULO DE LA TASA DE RENTABILIDAD CONTABLE. PRIMEROS CUATRO AÑOS DE FUNCIONAMIENTO

	(*Miles de dólares*)			
	Años			
	1	2	3	4
Ingresos	100	150	180	200
Gastos				
— Materias primas	20	30	36	40
— Mano de obra	25	35	38	41
— Agua y electricidad	5	7	8	9
— Gastos generales y diversos (incluidos los gastos financieros, y los intereses)	35	45	50	50
Gastos totales	85	117	132	140
Utilidad bruta	15	33	48	60
Depreciación[1]	12	12	12	12
Utilidad neta después de la depreciación	3	21	36	48
Impuestos	1	7	12	16
Utilidad neta después de los impuestos	2	14	24	32
Utilidad después de impuestos y antes de la depreciación	14	26	36	44
Tasa de rentabilidad en % — *Utilidad bruta* — Inversión	10.0	22.0	32.0	40.0
Tasa de rentabilidad en % — *Utilidad después de la depreciación* — Inversión	2.0	14.0	24.0	32.0
Tasa de rentabilidad en % — *Utilidad neta después de los impuestos* — Inversión	1.3	9.3	16.0	21.3
Tasa de rentabilidad en % — *Utilidad después de impuestos y antes de la depreciación* — Inversión	9.3	17.3	24.0	29.3

[1] Se recordará que la depreciación es un ajuste contable que consiste en repartir el costo de un equipo durante varios ejercicios; en principio, el número de ejercicios es igual a la duración real del material por depreciar. Con frecuencia se utiliza un método de depreciación lineal, que consiste en depreciar cada año una suma equivalente al valor total de una inversión dividida entre su periodo de vida. Por ejemplo, una máquina que cueste 8 000 dólares y para la cual se calcule un periodo de vida de cinco años, será depreciada a razón de 1 600 dólares anuales.

Desde el punto de vista económico, la depreciación corresponde a la pérdida de valor del equipo durante el ejercicio por el uso, el desgaste y la obsolescencia.

momento, un rendimiento más alto que el otro. Adviértase de paso que el valor de la primera versión [10] de dicha tasa de rentabilidad $\left(\frac{\text{utilidad bruta}}{\text{inversión}}\right)$ es el recíproco del periodo de recuperación definido en el apartado anterior. A veces, la tasa de rentabilidad se calcula relacionando las utilidades medias de varios años o, eventualmente, de toda la vida del proyecto, con el valor de la inversión.

Más aún, se notará que el denominador no siempre es el monto de la inversión total; puede ser la mitad de dicho monto (para incluir el valor medio del capital inmovilizado durante la vida del equipo), o el valor del capital realmente invertido.

2.3.2. *Ventajas*

Estos criterios son muy sencillos de calcular cuando se dispone de previsiones correctas para un año promedio. Pueden emplearse para eliminar rápidamente los proyectos de poco interés; si se utilizan en una de las dos formas que relacionan las utilidades antes de la depreciación con el capital inmovilizado, suelen ser suficientes para una rápida estimación preliminar de la rentabilidad de un proyecto.

2.3.3. *Inconvenientes*

En cualquier forma que se utilicen estos criterios, sólo permiten llegar a una conclusión definitiva si la cifra de rentabilidad que se obtenga resulta negativa o muy baja (suponiendo correcto el cálculo de la depreciación). En los otros casos, es prácticamente imposible concluir de manera resolutiva y, sobre todo, comparar dos proyectos mediante el análisis de la rentabilidad media o de una serie de tasas anuales de rentabilidad para varios años de la vida de un proyecto. De hecho, tendría que fijarse una norma: ¿cuál sería el valor mínimo de la rentabilidad media, tal como se ha calculado aquí, para considerar rentable un proyecto? También sé necesitaría que fuese posible comparar series de beneficios y, por tanto, tasas de rentabilidad con diferentes distribuciones a lo largo del tiempo. Precisamente para resolver este problema, los economistas desarrollaron el método de actualización.

En la práctica, las tasas de rentabilidad contable con frecuencia sólo se calculan para los primeros años de la vida de un proyecto, con el pretexto de que se desconoce el futuro. Sin embargo, decidir en favor de una propuesta con apoyo en tal criterio equivale a suponer tácitamente que los resultados de los primeros años se repetirán por lo menos durante todos los necesarios para amortizar la inversión inicial a la tasa

[10] O la última, si se consideran los impuestos.

de depreciación originalmente adoptada. Si esto es así, una hipótesis semejante también resulta idónea para calcular el valor del beneficio actualizado.

3. CONSIDERACIONES NO CUANTIFICABLES AL ELEGIR UN PROYECTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA

Una vez hecho el estudio económico de las diversas variantes de un proyecto y antes de que pueda tomarse cualquier decisión, la directiva de la empresa tendrá que considerar numerosos elementos imposibles de cuantificar. Acaso dichos factores hagan necesario rechazar algunas inversiones en apariencia rentables o, en cambio, aceptar un proyecto que no lo sea directamente o que desde el punto de vista financiero sea menos satisfactorio.

Es imposible dar la lista completa de tales consideraciones y aquí sólo se mencionarán unas cuantas.

Las decisiones de inversión de una empresa pueden regirse por *consideraciones estratégicas* a largo plazo. Quizá una importante empresa extranjera decida establecer una filial, con capacidad superior a la demanda previsible y, por tanto, deficitaria, para evitar que en cierto plazo llegue un competidor que la obligue a salir del mercado. En un caso así, la matriz debería calcular en principio la pérdida neta que entrañaría abandonar un mercado y restarla de los costos de funcionamiento de la inversión "defensiva". Hacer esto puede resultar difícil en la práctica. De igual manera, una empresa puede adquirir terrenos y planear los edificios a modo de facilitar la ampliación eventual de sus actividades, aun cuando al principio sea imposible calcular el interés de esa inmovilización de capital.

Asimismo, es muy difícil determinar la rentabilidad de los gastos de investigación de una empresa; no obstante, se hacen asignaciones anuales para este propósito.

Una fábrica de estilo moderno quizá cueste un poco más, pero al propiciar un sentimiento de orgullo entre los trabajadores acaso aumente indirectamente su productividad y mejore la posición comercial de la empresa.

Otra forma de protegerse contra los riesgos es tomar en consideración la *flexibilidad* del equipo instalado. En las industrias mecánicas puede preferirse durante el periodo inicial una máquina-herramienta menos eficiente que otra muy especializada, si cabe utilizar la primera en otras líneas de producción en caso de cambios en el mercado. La construcción de tanques de almacenamiento y de una red de ductos aparentemente superfluos entre las diversas unidades de tratamiento,

ayudará a una refinería a adaptarse a las diferentes condiciones de los abastos y del mercado y aumentará sustancialmente su rentabilidad.

Por último, las decisiones de una empresa a menudo estarán condicionadas por factores relativos al "medio ambiente" general en que se desenvuelva: el grado de cooperación de las autoridades, la disponibilidad de personal local, el carácter más o menos atractivo del lugar de residencia para el personal contratado en el extranjero, la existencia de escuelas o de universidades, en especial para satisfacer las necesidades de los hijos del personal extranjero, las relaciones adecuadas con los centros administrativos de la región y con los principales abastecedores o clientes foráneos, etcétera.

Un análisis exhaustivo del comportamiento real de las empresas y de los inversionistas potenciales, extranjeros o locales, haría evidente sin lugar a dudas la gran importancia de esos factores que son, en parte, psicológicos.[11] Es por tanto esencial que los organismos responsables de promover el desarrollo industrial de un país los sepan apreciar.

CONCLUSIÓN

Si se hace abstracción de los factores extraeconómicos, excluidos de los cálculos de ingresos y gastos, elegir entre dos inversiones equivale a escoger entre dos series de ingresos cuyos términos se caracterizan por ser negativos en la fase de habilitación y positivos durante las operaciones productivas.

La comparación de estas dos series de rendimientos implica la existencia de un criterio *económico* de elección.

Algunos autores[12] han propuesto clasificar las inversiones en función del *periodo de recuperación* del capital invertido. Este criterio presupone que una inversión se hace tanto más atractiva cuanto más rápidamente permitan sus superávit de operación el reembolso del capital invertido. La idea de "periodo de recuperación" o de "plazo de reembolso" hizo posible que los economistas soviéticos prescindieran del concepto de tasa de interés; además, muchos industriales la consideran ventajosa porque es muy fácil de aplicar. Pero dicho criterio no es sólo sencillo, sino simplista, en el sentido de que atribuye el mismo valor a los excedentes de ingreso que contribuyen a la recuperación del capital, independientemente de la fecha en que aparezcan (utilización en el

[11] Lo dicho no debe interpretarse como si fuese siempre imposible estimar de manera aproximada el efecto cuantitativo de algunos de estos factores.

[12] Véase en Francia, por ejemplo, a Ch. Bettelheim, *Problèmes théoriques et pratiques de la planification*, Presses Universitaires de France.

G. Terborgh, *Dynamic Equipment Policy*, McGraw Hill Book Company, Nueva York, 1949.

cálculo de una cifra media). Sin embargo, es obvio que hay una diferencia de valor entre dos inversiones que se recuperan en diez años,[13] pero una de las cuales permite al cabo de cinco años el reembolso de tres cuartas partes de la erogación, en tanto que la otra sólo permite el de una cuarta parte. Más aún, este criterio ignora por completo la importancia de los excedentes de ingresos de cada proyecto de los que pudiera disponerse *después* del periodo de reembolso.

Por el contrario, el criterio del *beneficio actualizado máximo*, que consideramos el mejor, permite comparar flujos de ingresos y gastos que, debido a sus diferentes ritmos de vencimiento, obviamente no podrían equipararse. Este criterio establece no sólo un orden de preferencia, sino también un patrón de medida, de suerte que cabe decir, por ejemplo, que una serie de proventos vale el doble que otra. Cuando se aplica este criterio, la tasa de interés o costo del capital interviene como elemento del cálculo y desempeña el papel de un cedazo económico (un alza de la tasa de interés tiene por consecuencia una más rigurosa depuración de las inversiones) y no el de instrumento de enriquecimiento. El método para calcular el beneficio actualizado es fácil en principio, una vez que se capta la idea básica. Sin embargo, presupone como requisito indispensable que se conozcan las tasas de interés presentes y futuras, es decir, el conocimiento de la importancia que se atribuye al futuro. Sólo para simplificar el cálculo se admite una tasa constante a lo largo del tiempo.

No obstante, puede suceder que falte un acuerdo general sobre el valor atribuible a la tasa de actualización, debido sobre todo a las imperfecciones o a la inexistencia del mercado de capitales. Quizá entonces *la tasa media de rentabilidad* sea de cierta utilidad, ya que por lo menos proporciona una idea cualitativa del valor de las operaciones de inversión: una tasa elevada garantiza un beneficio positivo, incluso si los costos de capital se hacen muy onerosos. De este hecho se deriva cierta presunción de concordancia entre la tasa interna de rentabilidad y el valor del proyecto. A primera vista, la clasificación de las inversiones de acuerdo con su tasa de rentabilidad interna tiene la ventaja de no exigir hipótesis alguna sobre los precios presentes y futuros del capital. Así, permite eludir una de las dificultades más serias del empleo del método de actualización, al utilizar un parámetro en cierta manera intrínseco, llamado por esta razón tasa *interna*. Pero esto sólo se logra sacándole la vuelta al problema, en la medida en que consecuentemente se omite considerar el uso de los fondos al final del proyecto. De este modo, quizás un proyecto de pequeña duración tenga una tasa interna

[13] Este lapso representa el periodo de reembolso real y no el que resultaría de comparar la inversión inicial y el beneficio bruto medio anual.

de rentabilidad superior, pero a costa de un rendimiento mucho menor en el periodo siguiente a su conclusión.

De tal suerte, el criterio del "valor actual" es el que goza de mayor aceptación. Empero, la tasa interna de rentabilidad también debe calcularse, tanto más cuanto que constituye una medida del rendimiento de la inversión. En general, no es un criterio válido, debido a que el proyecto de más alto rendimiento no siempre representa la mejor elección.

En la etapa del anteproyecto, los criterios de cálculo de una tasa de utilidades mediante el cotejo del beneficio neto o bruto con la cantidad total invertida son utilizables como una primera aproximación, pero no permiten comparar en forma válida diferentes variantes o proyectos.

Es pertinente, en cada caso, completar el análisis de la rentabilidad de un proyecto desde el punto de vista de la empresa con el estudio de la rentabilidad desde el *punto de vista de la sociedad.*

Este tema se desarrolla en otra obra. Baste señalar aquí que el problema fundamental es el de saber hasta qué punto son los precios pagados por la empresa reflejo de la escasez real de los factores productivos y, por tanto, de sus costos reales para la sociedad; también se trata de averiguar en qué medida representan los precios recibidos por la producción del proyecto el verdadero valor que tiene para la sociedad. Por ejemplo, si existe alguna limitación de divisas, los ingresos de una empresa por sus exportaciones subestimarán el valor que tengan para la sociedad, en tanto que sus pagos por componentes importados subestimarán el costo social. Para citar otro caso, es posible que el gobierno implante la política de proporcionar gratuitamente agua de riego a los agricultores. Los beneficios de un proyecto de irrigación deben entonces calcularse estimando el valor del incremento de las cosechas atribuible al regadío, sin olvidar la existencia de otros factores que acaso también contribuyan. Mas si se utiliza el método de actualización, surgen dos diferencias esenciales al aplicarlo: la primera consiste en que el valor de los costos y beneficios anuales puede diferir respecto a los gastos e ingresos de la empresa; la segunda, en que la tasa de actualización conveniente para la sociedad quizá difiera de la tasa que conviene a la empresa.

* * *

BIBLIOGRAFÍA

J. LESOURNE

Technique économique et gestion industrielle, Dunod, París, 1958.
Economic Analysis and Industrial Management, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1963 (edición en inglés).

La técnica de actualización se explica en el *capítulo* II, páginas 32 a 35. El *capítulo* XIII se dedica por completo a problemas de inversión y al cálculo de los ingresos actualizados. Las explicaciones de este *Manual* se complementan, en el plano teórico, mediante una reflexión a fondo sobre las diversas hipótesis básicas del cálculo de actualización y, en el campo práctico, mediante un examen de las precauciones que deben tomarse al calcular la rentabilidad; también se dan algunos ejemplos concretos. Este capítulo puede leerse con facilidad, independientemente del resto de la obra.

P. MASSÉ

Le choix des investissements: critères et méthodes, Dunod, París, 1959.
Optimal Investment Decisions, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1962 (edición en inglés).

El primer capítulo, de fácil lectura, presenta una reflexión sobre los problemas metodológicos que surgen al seleccionar inversiones y describe los diferentes criterios. *El segundo capítulo* versa sobre un aspecto particular de los problemas de inversión: la sustitución de equipo. Los otros capítulos contienen:

- Los métodos matemáticos para encontrar soluciones correctas a los problemas de amortización;
- los problemas que se plantean al introducir la incertidumbre con respecto al futuro;
- las relaciones entre la economía como un todo y la inversión.

Este trabajo es relativamente difícil para el lector no iniciado en las técnicas matemáticas.

C. ABRAHAM Y THOMAS

Microéconomie. Décisions optimales dans l'entreprise et dans la nation, Dunod, París, 1966.

El *capítulo* V da una explicación detallada del concepto de actualización desde el punto de vista del consumidor, la empresa y la sociedad.

El *capítulo* VII expone los criterios que rigen las decisiones de inversión desde el punto de vista de la empresa. Puede complementarse convenientemente con el *capítulo* IX sobre la substitución de equipo, y el *capítulo* X sobre el concepto de amortización. Finalmente, el *capítulo* VIII amplía el problema de la elección de inversiones desde el punto de vista de la empresa al campo de las inversiones públicas.

Esta es, hasta la fecha, la obra más completa escrita en francés sobre estas cuestiones y constituye un complemento muy útil del capítulo IV de este *Manual.* Puede entenderla un lector con conocimientos elementales de matemáticas.

C. Worms

Les méthodes modernes de l'économie appliquee, Dunod, Paris, 1965.

Los *capítulos 1, 3, 4, 5* y 6 tratan, de una manera sencilla, el tema de la rentabilidad de las inversiones en la empresa. Los apartados sobre problemas de amortización y sustitución complementan el capítulo IV de este *Manual.* Estudios de casos ilustran estos capítulos.

F. Rosenfeld

Techniques d'analyse et d'évaluation des projets d'investissements, Études "Tiers Monde", Presses Universitaires de France, París, 1966.

Pequeño y excelente libro que explica, en términos muy sencillos, los métodos de evaluación de proyectos, ilustrándolos con algunos estudios de casos.

Grant e Ireson

Principles of Engineering Economy, The Ronald Press Co., Nueva York, 4a. edición 1964.

Escrita para estudiantes de economía y finanzas, así como para los prácticos de la empresa y la administración, esta obra plantea en forma muy clara los diferentes criterios de selección de inversiones y sus problemas de aplicación. Sólo requiere un conocimiento elemental de matemáticas y contiene un gran número de ejemplos y ejercicios.

Harold Biermann Jr. y Seymour Smidt

The Capital Budgeting Decision, Economic Analysis and Financing of Investment Projects, The Macmillan Co., Nueva York, Collier-Macmillan Ltd., Londres, 2a. edición, 1966.

Excelente trabajo sobre la selección de inversiones desde el punto de vista de la empresa. Se describen los diversos criterios (*capítulo* 2), pero los autores se inclinan claramente por el método del beneficio actualizado. Se analizan con amplitud los problemas relacionados con su aplicación en un contexto de incertidumbre y de limitaciones de recursos financieros. Su lectura sólo requiere conocimientos elementales.

ONU

Manual de proyectos de desarrollo económico. México, 1958. 58.II.G.5. (ediciones en inglés y en español).

Los capítulos de particular interés en la segunda parte de esta obra son: el I (La evaluación de proyectos), el II (Equivalencias financieras, asignación de valores y efectos indirectos), el III (Criterios relativos a la productividad de un solo recurso), y el IV (criterios relativos a la productividad del complejo de insumos y criterios mixtos). Estos capítulos presentan gran número de criterios y métodos de evaluación, aunque no hacen recomendaciones precisas respecto a cuál debe utilizarse.

J. Hirschleifer, J. C. de Haven y J. W. Williman

Water Supply: Economics, Technology and Policy, University of Chicago Press, Chicago, 1960.

El capítulo VII contiene un breve y muy claro resumen de los diversos criterios de inversión, ilustrado con ejemplos aritméticos muy sencillos. Las matemáticas utilizadas son álgebra y aritmética elemental.

J. Hirschleifer

"On the Theory of Optimal Investment Decision", en *Journal of Political Economy,* agosto de 1958.

Este artículo proporciona una relación clara y breve de la lógica de las decisiones de inversión, sin considerar el factor riesgo. Se utilizan el álgebra y la geometría elementales. Se recomienda en especial la crítica del criterio de la "tasa interna de rentabilidad", en las páginas 346 a 351.

A. J. Merrit y A. Sykes

The Finance and Analysis of Capital Projects, Longmans Green and Co., Ltd., Londres, 1963.

En el *capítulo 1* se analizan la composición y el descuento. En los *capítulos* 2, 5 y 7 se plantean y comparan diferentes criterios de inversión. Los autores piensan que por razones prácticas la "tasa interna de rentabilidad" es el mejor criterio. Sin embargo, analizan sus puntos débiles y sugieren formas de evitarlos. En cuanto a matemáticas, utilizan principalmente aritmética con un poco de álgebra y geometría elementales.