

Conceptos introductorios

Los criterios, técnicas y metodologías para formular, preparar y evaluar proyectos de creación de nuevas empresas se formalizaron por primera vez en 1958 en el libro *Manual de proyectos de desarrollo económico*¹. Si bien en este medio siglo se han producido enormes cambios en la forma de estudiar los proyectos de inversión, el procedimiento general sigue centrándose en la recopilación, creación y sistematización de información que permita identificar ideas de negocio y medir cuantitativamente los costos y beneficios de un eventual emprendimiento comercial.

Además de los grandes avances observados en el desarrollo de modelos y técnicas de predicción y análisis, en la forma de sistematizar la información para que satisfaga los requerimientos de todos los agentes económicos que participan de la decisión y en los modelos complementarios de simulación y riesgo, se ha logrado introducir la preparación y evaluación de proyectos en casi todos los sectores de actividad: la salud, la iglesia, la educación, la defensa nacional, la entretenición, y en todos aquellos que han comprendido la importancia de asignar correctamente los recursos, generalmente escasos, de que se disponen. Tan importante como tener recursos para hacer cosas es poder asignarlos racionalmente.

En este libro se aborda la forma sistemática de estudiar proyectos, ya sea de creación de nuevas empresas o de mejoramiento dentro de ellas. Su fin último es evitar el mal uso de los recursos o, lo que es lo mismo, ayudar a asignarlos eficientemente.

A diferencia de los estudios de proyectos de creación de nuevos negocios, las evaluaciones de proyectos que involucran modificar una situación existente, como las inversiones que las empresas realizan para su modernización, requieren consideraciones muy particulares y

¹ Naciones Unidas. *Manual de proyectos de desarrollo económico* (Publicación 5.58.11. G.5), México, 1958.

procedimientos de trabajo específicos y diferentes. Entre otras cosas, esto se debe a que, en el caso de estudiar un posible cambio de una situación vigente, la evaluación debe comparar el *beneficio neto*² entre la situación base (o actual), la situación actual optimada y la situación con proyecto. En otras palabras, se analiza la variación en la creación de valor futuro que tendría optar por una inversión (o desinversión) con relación al valor que se podría esperar si se mantiene la situación actual. Una opción que siempre se debe considerar al tomar una decisión es la de mantener las condiciones de funcionalidad vigentes.

En cualquier tipo de empresa, la gestión financiera de los directivos se caracteriza por la búsqueda permanente de mecanismos que posibiliten la creación y mantenimiento de valor, mediante la asignación y uso eficiente de los recursos. La evaluación de proyectos, en este contexto, se debe entender como un modelo que facilita la comprensión del comportamiento simplificado de la realidad, por lo que los resultados obtenidos, siendo útiles en el proceso decisional, no son exactos.

La formulación y evaluación de proyectos, tomada como un proceso de generación de información que sirva de apoyo a la actividad gerencial, ha alcanzado un posicionamiento indiscutible entre los instrumentos más empleados en la difícil tarea de enfrentar la toma de decisiones de inversión, tanto para crear nuevas empresas como para modificar una situación existente en una empresa en marcha, ya sea mediante el *outsourcing* o externalización de actividades que realiza internamente, la ampliación de sus niveles de operación o el reemplazo de su tecnología, entre otros tipos de proyectos.

Mientras en la evaluación de un proyecto nuevo todos los costos y beneficios deben ser considerados en el análisis, en la evaluación de proyectos de modernización sólo deben incluirse aquellos que son *relevantes* para la comparación. Un costo o beneficio es relevante si es pertinente para una decisión. Si, por ejemplo, se está evaluando la conveniencia de reemplazar una motoniveladora, no interesa el costo en que incurre la empresa en su sistema de comunicaciones ya que, con o sin proyecto de cambio, este costo seguirá siendo el mismo. Es decir, la cuantía del gasto en comunicaciones es un costo irrelevante para tomar la decisión de reemplazar una motoniveladora, como sería irrelevante el sueldo de un chofer para determinar la conveniencia de sustituir una ambulancia o el monto del seguro contra incendio de un edificio si se evalúa pintar o empapelar sus oficinas.

El único costo que no debe ser considerado en la evaluación de un proyecto de creación de un nuevo negocio es el del estudio de viabilidad, por cuanto, aunque al momento de presentar el proyecto no esté pagado, es un costo que, haciéndose o no la inversión, igualmente se deberá asumir. Por este motivo, se considera irrelevante para la decisión.

² El beneficio neto representa la diferencia entre los costos (de funcionamiento e inversiones) de un proyecto y los beneficios esperados.

Este elemento, que se repetirá innumerables veces en este texto, creará una de las mayores dificultades a aquellos lectores que tengan conceptualizada una estructura de análisis de tipo contable, que tiene una forma diferente de considerar los costos y beneficios que la del evaluador de proyectos.

Dificultades tales como el impacto de una modernización sobre el nivel de inversión que financia los requerimientos de recursos por el desfase entre la ocurrencia de los egresos primero y la recaudación posterior de los ingresos, que corresponde a la *inversión en capital de trabajo* de la empresa; la forma de cálculo del valor remanente de la inversión al término de su período de evaluación o *valor de desecho* del proyecto, así como de un equipo existente en la empresa que se considera posible de reemplazar o el nuevo que se podría adquirir; la forma de incluir el impuesto al valor agregado (IVA) en los flujos de ingresos y egresos de caja; la determinación de los costos y beneficios incrementales ocasionados por la decisión de emprender una inversión; los ahorros tributarios asociados al proyecto; la diferenciación entre los costos contables asignados y los costos pertinentes que deben ser considerados para la decisión; la determinación del punto de conveniencia para hacer una modernización; la medición del grado de impacto que un cambio en el valor de una variable tenga sobre el resultado de la rentabilidad calculada para el proyecto o la *sensibilización* de una variable con impacto dual hacia la situación actual y hacia la situación con proyecto; y el momento óptimo de efectuar la modernización son algunas de las particularidades que justifican un análisis especial para el estudio de este tipo de proyectos.

En los capítulos siguientes se pretende ofrecer un criterio general para enfrentar correctamente los problemas enunciados, con las correspondientes metodologías para un uso eficaz del instrumento.

Este capítulo, en particular, intenta exponer y caracterizar una tipología de las diferentes opciones que se observan al evaluar la enorme cantidad de proyectos de inversión que pretenden incorporar algún valor agregado a la empresa mediante un cambio que conduzca a una justificada modernización dentro de ella, así como explicar las bases conceptuales que posibilitarán la resolución de los diferentes casos que se analizan en los capítulos posteriores.

1.1

Tipologías de proyectos

Las opciones de inversión se pueden clasificar preliminarmente en *dependientes*, *independientes* y *mutuamente excluyentes*.

Las inversiones *dependientes* son aquellas que para ser realizadas requieren otra inversión. Por ejemplo, el sistema de evaluación de residuos en una planta termoeléctrica que emplea carbón depende de que se haga la planta, mientras que esta última necesita de la evacuación de residuos para funcionar adecuadamente. En este caso, se hablará de *proyectos complementarios* y lo más común será evaluarlos en conjunto.

Un caso particular de proyectos dependientes es el relacionado con proyectos cuyo grado de dependencia se da más por razones económicas que físicas, es decir, cuando realizar dos inversiones juntas ocasiona un *efecto sinérgico* en la rentabilidad, en el sentido de que el resultado combinado es mayor que la suma de los resultados individuales. El caso contrario, *efecto entrópico*, se produce cuando la realización de dos proyectos simultáneos hace obtener un resultado inferior que la suma de las rentabilidades individuales. Obviamente, esto no significa que deba optarse por una u otra inversión, ya que el resultado conjunto, probablemente, sea superior al de cada proyecto individual en la mayoría de los casos.

Las inversiones *independientes* son las que se pueden realizar sin depender ni afectar o ser afectadas por otros proyectos. Dos proyectos independientes pueden conducir a la decisión de hacer ambos, ninguno o sólo uno de ellos. Por ejemplo, la decisión de comprar o alquilar oficinas es independiente de la decisión que se tome respecto al sistema informático.

Las inversiones *mutuamente excluyentes*, como su nombre lo indica, corresponden a proyectos opcionales, donde aceptar uno impide que se haga el otro o lo hace innecesario. Por ejemplo, elegir una tecnología que usa petróleo en vez de carbón hace innecesario invertir en un sistema para evacuar cenizas y residuos del carbón.

Una complejidad adicional a las ya mencionadas es la gran diversidad de tipos de proyectos de modernización que se pueden presentar en una empresa en marcha, cada uno de los cuales requiere consideraciones especiales para su evaluación.

Una primera clasificación de estos proyectos se realiza en función de la *finalidad de la inversión*, es decir, del objetivo de la asignación de recursos que permite distinguir entre proyectos que buscan crear nuevos negocios o empresas y proyectos que buscan evaluar un cambio, mejora o modernización en una empresa existente. Entre estos últimos se identifican, por ejemplo, proyectos que involucran el *outsourcing*, la internalización de servicios o elaboración de productos provistos por empresas externas, la ampliación del nivel de operación de la empresa, el abandono de ciertas líneas de producción o el simple reemplazo o renovación de activos que pueden o no implicar cambios en algunos costos, pero no en los ingresos ni en el nivel de operación de la empresa.

Una clasificación más profunda permite identificar proyectos que enfrentan una ampliación mediante el reemplazo de equipos de poca capacidad por otros de mayor capacidad o que solucionan la ampliación con una inversión complementaria que adiciona equipos a los activos actuales. Con ambas alternativas se soluciona el mismo problema de crecimiento, pero con fuertes y distintas implicancias para el trabajo del evaluador, tal como se expondrá más adelante.

En algunas ocasiones se podrá identificar un tipo especial de proyecto de expansión, por cuando se evalúa una inversión que permita el lanzamiento de nuevos productos o la mejora de los existentes. Este caso no será tratado en forma especial en este texto, por cuanto su solución se asimila a lo que se expondrá para proyectos de ampliación (hacer más de lo mismo) o de internalización.

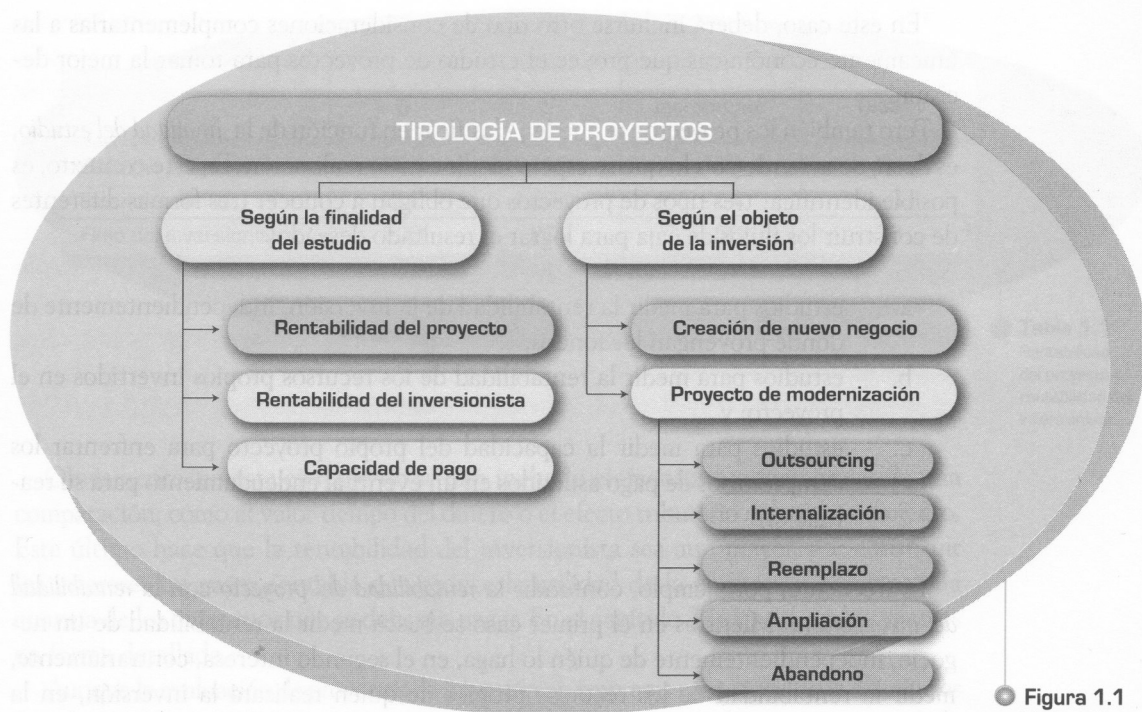


Figura 1.1
Tipología básica
de proyectos.

Por último, cada uno de los casos anteriores puede clasificarse, también, en función de su fuente de financiamiento, distinguiéndose entre aquellos financiados con *leasing*³, los financiados por endeudamiento –ya sea con el sistema financiero o con proveedores–, los financiados con recursos propios y los financiados una combinación de fuentes.

Muchas veces, la ampliación ocasionará aumentos tan importantes en los niveles de ingresos, que harán estimar como muy conveniente la modernización. Sin embargo, la ampliación puede provocar fuertes impactos en las estructuras de costos de la empresa, tanto en los directamente asociados con la ampliación como en los que indirectamente afectarán, por ejemplo, la administración y el mantenimiento de los sistemas de información y de control, entre otros. Por ello, para evaluar la conveniencia de crecer, será preciso demostrar que los incrementos en los costos son menores que el incremento en los beneficios. Un problema específico respecto a esto se relaciona con la situación de aquellas empresas que actualmente pudieran tener pérdidas, porque la modernización, si bien permitiría minimizarlas, no posibilita hacer todo el negocio rentable.

³ Es una forma de financiar la adquisición de un activo, mediante la cual se compromete una serie de pagos futuros en la forma de un alquiler, con la opción de compra junto con el pago de la última cuota.

En este caso, deberá incluirse otro tipo de consideraciones complementarias a las únicamente económicas que provee el estudio de proyectos para tomar la mejor decisión.

Pero también los proyectos se pueden clasificar en función de la *finalidad del estudio*, es decir, de acuerdo con lo que se espera medir con su realización. En este contexto, es posible identificar tres tipos de proyectos que obligan a conocer tres formas diferentes de construir los flujos de caja para lograr el resultado deseado:

- a. estudios para medir la rentabilidad de la inversión, independientemente de dónde provengan los fondos;
- b. estudios para medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto; y
- c. estudios para medir la capacidad del propio proyecto para enfrentar los compromisos de pago asumidos en un eventual endeudamiento para su realización.

Es frecuente, por ejemplo, confundir la *rentabilidad del proyecto* con la *rentabilidad del inversionista*. Mientras en el primer caso se busca medir la rentabilidad de un negocio, independientemente de quién lo haga, en el segundo interesa, contrariamente, medir la rentabilidad de los recursos propios de quien realizará la inversión, en la eventualidad de que se lleve a cabo el proyecto. Considérese el siguiente ejemplo para observar la diferencia en el resultado entre ambas opciones.

Ejemplo 1.1

Un proyecto que requiere una inversión de \$1.000 reditúa en un año \$1.120, en moneda de igual valor, a quien lo realice. Es decir, le permite aumentar su riqueza en \$120, lo que corresponde a una rentabilidad de 12% anual. Sin embargo, el inversionista no dispone del total de la inversión y debe necesariamente endeudarse para poder implementar el proyecto. Si un banco le presta los recursos faltantes, supongamos \$800, a un tasa anual de 8%, a fin de año deberá devolverle el capital prestado más el interés cobrado. Es decir, deberá devolver \$864. Si el proyecto le generaba una ganancia neta de \$120 y por endeudarse debe pagar al banco \$64 de interés, ahora al inversionista le quedan sólo \$56. Si el proyecto exhibía una rentabilidad de 12%, sólo por el efecto del financiamiento el inversionista obtiene una rentabilidad de un 28%. Esto, por cuanto al recibir una ganancia de \$56 sobre los \$200 de su propia inversión (la diferencia entre el préstamo y el total de la inversión) sus recursos obtienen un retorno de 28%.

En la tabla 1.1 se sistematiza la situación expuesta y se pueden observar los resultados de las distintas rentabilidades de un mismo proyecto, si se incluye o no el efecto del financiamiento:

	0	1	Incremento	Tasa %
Flujo del proyecto	- 1.000	1.120	120	12
Financiamiento	800	- 864	- 64	8
Flujo del inversionista	- 200	256	56	28

Tabla 1.1
Rentabilidad
del proyecto y
rentabilidad del
inversionista.

Obviamente, en este ejemplo no se han incluido elementos fundamentales de una comparación, como el valor tiempo del dinero o el efecto tributario del endeudamiento. Este último hace que la rentabilidad del inversionista sea aun mayor, por constituir los intereses un gasto contable que reduce la utilidad de la empresa y, por tanto, la cuantía de los impuestos que se deberán pagar. En el capítulo 7 se tratan ambos efectos en forma detallada.

Aunque la evaluación de proyectos de inversión en empresas en marcha tiene diferencias significativas respecto de la evaluación de proyectos para medir la conveniencia de la creación de nuevos negocios, los fundamentos conceptuales básicos son comunes a ambos tipos de estudios.

1.2

Estudios de viabilidad

La decisión de emprender una inversión, como todo proceso decisional, tiene cuatro componentes básicos:

- el *decisor*, que puede ser un inversionista, financista o analista;
- las *variables controlables* por el decisor, que pueden hacer variar el resultado de un mismo proyecto dependiendo de quién sea él;
- las *variables no controlables* por el decisor y que influyen en el resultado del proyecto; y
- las *opciones* o proyectos que se deben evaluar para solucionar un problema o aprovechar una oportunidad de negocios.

La responsabilidad del evaluador de proyectos será aportar el máximo de información para ayudar al decisor a elegir la mejor opción. Para esto es fundamental identificar todas las opciones y sus viabilidades como único camino para lograr uno óptimo con la decisión.

El análisis del entorno donde se sitúa la empresa y del proyecto que se evalúa implementar es fundamental para determinar el impacto de las variables controlables y no controlables, así como para definir las distintas opciones mediante las cuales es posible emprender la inversión. Tan importante como identificar y dimensionar las fuerzas del entorno que influyen o afectan el comportamiento del proyecto, la empresa o, incluso, el sector industrial al que pertenece, es definir las opciones estratégicas de la decisión en un contexto dinámico.

El estudio del entorno demográfico, por ejemplo, permite determinar el comportamiento de la población atendida por otras empresas y de aquella por atender con el proyecto, su tasa de crecimiento, los procesos de migración, la composición por grupos de edad, sexo, educación y ocupación, la población económicamente activa, empleada y desempleada, etc.

El estudio del entorno cultural obliga a realizar un análisis descriptivo para comprender los valores y el comportamiento de potenciales clientes, proveedores, competidores y trabajadores. Para ello es importante estudiar las tradiciones, valores y principios éticos, creencias, normas, preferencias, gustos y actitudes frente al consumo.

El estudio del entorno tecnológico busca identificar las tendencias de la innovación tecnológica en los procesos de producción y apoyo a la administración y el grado de adopción que de ella hagan los competidores.

Para recomendar la aprobación de cualquier proyecto es preciso estudiar un mínimo de tres viabilidades que condicionarán el éxito o fracaso de una inversión: la viabilidad técnica, la legal y la económica. Otras dos viabilidades, no incluidas generalmente en un proyecto, son la de gestión y la política. Estas dos, si bien pueden estudiarse cada una en forma independiente, se incorporan en este texto como parte de la viabilidad económica, aunque sólo en los aspectos que a esta corresponden.

Por otra parte, una viabilidad cada vez más exigida en los estudios de proyectos es la que mide el impacto ambiental de la inversión.

La *viabilidad técnica* busca determinar si es posible, física o materialmente, “hacer” un proyecto, determinación que es realizada generalmente por los expertos propios del área en la que se sitúa el proyecto. En algunos casos, el estudio de esta viabilidad puede llegar, incluso, a evaluar la capacidad técnica y el nivel de motivación del personal de la empresa que se involucraría en el nuevo proyecto. No se puede asumir que por el hecho de que la empresa está funcionando es viable técnicamente hacer más de lo mismo. La ampliación de la capacidad instalada se podría hacer construyendo un nuevo piso sobre el edificio, dependiendo de que las bases estructurales y las características técnicas lo permitan. Poner más maquinaria que funcione con energía eléctrica sólo se podrá hacer si existe la resistencia eléctrica necesaria en los transformadores.

La *viabilidad legal*, por otra parte, se refiere a la necesidad de determinar tanto la inexistencia de trabas legales para la instalación y operación normal del proyecto, como la falta de normas internas de la empresa que pudieran contraponerse a alguno de los aspectos de la puesta en marcha o posterior operación del proyecto. Suponiendo

que es viable técnicamente construir un nuevo piso sobre la estructura actual del edificio, todavía se debe determinar si la nueva altura está dentro de los rangos permitidos de constructibilidad y de los límites de las rasantes respecto del área del terreno.

La *viabilidad económica* busca definir, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, si es rentable la inversión que demanda su implementación. El resto de este texto se concentra en el análisis de la viabilidad económica de proyectos.

La *viabilidad de gestión* busca determinar si existen las capacidades gerenciales internas en la empresa para lograr la correcta implementación y eficiente administración del negocio. En caso de no ser así, se debe evaluar la posibilidad de conseguir el personal con las habilidades y capacidades requeridas en el mercado laboral; por ejemplo, al internalizar un proceso que involucre tareas muy distintas de las desarrolladas hasta ahora por la empresa.

La *viabilidad política* corresponde a la intencionalidad, de quienes deben decidir, de querer o no implementar un proyecto, independientemente de su rentabilidad.

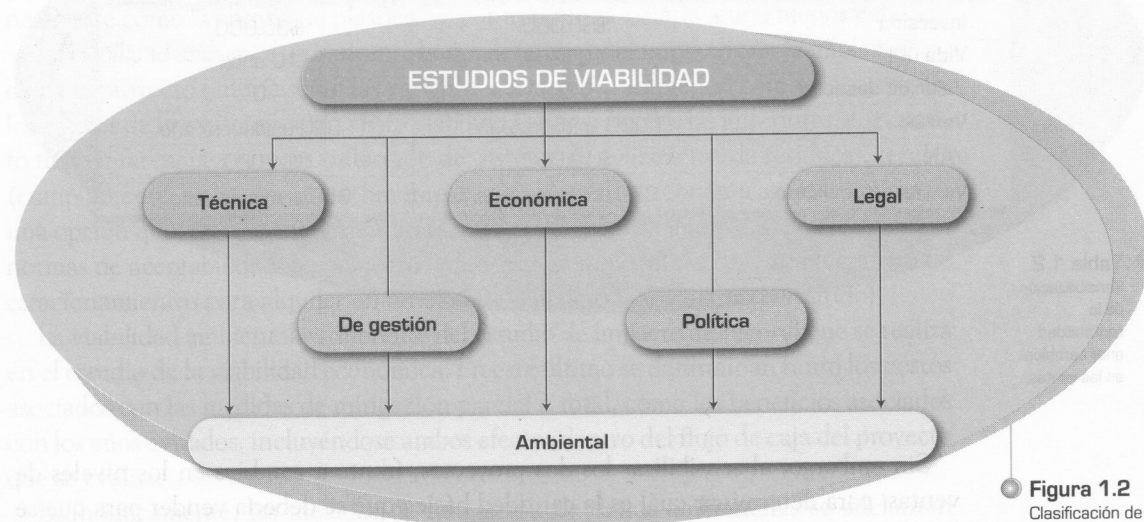


Figura 1.2
Clasificación de los estudios de viabilidad.

Dado que los agentes que participan en la decisión de una inversión, como los directivos superiores de la empresa, socios y directores del negocio, financista bancario o personal, evaluador del proyecto, etc., tienen grados distintos de aversión al riesgo, poseen información diferente y tienen expectativas, recursos y opciones de negocios

también diversas, la forma de considerar la información que provee un mismo estudio de proyectos para tomar una posición al respecto puede diferir significativamente entre ellos.

Ejemplo 1.2

Si se comparan los dos proyectos de la tabla 1.2, con los criterios tradicionales probablemente se opte por elegir el proyecto A, por tener un *valor actual neto*⁴ substancialmente mayor que el del proyecto B. Dado que ambos requieren igual monto de inversión, que tienen la misma proyección de ventas, igual vida útil y suponiendo equivalentes condiciones de riesgo, la mayoría optaría por el primero, por ser más rentable.

	Proyecto A	Proyecto B
Inversión	\$30.000	\$30.000
Vida útil	10 años	10 años
Valor de desecho	0	0
Ventas	1.000 unidades/año	1.000 unidades/año
VAN	\$12.000	\$4.000
Ventas de equilibrio	950 unidades/año	650 unidades/año

Tabla 1.2

Sensibilización de la rentabilidad ante cambios en las ventas.

Sin embargo, al sensibilizar los dos proyectos, frente a cambios en los niveles de ventas, para determinar cuál es la cantidad básica que se debería vender para que se logre ganar únicamente lo que se exige como mínimo de retorno a la inversión, se observa que el proyecto A resiste como máximo una caída de 5% en las ventas, mientras que el proyecto B, el menos rentable, resiste una caída de 35%. Con esta información, probablemente muchos optarán por el segundo proyecto.

⁴ El valor actual neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que señala cuánto se ganaría al hacerlo por sobre la rentabilidad que se le exige al proyecto y después de recuperada la inversión. O sea, si este resultado fuese 0, el proyecto es satisfactorio, porque da al inversionista justo lo que quiere ganar.

Nótese que esta sensibilización de la variable cantidad no hizo más riesgoso al proyecto A. Sólo agregó información para facilitar la toma de decisiones por parte de los distintos agentes involucrados en ella. Quienes crean posible vender mil unidades, o al menos 950, elegirán la alternativa A y quienes crean que es difícil llegar a ese volumen de ventas, probablemente optarán por la opción B.

Para apoyar la decisión, la evaluación deberá incorporar un dato adicional a la sola medición de una rentabilidad: la sensibilización de los resultados. Los análisis de sensibilidad constituyen, con respecto a esto, una de las más eficaces herramientas para apoyar la viabilidad política.

En el ejemplo 1.2 se podría dar el caso de que el inversionista considere más riesgoso el proyecto B que el A, si cree que el 5% de holgura en que puede caer la demanda del proyecto A es un rango muy alto frente a sus estimaciones y al valor que da al estudio de mercado y, al mismo tiempo, estima que el 35% de holgura del proyecto B es un rango muy bajo y riesgoso por las características que muestra el proyecto. Esto se observa, por ejemplo, en muchos proyectos que pretenden introducir una innovación tecnológica para sustituir un producto muy bien posicionado en el mercado como, por ejemplo, la fabricación de ventanas de PVC para sustituir a las de madera o aluminio. Por muchas y buenas que sean las características técnicas del PVC, el inversionista podría dudar sobre cómo lo percibe el cliente quien, incluso, podría considerarla erróneamente como “ventana de plástico” y, por lo tanto, asociarla a una menor calidad.

La *viabilidad ambiental*, por último, busca determinar el impacto que la implementación del proyecto tendría sobre las variables del entorno ambiental como, por ejemplo, los efectos de la contaminación. Esta viabilidad abarca a todas las anteriores, por cuanto tiene inferencias técnicas (selección del sistema de evacuación de residuos), legales (cumplimiento de las normas sobre impacto ambiental) y económicas (la elección de una opción que, aunque menos rentable que la óptima, posibilite el cumplimiento de las normas de aceptabilidad del proyecto como, por ejemplo, el tamaño de un edificio de estacionamientos para alquilar en función del impacto vial máximo permitido).

La viabilidad ambiental es diferente del estudio de impacto ambiental que se realiza en el estudio de la viabilidad económica. En este último se determinan tanto los costos asociados con las medidas de mitigación parcial o total, como los beneficios asociados con los años evitados, incluyéndose ambos efectos dentro del flujo de caja del proyecto que se evalúa.

Económicamente, las medidas de mitigación de daños ambientales se adelantan hasta el punto en que el valor marginal del daño evitado se iguale con el costo marginal del control de daños. Desde esta perspectiva se busca minimizar el costo total del proyecto, para lo cual es permisible un cierto nivel de daño ambiental residual, que en muchos casos no tiene un carácter permanente.

Desde el punto de vista de la medición de la rentabilidad privada, se deberán incluir los costos que más probablemente enfrentará el inversionista, como, por ejemplo, una compensación económica futura por el daño causado. Entre otros, se deberán incluir costos como los necesarios para cumplir con las normas de evacuación de gases o contaminación

de aguas; para eliminar, reciclar o biodegradar residuos sólidos que no pueden ser depositados en lugares controlados y autorizados para tales fines; y para acceder a materias primas que cumplan con normas vinculadas a residuos de embalajes.

1.3

Etapas de un proyecto

Hay muchas formas de clasificar las etapas de un proyecto de inversión. Una de las más comunes, y que se empleará en este texto, identifica cuatro etapas básicas: la generación de la idea, los estudios de preinversión para medir la conveniencia económica de llevar a cabo la idea, la inversión para la implementación del proyecto y la puesta en marcha y operación.

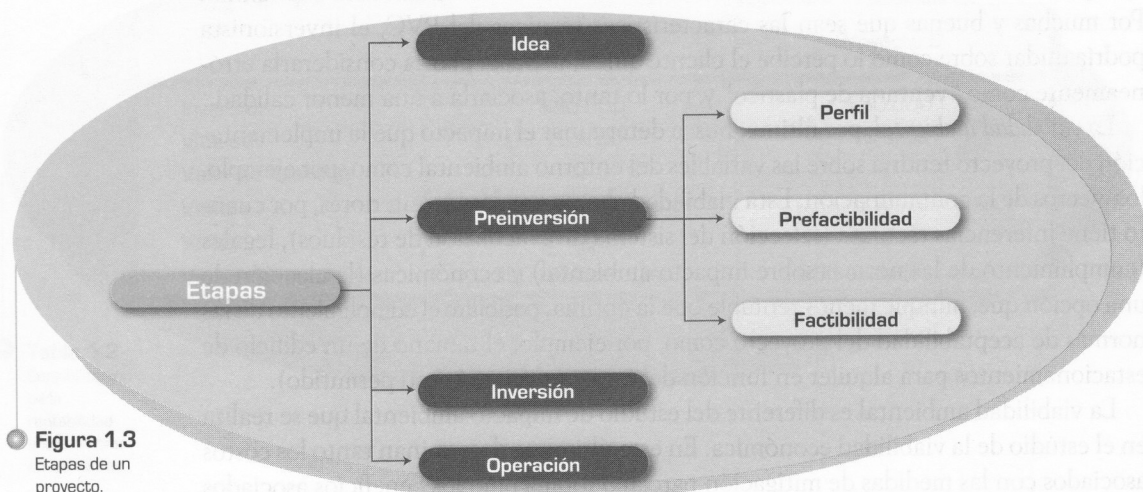


Figura 1.3
Etapas de un proyecto.

La *etapa de idea* corresponde al proceso sistemático de búsqueda de nuevas oportunidades de negocio o de posibilidades de mejoramiento en el funcionamiento de una empresa, el cual surge de la identificación de opciones de solución de problemas e ineficiencias internas que pudieran existir o de las diferentes formas de enfrentar las oportunidades de negocio que se pudieran presentar.

En el primer caso, de la identificación de problemas, son frecuentes los proyectos de *outsourcing* en los que la alternativa de externalizar un servicio o proceso pudiera suplir una ineficiencia interna para trabajar en los niveles de costos adecuados o

el reemplazo de un activo, donde el costo asociado al reemplazo es menor que el de continuar con él; o al de la internalización de procesos que se contratan externamente para, por ejemplo, aumentar la productividad del personal que no está plenamente ocupado.

Problemas frecuentes que dan origen a estudios de proyectos son las dificultades para abastecerse de insumos, la calidad inadecuada de la materia prima o del producto que elabora la empresa, las limitaciones de producción, los factores que hacen a la empresa ser seguidora y no líder de los cambios en el mercado, etc.

En el segundo caso, de la identificación de oportunidades de negocio, se encuentran proyectos como los de ampliación o los de internalización de algún proceso para aumentar la productividad de los trabajadores, si existiera *capacidad ociosa*, cuando es posible observar capacidad subutilizada de una empresa para producir. Por ejemplo, cuando tiene la posibilidad de producir más y no lo hace por razones fundamentalmente de falta de demanda o por inconveniencia económica.

La generación de ideas de proyectos no requiere sólo imaginación. Existen muchas y diversas fuentes de inspiración. La observación de lo que actualmente se hace permite deducir posibles mejoras, así como la revisión de las necesidades de la propia empresa y su entorno permiten apreciar grados de satisfacción de sus clientes. Si los requerimientos no están totalmente satisfechos, existe ahí una oportunidad de negocio. Por ejemplo, el envejecimiento de la población permite deducir un crecimiento futuro en la demanda de productos de mayor calidad y en formatos más específicos para matrimonios mayores que viven sin los hijos. El cambio en los hábitos de vida (más autonomía e independencia) y de consumo (alimentación, entretenimiento) hace demandar servicios cada vez más complejos, como el servicio de comida a domicilio.

Un nuevo proyecto que busque dar respuesta con una oferta innovadora efectiva a estos requerimientos exige que el producto o servicio sea el resultado de una búsqueda sistemática, en la cual se observe qué sucede en otros lugares y la posibilidad de que el mercado local adopte esos cambios. Ante el envejecimiento de la población, surgen las residencias de ancianos, la presentación de productos en tamaños más reducidos y con características apropiadas a matrimonios mayores que viven solos. En Estados Unidos se adoptó el término *woopies* para representar a la gente mayor y adinerada que, después de jubilarse, manifiesta nuevas necesidades de consumo y entretenimiento, dispone de una pensión segura (y en muchos casos alta) y tiene reducidas responsabilidades u obligaciones financieras.

Los jóvenes, por otra parte, tardan más en casarse y sus demandas son propias de quienes viven solos o en pareja antes de casarse. Esto explica los cambios en la oferta habitacional, donde se observa un crecimiento explosivo de viviendas unipersonales, así como de electrodomésticos diferenciados por su tamaño.

La participación cada día mayor de la mujer en el trabajo incrementa las ventas de comidas preparadas y la aparición de nuevos servicios domésticos y de apoyo al cuidado y educación de los hijos pequeños.

La demanda creciente por el perfeccionamiento profesional hace que se ofrezcan múltiples cursos de postgrado o de especialización y libros como este.

El retorno a la valorización del tiempo disponible y la preocupación por el culto al cuerpo sano están desarrollando el mercado de los gimnasios, los complementos nutricionales y los insumos deportivos.

Antes de evaluar la idea, esta debe definirse con precisión, especificando el valor creado o añadido para el cliente. La idea, así definida, debe confrontarse con el mercado potencial para determinar las razones de por qué será preferida en vez de lo ofertado por la competencia. Esto obliga a explicitar las ventajas comparativas, basándose en las debilidades de la competencia, donde la demanda no esté siendo satisfecha o lo esté de manera ineficiente.

El proceso de búsqueda de oportunidades de inversión se ve facilitado cuando es posible identificar las fortalezas específicas propias: ventajas diferenciadoras del producto, de los recursos y de las disponibilidades de insumos; cobertura diferenciada del mercado; organización de ventas o distribución más sólida; ventajas geográficas; desarrollo de aplicaciones innovadoras; capacidad para detectar anticipadamente cambios en el entorno, en los estilos de vida y en las necesidades de los consumidores; problemas en la competencia por calidad del producto, escasez de recursos, limitaciones de producción, insatisfacción del cliente, etc.

La eficacia del proceso de decisión se fundamenta en la capacidad para identificar el máximo de opciones de solución a cada problema u oportunidad de inversión. Es frecuente que el estudio de proyectos se inicie sobre la base de opciones ya definidas. El óptimo, sin embargo, puede estar en una opción no predefinida. Por ejemplo, si el proceso de producción pasa por dos máquinas cuya capacidad de producción es de 106 y 112 unidades/hora, respectivamente, y termina en una tercera que da el acabado al producto con una capacidad limitada a sólo 60 unidades/hora y se evalúa enfrentar una demanda equivalente a 100 unidades/hora, las opciones de solución son múltiples: hacer trabajar la tercera máquina en dos turnos, pagar sobretiempo a los trabajadores, subcontratar el servicio de acabado, comprar una segunda máquina o bajar todo el nivel de producción a 60 unidades/hora, entre otras.

La etapa de preinversión corresponde al estudio de la viabilidad económica de las diversas opciones de solución identificadas para cada una de las ideas de proyectos, la que se puede desarrollar de tres formas distintas, dependiendo de la cantidad y calidad de la información considerada en la evaluación: perfil, prefactibilidad y factibilidad.

Mientras menor cantidad y calidad tenga la información, más se acerca el estudio al nivel de perfil; y mientras más y mejor sea ésta, más se acerca al nivel de factibilidad. Es decir, la profundización de los estudios de viabilidad económica posibilita reducir la incertidumbre sobre algunas variables que condicionan el resultado en la medición de la rentabilidad de un proyecto, a costa de una mayor inversión en estudios.

El estudio en nivel de *perfil* es el más preliminar de todos. Su análisis es, en forma frecuente, *estático*⁵ y se basa principalmente en *información secundaria*⁶, generalmente de tipo cualitativo, en opiniones de expertos o en cifras estimativas. Su objetivo fundamental es, por una parte, determinar si existen antecedentes que justifiquen abandonar el proyecto sin efectuar mayores gastos futuros en estudios que proporcionen mayor y mejor información; y por otra, reducir las opciones de solución, seleccionando aquellas que en un primer análisis pudieran aparecer como las más convenientes.

Los niveles de *prefactibilidad* y *factibilidad* son esencialmente dinámicos; es decir, proyectan los costos y beneficios a lo largo del tiempo y los expresan mediante un flujo de caja estructurado en función de criterios convencionales previamente establecidos. En el nivel de *prefactibilidad* se proyectan los costos y beneficios sobre la base de criterios cuantitativos, pero sirviéndose mayoritariamente de *información secundaria*. En *factibilidad*, la información tiende a ser demostrativa, recurriéndose principalmente a *información de tipo primario*. La información primaria es la que genera la fuente misma de la información. Por ejemplo, mientras el costo promedio del metro cuadrado de construcción se usa a nivel de *prefactibilidad* por ser un promedio o estándar, en *factibilidad* debe realizarse un estudio detallado de cada uno de los ítems, para determinar la cuantía de los costos específicos de esa construcción en particular.

Otros estándares comunes usados en el nivel de *prefactibilidad* son el costo de combustible por unidad producida, la inversión por kilowatt de capacidad, el costo de transporte por tonelada/kilómetro movilizadas, el costo de mantenimiento por unidad de producción, el porcentaje de pérdidas por manipulación de insumos, los kilómetros recorridos por litro de gasolina, etc.

Dependiendo de lo completo del estudio y lo convincente de los resultados obtenidos a nivel de *perfil*, se decidirá si se pasa a la etapa de *prefactibilidad* o directamente a la de *factibilidad*. En casi la totalidad de los casos, el nivel de *perfil* proporciona informaciones tan generales que se hace imprescindible realizar la *prefactibilidad* del proyecto.

Contrariamente a lo sostenido por varios autores, lo que parece más conveniente para la empresa no es llevar todo un estudio de viabilidad a nivel de *factibilidad*, sino hacerlo sólo con aquellas variables respecto de las cuales se tenga mayor incertidumbre. Así, por ejemplo, se podrían calcular ciertos costos de producción a nivel de *prefactibilidad* cuando los estándares son conocidos y altamente confiables y, en el mismo estudio, estimar la demanda a nivel de *factibilidad* cuando hay dudas razonables de la magnitud de ella calculada con información aproximada, como la de tipo secundario.

⁵ Compara, por ejemplo, los costos con los beneficios de un período considerado como representativo o promedio anual perpetuo del comportamiento de un proyecto.

⁶ La que proviene de fuentes de información secundaria, como la elaborada por terceros: promedios de precios de insumos, estándares de costos de construcción, tasa de crecimiento de la población revelada por el Instituto Nacional de Estadísticas, registros de importación del Banco Central y otras que pueden ser consideradas como representativas de la situación que se evalúa en el proyecto.

La etapa de *inversión* corresponde al proceso de implementación del proyecto, donde se materializan todas las inversiones previas a su puesta en marcha.

La etapa de *operación* es aquella en la que la inversión ya materializada está en ejecución; por ejemplo, el uso de una nueva máquina que reemplazó a otra anterior, la compra a terceros de servicios antes provistos internamente, el mayor nivel de producción observado como resultado de una inversión en la ampliación de la planta o con la puesta en marcha de un nuevo negocio.

1.4

El proceso de estudio del proyecto

El estudio de la rentabilidad de una inversión busca determinar, con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, costos y beneficios de un proyecto para posteriormente compararlos y determinar la conveniencia de emprenderlo. La primera etapa se conoce como la formulación y preparación de proyectos, donde la *formulación* corresponde al proceso de definición o configuración del proyecto, mientras que la *preparación* es el proceso de cálculo y estructuración de los costos, inversiones y beneficios de la opción configurada. La segunda etapa corresponde a la *evaluación del proyecto*.

La preparación del proyecto busca cuantificar los comportamientos más probables de ingresos y egresos de un proyecto. Sin embargo, muchas veces el proyecto no está configurado en forma completa y debe ser formulado previamente. Por ejemplo, si la localización no está definida, deberá estudiarse cuál de las opciones identificadas para la ubicación del proyecto es la más atractiva, si conviene alquilar o comprar las oficinas administrativas, si es mejor comprar una tecnología de bajo costo que dura pocos años o una más cara que debe reemplazarse en un tiempo mayor, si el transporte se debe hacer con vehículos propios o contratando el servicio de flete, etc. El estudio de estas opciones a nivel de perfil es un procedimiento al que se recurre cuando se busca formular el proyecto, por cuanto reduce los escenarios sobre los que se puede materializar la inversión.

Una vez configurado el proyecto, se estudian nuevamente y en forma más detallada los costos y beneficios asociados a cada una de las variables seleccionadas que, al ser analizadas a nivel de perfil, no fueron lo suficientemente profundizadas para cumplir con los niveles de calidad exigidos a la información en un estudio de prefactibilidad o de factibilidad. El resultado de la preparación de un proyecto es la construcción de un *flujo de caja* con la proyección en el tiempo de la estimación de la ocurrencia de los costos y beneficios vinculados a su implementación.

Por su cuantía y significación en los resultados de la evaluación, las inversiones son uno de los ítems que requiere la mayor dedicación en su estimación.

Las inversiones de un proyecto se pueden clasificar en dos grandes tipos: aquellas que se realizarán antes de la implementación del proyecto y las que se realizarán durante

su operación. Las primeras dan origen a lo que se denomina *calendario de inversiones*, el cual refleja detalladamente, en un presupuesto, la totalidad de las inversiones previas a la puesta en marcha del proyecto, en el momento en que ocurre cada una de ellas. El objeto de identificarlas en el momento más exacto en que ocurren es el de poder incorporar el efecto del *costo de capital* que se debe asumir por mantener inmovilizados recursos durante la etapa de construcción. Costo de capital es la tasa de retorno que, como mínimo, se le exige generar a la inversión requerida por el proyecto y que equivale a la rentabilidad esperada, a la que se renuncia por invertir en un proyecto económico de riesgo similar.

En algunos casos, la etapa de inversión puede durar varios meses o incluso años. Durante ese período, los recursos invertidos devengan intereses financieros si ellos son financiados mediante préstamos bancarios o generan un *costo de oportunidad* (ingresos dejados de percibir en otra posibilidad de inversión por tenerlos inmovilizados durante la etapa de construcción) si son financiados con recursos propios. Sin embargo, estos costos no deberían incluirse en el calendario de inversiones, ya que lo usual es que dicho flujo se capitalice, calculando un valor futuro equivalente único de todas las inversiones a una tasa que incluya este costo.

En cuanto a la prefactibilidad, es frecuente observar que las inversiones incluidas en el calendario se incorporan en los flujos de caja como una simple suma en el momento cero, presumiendo que no habría un costo de oportunidad de los recursos durante la etapa de inversión. Lo correcto, sin embargo, es incluir el costo del capital inmovilizado mediante la capitalización o cálculo del valor futuro, de los flujos resultantes en la proyección del calendario de inversiones, tal como se expone en el capítulo 5.

Esto también es válido cuando se consideran inversiones durante la operación del proyecto. Por ejemplo, cuando se incluye una ampliación que requerirá desembolsos por un tiempo que pudiera ser significativo (varios meses), donde el costo de capital de los recursos inmovilizados mientras se efectúan las instalaciones que permitan enfrentar la mayor actividad, podría alcanzar niveles relevantes e influir en el resultado de la evaluación, o proporcionar una información errónea en una eventual gestión para la consecución de financiamiento. Una situación similar ocurre cuando se estudia el traslado de una planta productiva donde se debe considerar el excedente de stock que hay que mantener para garantizar los despachos a clientes.

Durante la operación del proyecto, las inversiones se producen tanto por la necesidad de reemplazo de algunos activos como por tener que enfrentar el crecimiento o ampliación de los niveles de operación.

La sustitución de activos se fundamenta en la vida útil esperada de ellos, la cual puede estimarse sobre la base de varios criterios que se describen en los capítulos siguientes.

La estimación de los costos del proyecto es también una tarea importante del estudio de viabilidad, tanto por su efecto en la determinación de su rentabilidad como por la variedad de elementos que condicionan su cuantía y pertinencia en la evaluación, sean estos contables o no. Un *costo contable* es aquel que se refleja en los estados de

pérdidas y ganancias de una empresa, con fines tributarios, mientras que un *costo no contable* es aquel que no va en los estados contables de la empresa pero que tiene impacto sobre la decisión, como por ejemplo, el costo de oportunidad de una inversión.

Mientras que los costos contables son útiles para satisfacer los requerimientos legales y tributarios, los costos no contables buscan medir su efecto neto en el resultado de cada decisión. Incluso, hay costos de obvio significado para el análisis que no se obtienen de los estados contables, como los costos fijos a largo plazo y los de oportunidad, que no sólo no pueden dejar de ser considerados en la decisión, sino que probablemente tendrán una influencia marcada en los resultados.

Para la toma de la decisión, entre proyectos que generen igual beneficio, será fundamental la diferencia entre los costos de cada alternativa. Estos costos, denominados *costos diferenciales*, expresan el incremento o disminución de los costos totales, lo que implicaría la adopción de una u otra opción. Por ejemplo, no es relevante conocer la remuneración de una secretaria si lo que se evalúa es el tipo de computadora que se le debe comprar, ni los ingresos si se busca determinar si la opción de una correa transportadora es o no mejor que un tractor con un carro de arrastre.

Los *beneficios del proyecto* están constituidos tanto por los ingresos operacionales proyectados como por los beneficios que, sin ser movimiento de caja, son parte de la riqueza del inversionista creada por el proyecto. Estos últimos no podrán ser considerados en la determinación de la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar las inversiones del proyecto, aunque es común que muchos analistas consideren que un proyecto, por el solo hecho de ser rentable, es sujeto de crédito.

Ejemplo 1.3

Si se evalúa la conveniencia de comprar un vehículo en \$ 1.000 para utilizarlo en el transporte comercial de pasajeros y si se estima que puede generar recursos durante toda la vida útil de evaluación (10 años, por ejemplo) por el equivalente en moneda actual de sólo \$ 800, no se puede concluir que el proyecto sea malo, por cuanto la inversión le permitirá al inversionista ser dueño de un vehículo que, al cabo de los 10 años, podría ser vendido, por ejemplo, en \$ 500 en moneda actual, o seguir generándole rentas futuras por su uso.

Tabla 1.3
Efecto de los beneficios que no son ingresos de caja.

Ítem	\$
Inversión	-1.000
Beneficio directo	800
Valor remanente	500
Saldo	300

Para medir la rentabilidad de cualquier inversión se deberá incluir este beneficio asociado al remanente de la inversión, al que se denomina *valor de desecho*. Pero para medir la capacidad de pago de eventuales préstamos con la finalidad de financiar dicha inversión, el valor de desecho deberá excluirse, ya que el proyecto no será vendido (y por ello no generará ingresos), pues sólo fue valorado para medir el aumento o disminución de la riqueza del inversionista. Si toda la inversión fuese *prestada*, el inversionista aumenta su riqueza en \$300, pero no tiene capacidad de pago en los 10 años, por cuanto para devolver el préstamo tendría que vender el activo financiado con ese préstamo.

Muchas veces se debe evaluar un proyecto para una empresa en funcionamiento donde no hay ingresos relevantes; por ejemplo, la adquisición de sistemas computacionales, el reemplazo de un vehículo o el cambio de bodegas. En estos casos, los beneficios se asocian a los posibles ahorros de costos entre la alternativa de seguir con la situación existente (sin proyecto) y la situación con proyecto. Así, por ejemplo, es posible asociar la compra de computadoras con el ahorro de tiempo de los empleados y, por lo tanto, con una eventual reducción de personal y los ahorros de sueldos correspondientes; el reemplazo de un vehículo usado por otro nuevo podría reducir los costos anuales de mantenimiento y el uso de repuestos, y el alquiler de nuevas bodegas podría permitir el ahorro de costos de fletes, si estas se localizan más cerca de la planta o de los consumidores. En todos estos casos el beneficio de hacer el proyecto no es un ingreso, sino el ahorro de costos.

La construcción del flujo de caja del proyecto genera diversas complicaciones al evaluador que no conoce ni aplica las distintas opciones que se presentan, dependiendo de la finalidad del estudio y la finalidad de la inversión. Como se mencionó anteriormente, desde el punto de vista de la finalidad del estudio se pueden construir hasta tres flujos distintos de caja:

- a. el que se hace con fines de calcular la rentabilidad de la inversión;
- b. el que se hace para determinar la rentabilidad del inversionista o de los recursos propios invertidos en el proyecto; y
- c. el que se hace para medir la capacidad de pago del propio proyecto con los compromisos financieros asumidos en el financiamiento de la inversión.

Desde el punto de vista del objeto de la inversión, se debe elaborar un flujo de caja específico para medir la rentabilidad que se podría esperar con la creación de un nuevo negocio y otro distinto para evaluar un proyecto para una empresa ya funcionando. En este último caso se podrá optar entre dos procedimientos para el análisis: construir y comparar un flujo de caja para la situación sin proyecto con otro para la situación con proyecto, o confeccionar un flujo de caja incremental. Este tema se trata detalladamente en el capítulo 7.

El flujo de caja, cualquiera sea la finalidad con la que se elabore, tiene una estructura convencional basada en criterios conocidos y ampliamente aceptados,

que son fundamentales para que el resultado de la evaluación cumpla con los requerimientos de información de los distintos agentes involucrados en el proceso de aprobación y financiamiento. El horizonte de evaluación depende mucho de las características de cada proyecto. Si es uno al que se le augura una vida útil finita y conocida de, por ejemplo 5, 8, ó 15 años, lo mejor será construir un flujo de caja a ese plazo. Pero si el proyecto pretende mantenerse en el tiempo, hay una convención, no escrita, que hace usar un período de evaluación de diez años. Los beneficios que pueden esperarse después del décimo año se reflejan en el valor de desecho del proyecto. Este valor se anota como beneficio del proyecto en el último momento del flujo. Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, un procedimiento usualmente empleado es evaluarlos al plazo de término del que tiene la menor vida. El valor de desecho de los de mayor duración reflejará los beneficios que se podrían esperar después de ese plazo. Sin embargo, como se explica más adelante, existen varias opciones para calcular su valor, que se deberán aplicar de acuerdo con las características particulares de los proyectos que se comparan.

La evaluación puede expresarse de muchas formas distintas: en unidades monetarias, como una relación o índice, como un porcentaje o como el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otras. Los principales criterios de evaluación son:

- a. el *valor actual neto*, conocido como VAN, que mide en valores monetarios, los recursos que aporta el proyecto por sobre la rentabilidad exigida a la inversión y después de recuperada toda ella;
- b. la *tasa interna de retorno*, conocida como TIR, que mide la rentabilidad de un proyecto como un porcentaje y corresponde a la tasa que hace al valor actual neto igual a 0;
- c. el *período de recuperación de la inversión*, PRI, que mide en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluido el costo del capital involucrado; y
- d. la *rentabilidad inmediata*, RI, que determina el momento óptimo para hacer la inversión.

Una forma alternativa a estos métodos llamados *tradicionales* para medir la conveniencia de realizar una inversión, la constituye el análisis del proyecto, tal como se hace con una *opción real*.

Cuando existen restricciones de recursos para poder implementar todos los proyectos que cumplieron con los requisitos de elegibilidad, se incorporan instrumentos complementarios, como el IVAN⁷, para determinar la combinatoria óptima de proyectos que se seleccionarán o recurrir al uso de la función **Solver** de una planilla electrónica de cálculo como Excel. Cuando se busca optimizar la decisión, como por ejemplo respecto del momento óptimo de iniciar la ejecución del proyecto, se recurre a otros instrumentos, tales como la *rentabilidad inmediata*⁸.

⁷ Como se expondrá más adelante, el índice de valor actual neto, IVAN, mide cuánto aporta de VAN cada peso invertido en un proyecto y no siempre determina la combinación óptima.

⁸ En el capítulo 11 se analizan detalladamente los criterios de optimización de proyectos.

La evaluación del proyecto, cualquiera sea el método usado, considera, para calcular la rentabilidad de la inversión, la ocurrencia de hechos futuros y estima los costos y beneficios futuros en uno solo de entre muchos escenarios posibles. Sin embargo, dada la imposibilidad de prever con exactitud el comportamiento de las variables que condicionan la rentabilidad calculada, es conveniente agregar información que contribuya a tomar la decisión por parte de agentes involucrados tan distintos como el inversionista que arriesga su capital, el financista que presta recursos y el gerente o el ejecutivo que administran recursos de accionistas, entre muchos otros. Cada uno de ellos observa el resultado del estudio de proyectos desde muy diversas perspectivas, por cuanto entre ellos hay expectativas, grados de aversión al riesgo e informaciones distintas que obligan a buscar una solución que satisfaga los requerimientos de todos ellos.

Existen principalmente tres elementos que explican el fracaso de algunos proyectos:

- a. la imposibilidad de la predicción perfecta que debe intentar hacer el evaluador sobre cada uno de los componentes de sus beneficios y costos;
- b. la no participación del evaluador en la administración del proyecto, la que puede ser enfrentada con estrategias de negocio diferentes de las previstas o que la gerencia reaccione a cambios de distinta forma de la prevista en cualquier análisis de sensibilidad; y
- c. los errores conceptuales en que incurren algunos evaluadores, ya sea por desconocimiento del instrumental teórico o por considerar sólo algunas opciones metodológicas que ofrece el marco conceptual disponible.

En general, los modelos de sensibilización muestran el grado de variabilidad que puede exhibir o resistir, dependiendo del modelo utilizado, uno o más de los componentes del flujo de caja. La teoría ofrece, a este respecto, dos modelos distintos para efectuar el análisis de sensibilidad: uno que calcula qué pasa con la rentabilidad del proyecto si cambia el valor de una o más variables incluidas en la proyección (una variación de este modelo mide la rentabilidad en tres escenarios distintos: el normal, que corresponde al flujo original del proyecto, uno optimista y otro pesimista); y otro que busca determinar hasta dónde resistiría un proyecto que modifique el valor de esa variable⁹, es decir, el punto límite para que se obtenga únicamente la rentabilidad deseada después de recuperar la inversión.

Frente a la imposibilidad de disponer de técnicas que aseguren la predicción perfecta y la de transformar este texto en uno de administración de proyectos, se profundizan los análisis de opciones conceptuales para solucionar los problemas de cálculo de la rentabilidad y el análisis optimizante de proyectos.

⁹ El desarrollo de este modelo se explica detalladamente en el capítulo 9.

La evaluación de proyectos, desde la perspectiva de este texto, no será tratada como un instrumento de decisión, donde el resultado positivo haga recomendar la implementación del proyecto y el negativo su rechazo. El estudio de proyectos será considerado como un instrumento que provee información para ayudar a la toma de una decisión de inversión, ya que los elementos que influirán en ella serán de muy distinta índole, como por ejemplo, razones políticas, humanitarias, de seguridad nacional, de imagen corporativa o de estrategias competitivas.

Costos e inversiones

El objetivo de este capítulo es exponer las metodologías y los distintos procedimientos de cálculo de los diferentes tipos de costos e inversiones que deben ser considerados en los proyectos, para su correcta incorporación en la construcción de los distintos flujos de caja que se deben elaborar para su evaluación.

Los egresos relevantes para la decisión se pueden diferenciar entre aquellos que constituyen inversión y los que son egresos de operación. Mientras los primeros no son gastos deducibles de impuestos en el momento que ocurre el desembolso, los segundos se deben anotar antes de impuesto, ya que permiten reducir la utilidad contable sobre la cual se calcula el monto de los impuestos pagaderos. Estos dos componentes de los costos de un proyecto se analizan principalmente en ese capítulo, y se revisa el costo de falla vinculado a una política de mantenimiento, dando especial énfasis a cómo se debe determinar la inversión en capital de trabajo, al análisis de los costos relevantes, y a los costos secundarios que podrían, en pocos proyectos, ser de alta relevancia en los resultados de una evaluación: el comportamiento decreciente de los costos por el efecto de los ajustes del proceso natural de aprendizaje cuando se incorpore nueva tecnología, el crecimiento de los costos por antigüedad de los equipos y la irrelevancia de algunos costos asignados.

¹ El período de depreciación corresponde al plazo en que una inversión es cargada a gasto contable con fines tributables. Cuando se compra un activo, no cambia el valor de la empresa, pero al pasar el tiempo, este pierde valor. El fisco define como depreciación la pérdida de valor promedio anual de un activo, el cual puede descontarse de la utilidad como un gasto. El plazo en que se puede depreciar un activo se define como período de depreciación. En algunos países se denomina "amortización a la depreciación".

La mayoría de las inversiones de un proyecto se concentra en aquellas que se deben realizar antes del inicio de la operación, aunque es importante considerar también las que se deben realizarse durante la operación del proyecto, tanto por la necesidad de reemplazar activos como para enfrentar la ampliación proyectada del nivel de actividad.

Las inversiones de reemplazo se incluirán en función de la vida útil de cada activo, la que se puede calcular de acuerdo con distintos criterios:

- a. *criterio contable*: supone que los activos deberán ser reemplazados en la misma cantidad de años en que pueden ser depreciados contablemente¹;
- b. *criterio técnico*: define el período de reemplazo en función de estándares predeterminados de uso, que se relacionan con tasas estudiadas de fallas, obsolescencia de los equipos, horas de trabajo, años, unidades producidas u otra forma donde primen las características físicas de las inversiones;
- c. *criterio comercial*: determina el período de reemplazo en funcionamiento de alguna variable comercial generalmente asociada a la imagen corporativa; por ejemplo, el reemplazo de los vehículos de gerencia o la flota de vehículos que distribuyen productos congelados para dar a los clientes una imagen de modernidad, higiene y alta tecnología o renovar muy ocasionalmente los vehículos en que se transporta vino, para dar una imagen de tradición, antigüedad e, incluso, falta de procesos de tecnología moderna y de aditivos químicos en la elaboración del producto;
- d. *criterio económico*: estima el momento óptimo económico de la sustitución, es decir, cuando los costos de continuar con un activo son mayores que los de invertir en uno nuevo².

El avance que se observa de manera creciente en los últimos años en casi todas las áreas tecnológicas puede determinar que se acorte la vida útil económica de un activo, aunque no su vida útil técnica ni contable.

Lo anterior hace conveniente elaborar un cuadro de requerimientos de activos para poder construir un calendario de inversiones de sustitución durante el horizonte de evaluación, tal como se explicó en el capítulo 3.

Las inversiones más frecuentes en proyectos de ampliación, internalización y reemplazo se asocian con la construcción de las obras físicas necesarias y con la adquisición del equipamiento, mobiliario y vehículos. Pero no es posible esperar que un nuevo proyecto pueda funcionar sin tener definidos sus sistemas de información, su plan de cuentas contable, su sistema de cobranzas, de clientes y proveedores, su control de inventarios, la adquisición de licencias, el montaje y pruebas para la puesta en marcha, la capacitación del personal, etc. Estos elementos son los que se conocen generalmente como activos intangibles. Para una correcta evaluación se deberán estimar

² En el capítulo 11 se aborda con profundidad el tema del momento óptimo económico del reemplazo de un activo.

los desembolsos en todos los ítems que requerirán estar oportuna y adecuadamente disponibles en el momento de su puesta en marcha.

En proyectos de abandono y de *outsourcing* es frecuente identificar el concepto de desinversión como una forma de expresar la liberación de recursos físicos que hace la empresa, a pesar de que con ello se incrementan los recursos líquidos que podrían tener una mayor rentabilidad de uso.

De igual forma, hay un concepto de inversión que es necesario considerar y que no se incluye entre las inversiones fijas. Es el que corresponde a aquellos recursos que deben estar siempre en la empresa para financiar el desfase natural que se produce en la mayoría de los proyectos entre la ocurrencia de los egresos, primero, y su posterior recuperación.

Esta inversión, que se conoce como *inversión en capital de trabajo*, constituye el total de recursos que facilitará el financiamiento de la operación del negocio.

Hay algunas inversiones que, aunque se hagan, son irrelevantes para la decisión de hacer o no el proyecto; por ejemplo, la realizada en el estudio de la viabilidad del propio proyecto: ya sea que se realice o no el proyecto, este desembolso igualmente deberá ocurrir.

Aunque en un proyecto de creación de una nueva empresa se considera relevante el efecto tributario de la amortización contable del estudio³, en un proyecto de una empresa en marcha, tanto el costo como el beneficio tributario producido por la contabilización del estudio son irrelevantes, ya sea que se haga o no el proyecto, la empresa llevará contablemente a gasto del periodo dicho costo y aprovechará, independientemente de qué se decida hacer, el ahorro tributario que ello conlleva.

En proyectos que se evalúan en empresas en funcionamiento, los gastos previos a la puesta en marcha se anotarán, antes de impuesto, en el momento cero, con todos los efectos tributarios que ello signifique, pues es posible hacerlo, por cuanto la empresa existe.

En una empresa en marcha, el ahorro tributario de la depreciación de los activos durante la etapa de inversión podrá asignarse al momento cero, dado que se genera en una empresa existente⁴. Sin embargo, si la empresa es creada con el proyecto, todos los egresos durante la construcción se activan y se desprecian o amortizan* a partir del momento 1.

5.2 Cómo determinar la inversión en capital de trabajo

Una inversión fundamental para el éxito o fracaso de un negocio es la que se debe hacer en capital de trabajo. El proyecto puede considerar la inversión en todos los activos fijos necesarios para poder funcionar adecuadamente, pero si no contempla la

³ Es relevante, porque si se crea la empresa el costo del estudio podrá activarse y aprovecharse el efecto tributario de su amortización contable y si se opta por rechazar el proyecto no podrá ni activarse ni amortizarse.

⁴ En un proyecto que crea una nueva empresa, la inversión se activa en el momento 0 y se deprecia contablemente a partir del primer período, ya que la empresa no existe y, por lo tanto no hay una contabilidad a la que asignar esos gastos.

* Algunos países denominan **depreciación** tanto si se refiere a activos fijos como intangibles; otros denominan a ambas **amortización**, y algunos **depreciación** a los activos fijos y **amortización** a los activos intangibles.

inversión en el capital necesario para financiar los desfases de caja durante su operación, probablemente fracase.

Por ejemplo, si una empresa demora dos meses en transformar la materia prima en producto terminado, si además tiene un período de comercialización de otro mes y si las ventas las hace contra pago a 30 días, debe tener un capital de trabajo equivalente a la cuantía de los recursos que le permita cubrir los gastos en que tendrá que incurrir durante los 120 días que demora en recuperar los recursos que desembolsa.

Desde el punto de vista del cálculo de la rentabilidad de un proyecto, no es necesaria una gran precisión en su determinación, por cuanto el capital de trabajo, como se verá más adelante, si bien se considera como una inversión inicial, es un activo de propiedad permanente del inversionista que se mantiene en la empresa, por lo que deberá considerarse como parte de los beneficios recuperables en el tiempo. Sólo tiene el efecto de su costo de capital por mantenerlo inmovilizado en el negocio en vez de invertirlo en otra opción rentable.

Si el informe que emana del estudio de la viabilidad económica del proyecto se utiliza además como un instrumento para pedir un préstamo o si evalúa a nivel de factibilidad, la forma de cálculo deberá seguir patrones más estrictos. Por ejemplo, si el capital de trabajo se calcula equivocadamente como 10% inferior a lo que efectivamente se requerirá, el error sobre el cálculo de la rentabilidad será substancialmente inferior a ese monto, por lo que se considera como no tan relevante para la evaluación. Esto se explica porque, al ser esta inversión recuperable al final del período de evaluación, el error tendrá sólo el efecto correspondiente al mayor o menor costo del capital inmovilizado entre el momento en que se hace la inversión y el momento en que se recupera, por estar reflejado en el presupuesto, con signo positivo, el mismo valor incluido en las inversiones con signo negativo.

Sin embargo, el 10% menos de capital de trabajo disponible para la futura gestión del negocio haría que los recursos no alcancen a cubrir el desfase entre la generación de los ingresos a futuro y la ocurrencia de los gastos que se produzcan anticipadamente, ocasionando graves efectos negativos sobre los resultados posibles de alcanzar en su etapa de operación.

Existen tres modelos para calcular el monto para invertir en capital de trabajo: *el contable*, *el del período de desfase* y *el del déficit acumulado máximo*.

El *método contable* proyecta los niveles promedios de activos corrientes o circulantes (recursos mantenidos en caja, cuentas por cobrar a clientes e inventarios) y de pasivos corrientes o circulantes (créditos bancarios de corto plazo, deudas con proveedores y otras cuentas por pagar de corto plazo) y calcula la inversión en capital de trabajo como la diferencia entre ambos.

Las dificultades para estimar una proyección confiable de cada variable hace recomendable utilizar este método únicamente cuando, en una empresa en marcha, se encuentre que el capital de trabajo contable observado históricamente está correlacionado con alguna variable mensurable y conocida para el nuevo proyecto como, por ejemplo, el volumen de la producción, el valor de los activos o el costo de los insumos, entre otras. De esta forma, se puede definir un estándar y aplicarlo al proyecto que se

evalúa. Por sus limitaciones, se usa principalmente a nivel de perfil o de prefactibilidad y cuando se pueda determinar el estándar antes señalado.

En algunos casos se puede calcular el estándar sobre promedios de la industria. Por ello también se debe definir la variable que explica el comportamiento del capital de trabajo contable en las empresas del sector mediante el mismo análisis de correlación, tal como se vio en el capítulo 2.

Ejemplo 5.1

Una empresa productora de queso encuentra que su nivel de trabajo contable ha tenido, históricamente, un comportamiento muy similar a la tendencia observada en el costo de adquisición de su principal materia prima, la leche.

La función que mejor explica esta relación está dada por la ecuación:

$$C_{tc} = 6.947 + 0,65 L_c$$

Donde C_{tc} es el capital de trabajo contable y L_c el monto anual de las compras de leche.

Si se está evaluando una posible ampliación, que obligará a aumentar las compras de la leche en \$54.000 anuales, se puede estimar que se requerirá invertir en capital de trabajo adicional lo que resulte de la ecuación anterior, es decir:

$$ICT_0 = 6.947 + 0,65 (54.000) = \$ 42.047$$

Donde ICT_0 es el monto de inversión inicial estimado para garantizar el financiamiento de la inversión durante el primer año de operación.

Cualquier cambio proyectado en el nivel de operación en los siguientes años se manifestará en una variación en el valor de las compras de la leche y, en consecuencia, se deberá considerar también una variación en el nivel de inversión necesario en capital de trabajo. Generalmente, se aplica una variación proporcional, sin considerar el posible impacto de economías o deseconomías de escala del crecimiento o disminución de la producción futura. Este criterio se aplica en cualquiera de los tres métodos de cálculo de esta inversión.

El *método del período de desfase* calcula la inversión en capital de trabajo como la cantidad de recursos necesarios para financiar los costos de operación desde que se inician los desembolsos hasta que se recuperan. Para ello, toma el costo promedio diario⁵ y lo multiplica por el número de días estimados de desfase:

$$ICT_0 = \frac{Ca}{365} \cdot n$$

(5.1)

⁵ Esto resulta sencillo por tener la referencia del costo anual en el flujo de caja del proyecto. Obviamente, los costos anuales son sólo los desembolsables, por cuanto ni la depreciación ni la amortización de los intangibles deben ser financiados con capital de trabajo.

Donde ICT_0 es el monto de la inversión en capital de trabajo inicial, Ca_i es el costo anual proyectado para el primer año de operación⁶ y n el número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de ingresos.

Ejemplo 5.2

Los registros históricos de una clínica maternal muestran que un 20% de las madres llegaron para tener un parto normal y un 80% por cesárea. De las madres que llegaron para parto normal, un 90% lo tuvieron y un 10% lo hicieron por cesárea. Es decir, la clínica atendió un 18% de partos normales y un 82% por cesárea.

El tiempo de permanencia promedio en la clínica es de dos días para partos normales y 3,5 días para cesáreas. La permanencia promedio ponderada es, en consecuencia:

$0,18 \times 2,0$	= 0,36
$0,82 \times 3,5$	= 2,86
Permanencia promedio	= 3,23

La clínica demora aproximadamente cuatro días en facturar.

Del total de pacientes, un 40% no tiene previsión y paga de la siguiente manera:

- al contado: 30%
- a plazo promedio 30 días: 70%

El 60% restante tiene previsión y la cobranza demora 60 días en promedio. El plazo promedio ponderado de cobranza resulta de:

- 30% del 40% sin previsión y pago contado	= 0 días
- 70% del 40% sin previsión y pago a crédito	= 30 días
- 60% con previsión	= 60 días

Es decir:

$0,3 \times 0,4 \times 0$	= 0,0 días
$0,7 \times 0,4 \times 30$	= 8,4 días
Cobranza promedio	= 44,4 días

⁶ No deben incluirse en estos costos aquellos que no requieren financiarse con capital de trabajo, como, por ejemplo, las comisiones de los vendedores que se pagan con posterioridad al cobro a los clientes.

En resumen:

- Permanencia promedio	:	3,23 días
- Promedio facturación	:	4,00 días
- Cobranza promedio	:	44,40 días
Periodo a financiar	:	51,36 días

Si el costo anual de la clínica es de \$365.000, la inversión en capital de trabajo sería:

$$\frac{365.000}{365} \times 51,63 = \$ 51.630$$

Al utilizar este método, que trabaja con estimaciones de promedios diarios, se está frente a una típica situación de información secundaria, por lo que se emplea fundamentalmente en estudios de prefactibilidad y en aquellos de factibilidad que se usarán sólo para medir la rentabilidad del proyecto y en situaciones que no presenten estacionalidades.

El *método del déficit acumulado máximo* es el más exacto de los tres disponibles para calcular la inversión en capital de trabajo, al determinar el máximo déficit que se produce entre la ocurrencia de los egresos y los ingresos. A diferencia del método anterior, considera la posibilidad real de que durante el periodo de desfase se produzcan tanto estacionalidades en la producción, ventas o compras de insumos, como ingresos que permitan financiar parte de los egresos proyectados. Para ello, elabora un presupuesto de caja donde detalla, para un período de doce meses, la estimación de los ingresos y egresos de caja mensuales.

A diferencia del flujo de caja del proyecto, que se elabora para períodos generalmente anuales, aquí deben incluirse egresos que suceden durante el año; como, por ejemplo, los pagos provisionales mensuales de los impuestos o el impuesto al valor agregado que, como se verá más adelante, no siempre se incluyen en la proyección de los flujos de caja.

El siguiente ejemplo simplificado muestra la estructura de análisis para determinar la cuantía de recursos que financian el máximo de los déficit operacionales para el nivel de producción que se observará en el primer año de funcionamiento.

Ejemplo 5.3

Una empresa busca determinar el monto que deberá destinar a la inversión en capital de trabajo si se aprueba la fabricación y venta de un nuevo producto para aprovechar capacidad instalada ociosa.

El proceso de producción demora veinte días y se estima un período promedio de ventas de 10 días. Como resultado del estudio de mercado, se proyecta vender las cantidades mensuales que se muestran en la figura 5.1 a \$65 cada una. Durante los meses de mayo, junio y julio, el negocio enfrenta una disminución en las ventas ocasionada por una estacionalidad estructural y, por lo tanto, se puede suponer que se mantendrá en los próximos años.

De acuerdo con las políticas comerciales de la empresa, se prevé un cobro de un 30% al momento de materializarse la venta, un 40% a 30 días y el 30% restante a 60 días.

El ingreso mensual presupuestado para el primer año de operación es, entonces, el que aparece en la última fila de la figura 5.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2			=D4*D5											
3			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4	Precio			65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
5	Ventas (q)			576	600	612	284	284	284	655	655	655	655	655
6	Ventas(\$)			37.440	39.000	39.780	18.460	18.460	18.460	42.575	42.575	42.575	42.575	42.575
7														
8	30% Contado	30%		11.232	11.700	11.934	5.538	5.538	5.538	12.773	12.773	12.773	12.773	12.773
9	40% a 30 días	40%			14.976	15.600	15.912	7.384	7.384	7.384	17.030	17.030	17.030	17.030
10	30% a 60 días	30%				11.232	11.700	11.934	5.538	5.538	5.538	12.773	12.773	12.773
11	Ingreso mensual		0	11.232	26.676	38.666	33.150	24.856	18.460	25.695	35.341	42.575	42.575	42.575
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														

Figura 5.1
Proyección
de ingresos
mensuales.

Para calcular los egresos mensuales, se debe definir primero la cantidad de unidades a producir cada mes. Para ello, se aplicará la siguiente ecuación:

(5.2)

$$Pp = Pv + If - li$$

Donde Pp es el programa de producción mensual, Pv la proyección de unidades vendidas mensualmente, If el inventario que debe estar disponible a fin de mes e li el inventario inicial del mes, que es igual al inventario final del mes anterior.

Como la producción es un proceso continuo, no se requiere tener el total de las ventas disponibles el primer día del mes. En este caso, se supondrá que la política de la

empresa es mantener un 66,67% de las ventas proyectadas para el mes como inventario de seguridad equivalentes o terminados al principio de ese mes*.

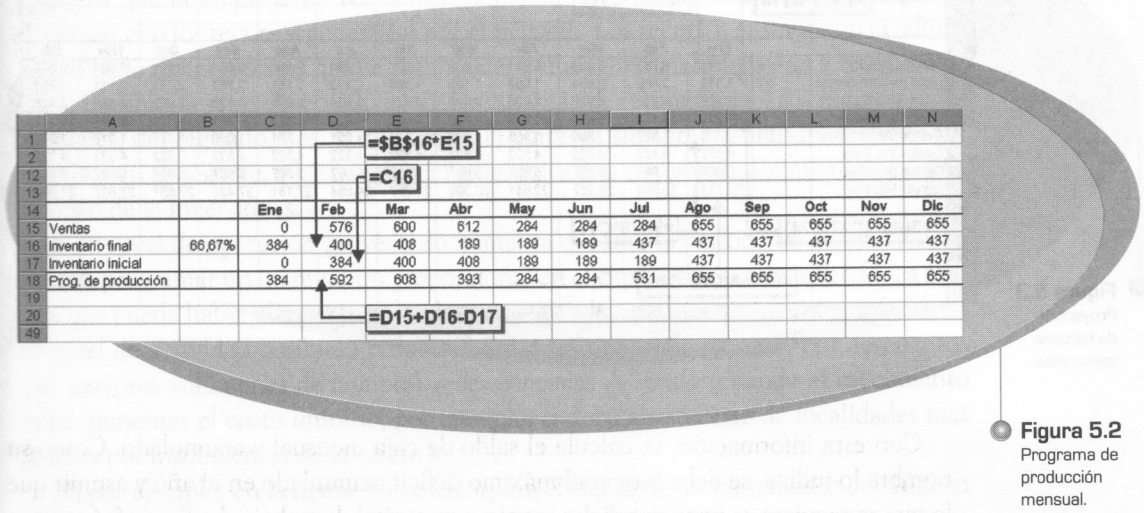


Figura 5.2
Programa de producción mensual.

La primera fila repite la proyección de ventas mensuales expuesta en la figura 5.1. La segunda fila corresponde al 66,67%, de las ventas proyectadas para el mes siguiente y que deberán estar en el inventario al finalizar el mes de producción. La tercera fila es equivalente al saldo final del mes anterior. Así, la producción requerida en abril deberá ser suficiente para cubrir las unidades que se venderán ese mes más las que deberán estar en el inventario al inicio de mayo. Pero como al inicio de abril había 408 unidades, estas no deberán producirse y se descuentan del total anterior. Esto es:

$$Pp = 612 + 189 - 408 = 393$$

Conocida la producción esperada mensualmente, se calculará el costo directo e indirecto de producción y ventas. Para ello se supondrá que en materiales directos se gasta \$14.8 por unidad y \$4.2 en mano de obra directa. Los costos fijos de fabricación se estiman en \$3.926 mensuales, los de administración en \$5.667 y los de venta en \$3.432. Además, se contempla el pago de una comisión a los vendedores equivalente al 3% sobre los ingresos efectivos. Se supone que la materia prima se paga en el mes en que se adquiere, aunque lo usual es que si el mercado proveedor muestra que existen políticas de crédito para el abastecimiento, estas deban incluirse tal cual como se hizo con las ventas.

De acuerdo con esto, se puede proyectar el estado de egresos mensuales que muestre la figura 5.3.

* Obviamente, en un proceso de producción continua el inventario final del mes se encuentra en distintos estados de avance, por lo que se calculan como "equivalentes o terminados". Cualquier texto de contabilidad de costos explica el procedimiento para calcularlo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2			=B23*C18	=B22*C18										
20														
21			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22	Material directo	14,8	5.663	6.762	6.998	5.821	4.203	4.203	7.864	9.694	9.694	9.694	9.694	9.694
23	Mano de obra directa	4,2	1.813	2.486	2.554	1.852	1.193	1.193	2.232	2.751	2.751	2.751	2.751	2.751
24	Costo fijo producción		3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926	3.926
25	Costo fabricación		11.222	15.174	15.478	11.399	9.322	9.322	14.022	16.371	16.371	16.371	16.371	16.371
26	Gastos Vta variables	3%	0	337	800	1.163	995	746	554	771	1.060	1.277	1.277	1.277
27	Gastos Vta Fijos		4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322	4.322
28	Gastos de Admin.		5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667	5.667
29	Egreso Mensual		21.211	25.500	26.267	22.551	20.306	20.057	24.564	27.131	27.420	27.637	27.637	27.637
30														
38			=SUMA(C22:C24)											
39														
40														
41														
42														

Figura 5.3
Proyección de egresos mensuales.

Con esta información, se calcula el saldo de caja mensual y acumulado. Como su nombre lo indica, se debe buscar el máximo déficit acumulado en el año y asumir que lo que se requiere es financiar dicho monto con capital de trabajo. La figura 5.4 resume la información proyectada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
30														
31														
32			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
33	Ingreso mensual		0	11.232	26.676	38.766	33.150	24.856	18.460	25.695	35.341	42.575	42.575	42.575
34	Egreso mensual		21.211	25.500	26.267	22.551	20.306	20.057	24.564	27.131	27.420	27.637	27.637	27.637
35	Saldo mensual		-21.211	-14.268	409	16.215	12.845	4.799	-6.104	-1.436	7.920	14.938	14.938	14.938
36	Saldo acumulado		-21.211	-35.479	-35.071	-18.856	-6.011	-1.212	-7.316	-8.753	-832	14.105	29.043	43.981
37														
38			=C33-C34											
39														

Figura 5.4
Cálculo de la inversión en capital de trabajo por método del déficit acumulado máximo.

Como se puede observar, el saldo mensual resulta de las diferencias entre todos los ingresos y egresos mensuales pronosticados. El saldo acumulado resulta de la suma de los saldos mensuales anteriores. En este ejemplo, la inversión en capital de trabajo corresponde a los \$35.479 del segundo mes, por ser el mayor déficit acumulado. Con

este monto se garantiza la disponibilidad de recursos que financian los egresos de operación no cubiertos por los ingresos.

Cuando el saldo acumulado es positivo, por ejemplo en el mes undécimo, ello no significa que la empresa no requiera más capital de trabajo, sino que este se puede financiar con los recursos generados por el negocio. Los recursos gastados en la adquisición de la materia prima que se compra en el undécimo mes empiezan a recuperarse con el mismo desfase observado entre las compras del primer mes y los ingresos, sólo parciales, del segundo mes. Por lo tanto, la empresa siempre mantendrá recursos invertidos en el negocio, a los que deberá exigírseles una rentabilidad similar a la exigida al resto de la inversiones.

Si el nivel de operación proyectado aumenta durante el período de evaluación, se deberá programar un incremento proporcional en el capital de trabajo invertido, a menos que pueda haber claras y justificadas *economías de escala* (cuando el crecimiento en el nivel de actividad posibilita reducir el costo unitario, por ejemplo, por descuentos por mayores volúmenes de compra) o *deseconomías de escala* (cuando el crecimiento hace aumentar el costo unitario, por ejemplo, si debe abastecerse de localidades más lejanas por insuficiencia de la oferta local).

Si, por ejemplo, en la figura 5.1 se incorpora el efecto de un incremento del 10% en la producción y costos, a partir del undécimo mes, el saldo mensual de caja sigue siendo positivo y el saldo acumulado aumenta más todavía, pudiendo interpretarse como que no se requiere más capital de trabajo. Sin embargo, la empresa deberá disponer de mayores recursos para enfrentar el crecimiento de los pagos que deben desembolsarse anticipadamente a la ocurrencia de los ingresos.

El saldo positivo muestra sólo que el crecimiento en el capital de trabajo puede ser financiado con excedentes del propio flujo de caja del proyecto. Si se financia con estos excedentes, deberá exigirse a esta inversión un retorno que compense su no uso en otras oportunidades de inversión que tenga la empresa, tal como se exigirá, que renten los recursos que son aportados para el financiamiento de toda la inversión.

La diferencia entre la inversión en capital de trabajo y aquella que se realiza en activos fijos es que, mientras estos últimos pueden perder o ganar valor con el paso del tiempo, la inversión en capital de trabajo se mantiene, en términos reales, durante todo el período de evaluación, pudiendo recuperarse con el término del proyecto.

Como se verá más adelante, este concepto es importante al evaluar el proyecto en un horizonte de tiempo menor que el de su vida útil, ya que se deberá valorar el remanente de la inversión al final de ese período de evaluación, por cuanto constituye parte de lo que la empresa poseerá por haber realizado las inversiones iniciales.

Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en marcha, existe en la situación base o actual un capital de trabajo que podrá verse modificado por el proyecto. Si el proyecto involucra un crecimiento en la actividad (ampliación o internalización, por ejemplo) se deberá considerar una inversión incremental a la actual; y, si involucra un decrecimiento (abandono o, en algunos casos *outsourcing*) se considerará una recuperación anticipada de ella. Existen tres criterios para calcular la inversión incremental

que, aunque conducen a resultados iguales, la información que entregan para la situación base y con proyecto puede conducir a una impresión equivocada de los recursos que efectivamente se deberán desembolsar si se hace el proyecto. Esto se aprecia en el ejemplo siguiente:

Ejemplo 5.4

Por ejemplo, si una empresa tiene hoy un capital de trabajo de \$1.000 y evalúa un proyecto de ampliación que requiere agregar \$300 para financiar el mayor desfase entre egresos e ingresos, se puede incluir esta variación opcionalmente de las tres formas que se indican en la tabla 5.1, aunque el último procedimiento parece, conceptualmente, poco adecuado.

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
	I_0	RI_n	I_0	RI_n	I_0	RI_n
Sin proyecto	–	–	–	1.000	-1.000	1.000
Con proyecto	-200	200	-200	1.200	-1.200	1.200
Variación	-200	200	-200	200	-200	200

Tabla 5.1
Efecto neto de los modelos de inclusión en capital de trabajo en los flujos de caja.

Donde I_0 corresponde a la inversión en capital de trabajo que se debe hacer en el momento cero del flujo de caja y RI_n a la recuperación de ese capital de trabajo en el momento n , que representa el final de periodo de evaluación.

Como se puede observar, la variación entre la inversión y valor de desecho en los tres casos es exactamente igual.

En el primero se ha supuesto en la situación sin proyecto que el capital de trabajo actual es irrelevante, ya que cualquiera sea la decisión (hacer o no el proyecto) esa inversión está en la empresa y se recuperará al final del período de evaluación. Por ello, en la situación con proyecto se consideró, para mantener la coherencia del análisis, que se invierte y recupera sólo la diferencia agregada si se hace el proyecto.

En el segundo caso se supuso que la inversión en la situación base es innecesaria, porque ya está en la empresa, pero que se puede recuperar al final del período de evaluación. En la situación con proyecto, entonces, se incluye inicialmente lo que se debe

agregar de inversión inicial y, con el mismo criterio, se incluye al final la recuperación total de la inversión.

El tercer caso, el menos recomendable por la información que muestra, supone que en la situación base se debe agregar la totalidad de la inversión (aunque ya está en el negocio) y que, por lo tanto, en la situación con proyecto se debe también agregar el total del capital de trabajo requerido. Lo mismo se considera respecto de su recuperación al final del período de evaluación.

En el caso de un proyecto de abandono u otro que signifique una reducción del nivel de actividad, la empresa podrá necesitar menos capital de trabajo que el que tendría invertido si no hace ese proyecto, debiéndose considerar la posibilidad de recuperar anticipadamente parte de esa inversión.

Ejemplo 5.5

Si el proyecto permite reducir el capital de trabajo de \$1.000 a \$800, se deberá registrar incrementalmente \$300 con signo positivo en el momento cero (por constituir recursos liberados y disponibles para ser eventualmente retirados por el inversionista) y la misma cantidad, pero con signo negativo, al final del período de evaluación, ya que el proyecto hace disminuir la proyección de beneficios previstos para ese momento. Esto, por cuanto el proyecto no genera los \$200, sino solo permite su recuperación anticipada. En el caso 1 de la tabla 5.2 esto se aprecia más fácilmente.

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
	Io	RIn	Io	RIn	Io	RIn
Sin proyecto	-	-	-	1.000	-1.000	1.000
Con proyecto	200	-200	200	800	-800	800
Variación	200	-200	200	-200	200	-200

Tabla 5.2

Efecto neto de los modelos de inclusión de la desinversión en capital de trabajo en los flujos de caja.

En el caso 2 se aprecia que en la situación sin proyecto la empresa mantendría en su presupuesto la posibilidad de recuperar la totalidad de lo invertido en capital de trabajo; sin embargo, como en la situación con proyecto recupera \$200 en el momento cero, al final del período de evaluación puede recuperar sólo el saldo de la inversión, correspondiente a \$800. Como se puede observar, la fila **Variación** muestra también el mismo efecto incremental ya analizado.

En el caso 3 se llega al mismo resultado, aunque, como se explicó anteriormente, la información que entrega no es correcta, ya que podría interpretarse como que se requeriría desembolsar \$1.000 en la situación base, lo que no es efectivo, por estar ya esos recursos en la empresa.

5.3

Costos relevantes

Uno de los conceptos más importantes para una correcta evaluación económica de proyectos que involucran cambiar una situación existente por otra nueva, como la sustitución de tecnología o la externalización de un servicio, por ejemplo, es el denominado costo relevante, término que se aplica indistintamente a los costos y a los beneficios, y que corresponde a los ítems que marcan una diferencia entre las opciones que se analizan.

En aquellos proyectos donde no se generan cambios respecto a la situación existente, como los de reemplazo de algún activo, por ejemplo, será la diferencia en los costos de cada alternativa la que determinará cuál de ellas se debe seleccionar, por cuanto los ingresos, al no variar entre las opciones, constituyen un elemento irrelevante para la decisión.

Estos costos, denominados *diferenciales*, expresan el incremento o disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas en análisis, en términos comparativos respecto con lo observado en la situación vigente. Por esto, bastará con considerar los costos diferenciales para decidir respecto de un proyecto que involucre variación en los resultados económicos esperados.

Puesto que muchas de las partidas de costo no variarán al implementar alguna operación como alternativa de la existente, se podrán excluir del análisis para la toma de la decisión. Sólo son relevantes aquellas partidas de costo que sean diferentes entre cada opción estudiada y una situación base de comparación.

Por ejemplo, si se evalúa hacer una producción extraordinaria para responder a una petición especial que implica alterar el programa de producción normal de una empresa, el costo diferencial generalmente corresponderá al costo variable de producción, puesto que los costos fijos, dentro de ciertos tramos, permanecerán constantes. Por costo fijo se entiende aquel que no cambia con las variaciones en el nivel de operación. Sin embargo, esta definición es válida sólo para tramos de producción, ya que aumentos en la cantidad producida por sobre ciertos niveles sólo serán posibles con el empleo de más recursos de carácter fijo (por ejemplo más personal o más alquiler de depósitos). Si los costos fijos se vieran incrementados, el aumento ocasionado por este pedido sería parte del costo diferencial y, por lo tanto, debería considerarse como relevante para la decisión.

Ejemplo 5.6

Una empresa que produce partes electrónicas para la fabricación de televisores tiene una capacidad máxima de producción, con tres turnos diarios, de 24.000 partes al año. Basándose en el comportamiento histórico, las proyecciones de ventas para el próximo año son de 20.000 unidades, a un precio unitario promedio de \$116.

En el proceso productivo se proyecta la siguiente estructura de costos:

Material directo	\$63
Mano de obra	27
Costo indirecto de fabricación	30

El 40% de los costos indirectos de fabricación se explica directamente por el nivel de producción y el otro 60%, corresponde a una asignación de costos generales de fabricación como los seguros del edificio y maquinaria, la energía o el mantenimiento.

Además, la empresa aplica un estándar para asignar unitariamente los gastos de administración y ventas, que corresponde a \$20 por unidad. El 10% de este monto (\$2) es por concepto de pagos de comisiones a los vendedores.

Suponga que la empresa recibe un pedido especial, por una sola vez, para adquirir 2.000 partes electrónicas. Para determinar el precio mínimo al que podrían venderse las unidades adicionales, se debe calcular el costo relevante involucrado en la mayor producción, de la siguiente forma:

- material directo*: como su nombre lo indica, son los insumos directamente empleados en la producción, por lo que se debe agregar \$63 por cada unidad adicional que se fabrique;
- mano de obra directa*: de acuerdo con los antecedentes del problema, si la capacidad de producción anual es de 24.000 unidades, se deduce que cada turno de trabajo puede fabricar 8.000 unidades. Esto obliga a averiguar qué parte del costo de mano de obra se paga por un turno normal y cuál es el que se paga por turno extraordinario. Si el sobrepago por hora es del 20% en segundos y terceros turnos, se puede concluir que 8.000 unidades se pagan a tarifa normal y 12.000 con un 20% de recargo. Por lo tanto:

$$\left(\frac{8.000}{20.000} * x \right) + \left(\frac{12.000}{20.000} * 1,2 x \right) = \$27$$

El valor de x, el costo por unidad en horario normal, es de \$24.1. Debido a que todo el pedido se hará en horario extraordinario, se debe considerar un

costo de mano de obra directa unitaria de \$28,9, que corresponde a \$24, 1 * 1,2;

- c. *costo indirecto de fabricación*: considerando que el 60% de este ítem se debe a una asignación de costos que no variarán con la producción extraordinaria, se debe tomar como costo relevante sólo el 40% restante. Es decir, \$12 por unidad.

Aun cuando los gastos de administración y ventas incluyen a las comisiones por venta como costo variable, en este caso no corresponde considerarlos dentro de los costos relevantes, por cuanto, al no ser las ventas generadas por la acción directa de los vendedores, la empresa no incurrirá en el pago de la comisión.

De acuerdo con esto, el costo incremental que tendría que asumir la empresa si decide aceptar el pedido especial es de:

Material directo	\$63,0
Mano de obra directa	28,9
Costo indirecto de fabricación	12,0
Total	\$103,0

Cualquier precio que esté dispuesto a pagar el comprador por sobre este valor será atractivo para la empresa.

En algunos casos se podrá agregar un costo por desgaste anticipado de la maquinaria, una rentabilidad mínima por el uso de los recursos de la empresa o gastos financieros, si el pedido especial requiere un capital de trabajo que será financiado por préstamos bancarios, por ejemplo.

En muchos casos puede esperarse también que los costos fijos cambien. Por ejemplo, si el proyecto obliga a variar el número de supervisores, equipos, seguros, alquileres u otros, la variación de estos costos fijos será relevante, tanto si redunde en aumentos como en ahorros de costos.

Los *costos diferenciales* no deben confundirse con los costos variables, aunque pueden coincidir. Mientras los costos variables están constituidos por todos aquellos que varían directamente con el volumen de producción, los costos diferenciales se refieren a aquellos que cambian entre las alternativas específicas en análisis, pudiendo o no coincidir con los variables.

Como se aprecia claramente en el ejemplo anterior, los costos diferenciales no son necesariamente lo mismo que los costos variables, aunque pueden coincidir en algunos ítems como materias primas, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación variable.

Los *costos históricos*, por otra parte, son inevitables, por haberse incurrido en ellos en el pasado. Por el hecho de haber sido devengados o convenidos en el pasado, estos costos son, independientemente de si fueron o no pagados, inevitables y, por lo tanto, son irrelevantes para la decisión, ya que cualquier decisión que se tome no hará variar su

efecto como factor del costo total. Por ejemplo, el monto de la compra de un activo que se evalúa reemplazar dejó de ser evitable en el momento en que se adquirió, y cualquiera sea la alternativa por la que se opte, la inversión ya realizada no será relevante, aunque sí posibles cambios tributarios que implique una decisión futura acerca de ella.

Aunque los costos históricos en sí mismos son irrelevantes en las decisiones –dado que por haber ya ocurrido no pueden recuperarse– podrían tener un efecto indirecto relevante en la decisión de aceptación o rechazo de un proyecto; por ejemplo, los ingresos que pudiera generar un activo comprado en el pasado si se destina a usos optativos, como su venta, alquilar u operación, o los beneficios tributarios de la depreciación de un activo comprado en el pasado.

El factor relevante siempre será qué hacer a futuro y en ninguna evaluación se incorporará como patrón o elemento de medida la inversión u otros gastos ya realizados.

Aunque es frecuente que los costos históricos se usen para proyectar los costos futuros, un análisis correcto de las opciones de inversión obliga a efectuar todos los ajustes que requiera la estructura de costos de la empresa para representar el impacto positivo o negativo que un proyecto tendrá sobre los resultados económicos de la institución.

La evaluación de *proyectos de sustitución*⁷ de instalaciones ocasiona, en la consideración de costos relevantes, mayores dificultades que el estudio de otro tipo de proyectos en empresas en marcha, más por la disponibilidad de la información adecuada que por los procedimientos empleados. Como se mencionó anteriormente, la sustitución puede considerar tanto aumentos como mantenimiento o disminución de la capacidad productiva de la empresa.

Los reemplazos que no incrementan la capacidad productiva de la empresa pueden explicarse por el hecho de que existen activos que deben ser sustituidos por haber llegado a su punto de agotamiento, o, aun cuando puedan seguir funcionando, a que aparece una alternativa de igual capacidad pero con alguna ventaja económica.

También se puede dar el caso de un reemplazo por insuficiencia, como, por ejemplo, el de una computadora que no tiene la capacidad exigida para procesar el volumen de información requerido. Si bien este reemplazo aumenta la “capacidad” de la computadora, no incrementa la producción de bienes o servicios de la empresa y, por lo tanto, no tiene impacto sobre sus ingresos normales, aunque sí lo podrá tener sobre el ítem *venta de activo*.

En esta segunda posibilidad se presenta dos opciones que alteran el procedimiento de cálculo:

- a. que los activos nuevos tengan una vida útil igual a la vida residual de los activos por reemplazar; o
- b. que los activos nuevos tengan una duración mayor que la vida útil restante de los que estén en uso.

⁷ Corresponde a la evaluación de la conveniencia de reemplazar un activo existente por otro nuevo de igual, mayor o menor capacidad de producción.

Si bien el reemplazo de un activo por otro con igual vida útil pudiera parecer una alternativa poco práctica, constituye una situación real en muchas empresas, donde el cambio tecnológico afecta más notablemente a los costos de operación que a la vida útil del activo.

En este caso, el razonamiento para la evaluación consistirá en determinar si el ahorro en los gastos fijos y variables de operación originados por el reemplazo es suficiente tanto para permitir recuperar la inversión adicional como para remunerar al inversionista por el capital invertido a una tasa de interés razonable para cubrir el costo del capital, en función del riesgo implícito en la decisión. Si se estimase que los costos fijos y los ingresos de operación permanecerán constantes, ambos elementos deberán ser excluidos del análisis, por las razones expuestas anteriormente. Sin embargo, si cambian los valores de desecho proyectados para ambas máquinas al final del horizonte de evaluación, se deberá incluir en la comparación que se haga de ellas.

Para determinar el beneficio relevante de la nueva inversión se trabaja, comúnmente, con costos constantes de los factores de producción, puesto que los cambios en el precio de la materia prima o en la remuneración a la mano de obra directa afectarían por igual ambas alternativas, a menos que la nueva inversión esté asociada a un cambio tecnológico que posibilite recurrir a un tipo de materia prima más barata o a trabajadores de diferente calificación y, por lo tanto, de distinta remuneración.

Si la vida útil de un equipo nuevo es mayor que la vida útil restante del equipo existente, los valores de venta de éste son relevantes para la decisión, tanto en el momento del reemplazo (cuando se analice la situación con proyecto de sustitución, ya que posibilita su venta anticipada) como al final de su vida útil restante (cuando se analice la situación sin proyecto de sustitución, y que será un activo susceptible de vender al dejar de utilizarlo). Lo mismo sucederá con el valor de rescate del nuevo equipo al final del período de evaluación ya que, como se mencionó en el capítulo anterior, se debe valorar el beneficio que representa la vida útil superior al período de evaluación⁸.

El análisis de un proyecto de sustitución con ampliación de la capacidad productiva debe respaldarse con una estimación del mercado potencial que haga referencia específica a las variables precio y volumen de ventas, para proyectar los mayores ingresos relevantes del proyecto.

El aumento de la capacidad puede hacer variar los gastos variables unitarios (y por lo tanto hacerlos relevantes) dependiendo del efecto del aumento de la operación en el rendimiento técnico y del costo de los factores de producción. Si la sustitución mejora en rendimiento, los costos directos bajarán. Si hace aumentar proporcionalmente la producción sin incrementar el rendimiento, los costos variables unitarios permanecerán constantes. El incremento en volumen puede repercutir en el costo de producción, por ejemplo, al permitir aprovechar descuentos por volumen en la compra de materias primas o modificar la tasa horario de trabajo. Si el aumento de la capacidad

⁸ Este punto será analizado detalladamente en los capítulos siguientes, junto con otras opciones propuestas para solucionar problemas de diferentes vidas útiles

fuese significativo, posiblemente la infraestructura física y administrativa crecería, incrementando los costos fijos de toda la empresa. En esta situación, los costos fijos sí son relevantes para tomar la decisión.

En los párrafos anteriores se ha pretendido aclarar el concepto de *costo relevante* asociado específicamente al tema de la toma de decisiones en proyectos de modernización, pero sin entrar a identificar aquellos costos que normalmente serán pertinentes. Una clase de costos que, errónea y comúnmente, se consideran en una decisión, a pesar de ser irrelevantes, son los llamados *costos sepultados*, los que corresponden a una obligación de pago que se contrajo en el pasado, aun cuando parte de ella esté pendiente de pago a futuro. Si bien constituye un pago futuro, tiene un carácter inevitable que lo hace irrelevante. La parte de la deuda contraída y no pagada es un compromiso por el cual se debe responder independientemente de las alternativas que se evalúen. La excepción a lo señalado la constituirá la posibilidad de alterar la modalidad de pago, siempre que ella no esté asociada con todas las alternativas a las que se enfrenta la decisión. En este caso, la relevancia se produce por la variabilidad que ocasionaría el valor del dinero en el tiempo.

Aunque los costos relevantes son generalmente los costos efectivos y no los contables, estos últimos son importantes para determinar un costo indirecto relevante para la toma de decisiones: los impuestos a las utilidades. Si el activo reemplazado se vende generando ya sea utilidades o pérdidas, se deberá considerar el efecto tributario que ocasione.

Para fines tributables, la sola inversión en una máquina, por ejemplo, no genera aumento ni disminución de riqueza. Si en el estudio de un proyecto se considera que la adquisición de un equipo se financia con recursos propios, el aumento en los activos fijos se compensa con la reducción de los activos líquidos (caja) o, si se financia con préstamos, el aumento en los activos fijos se compensa con el aumento de algún pasivo, por lo que no hay variación en las utilidades de la empresa. Por lo tanto, no hay efectos tributables directos. Sin embargo, cuando el activo es usado, empieza a perder valor, por el deterioro normal de ese uso y también por el paso del tiempo. Como es imposible que el fisco revise el grado de deterioro físico de cada activo de un país, se define una pérdida de valor promedio anual para activos similares que se denomina depreciación. La depreciación, por lo tanto, no constituye un egreso de caja (el egreso se produjo cuando se compró el activo) pero es posible restarlo de los ingresos para reducir la utilidad y, con ello, los impuestos.

El término *depreciación* se utiliza para referirse a la pérdida de valor contable de activos fijos. El mismo concepto referido a un activo intangible se denomina, en varios países, *amortización*, aunque en otros se mantiene el término *depreciación* para referirse a ello. Un caso típico de este tipo de activo es la compra de una base de datos. Mientras el DVD que lo contiene puede tener un costo muy bajo, su contenido intangible tiene un valor contable equivalente al pagado; sin embargo, a medida que pasa el tiempo, este activo puede perder valor, igual que un activo físico, si no se actualizan sus contenidos. Para fines contables, la pérdida de valor promedio anual se refleja restando una proporción anual de las

utilidades, mediante una cuenta denominada *amortización* del activo intangible. Así como hay activos fijos que no pierden valor (como los terrenos) y, por lo tanto, no se deprecian, hay activos intangibles (como la marca del negocio) que no pierden valor y no se amortizan.

Algunos costos relevantes, que generalmente no se consideran en la formulación de proyectos de mejora de una situación existente en una empresa en marcha, son los que se refieren a las tasa de cambio de los costos de producción: los mayores costos asociados a la curva de aprendizaje, los menores costos por el eventual uso de la garantía de los equipos nuevos, la variación en la tasa de costos de mantenimiento de los equipos y los costos indirectos asociados a una reparación mayor, etc. A continuación se analizan los principales aspectos económicos de cada uno de ellos en la evaluación de un proyecto.

5.4

Costos contables no desembolsables

Los costos contables no desembolsables que se consideran relevantes para la evaluación de un proyecto son los que tienen un efecto indirecto sobre el flujo de caja, al afectar el monto a pagar de impuestos sobre las utilidades. Al respecto, los costos contables que se deben considerar son tres: la depreciación de los activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor libro de los activos que se venden.

Cuando se compra un activo, como ya se mencionó, la empresa no varía su nivel de riqueza y, por lo tanto, no hay un efecto sobre los impuestos a las utilidades. Pero, al transcurrir el tiempo, el activo va perdiendo valor y, en consecuencia, hace disminuir la riqueza de la empresa⁹. El fisco reconoce esta pérdida, a la que define como depreciación y establece la posibilidad de descontarla de utilidades en varios períodos futuros, explicitando distintas formas para su cálculo.

Debido a que la depreciación en sí no constituye un desembolso de caja, lo único relevante para la evaluación del proyecto es el efecto tributario de la depreciación de los activos. Como se explicó en el apartado 4.2 del capítulo anterior, el efecto tributario está dado sólo por el porcentaje de impuesto vigente sobre el valor de la depreciación.

Aunque existen varias formas de calcular la depreciación, en la evaluación de proyectos a niveles de perfil y prefactibilidad se utiliza generalmente el procedimiento conservador de depreciar linealmente. Esto, por cuanto difícilmente se acepte un proyecto que no siendo rentable con este criterio pase a la calidad de rentable sólo porque se deprecia aceleradamente. En ambos casos se deprecia el mismo monto,

⁹ Obviamente, esta disminución de la riqueza está referida exclusivamente al valor del activo y no se relaciona con las eventuales utilidades que podrían obtenerse por el uso del activo.

por lo que el ahorro tributario que se obtiene, en términos absolutos, es el mismo. Lo único que cambia es el valor actual del ahorro tributario, que es mayor con depreciación acelerada que con depreciación lineal porque permite obtener anticipadamente el ahorro tributario.

A nivel de factibilidad, por otra parte, lo correcto es aplicar el método que resulte más conveniente para los intereses de la empresa, ya que será el que con toda seguridad se empleará cuando el proyecto sea implementado.

La depreciación lineal de cada activo se hará, como se explicó anteriormente para los estudios a niveles de perfil o prefactibilidad, dividiendo el valor total estimado en su adquisición por el número de años en que se deberá depreciar¹⁰.

Una excepción a esto se observa cuando se evalúa la sustitución de un equipo comprado algunos años atrás por otro nuevo. Por ejemplo, si se conoce el valor de adquisición del equipo actual, que fue comprado en \$1.000.000 hace tres años y se deprecia en un total de cinco años, es común calcular la depreciación anual como el cociente de un millón entre cinco años, es decir, \$200.000.

El error de lo anterior se explica por el hecho de que todos los valores del flujo de caja deben estar en moneda actual y, al usar como base de cálculo el millón de pesos de tres años atrás, se estaría dejando fuera la normal revalorización de los activos por inflación de los años pasados y la posibilidad de que el activo haya recibido mejoras o reparaciones mayores que, al ser activadas contablemente, hayan variado el monto de la depreciación futura e, incluso, el período a depreciar.

Probablemente para el evaluador del proyecto sea mucho más fácil averiguar el plan de depreciación futura de una máquina usada que intentar calcular el valor de un activo partiendo del valor de compra, restando las depreciaciones y sumando las revalorizaciones pasadas.

El mismo concepto de depreciación se aplica a los intangibles con el nombre de *amortización de activos intangibles* y tiene igual efecto sobre el flujo de caja que la depreciación. Es decir, se resta para calcular la utilidad antes de impuesto y se suma con posterioridad al cálculo del impuesto para anular su efecto, por no constituir un egreso real de caja.

Por último, el *valor libro de los activos* corresponde al costo contable de cada activo en el momento en que se vende o, lo que es lo mismo, a lo que le falta por depreciar en ese momento. Cuando se enajena un activo, se debe calcular la utilidad en esa venta para determinar el efecto de los impuestos sobre eventuales utilidades o pérdidas. La utilidad contable en la venta de un activo se calcula por la diferencia entre el precio de venta y el único costo que el fisco acepta como referencia para su cálculo: lo que falta por depreciar al activo, o sea, su valor libro.

¹⁰ Es frecuente incorporar en la fórmula de cálculo un valor residual, que corresponde al valor esperado del activo al final del período de depreciación, el que representa aquella parte sobre la que no se pierde valor.

Si bien la empresa tiene siempre activos con saldo contable por depreciar, lo que interesa en la construcción del flujo de caja es el efecto tributario sólo de la venta de los activos que se proyecta liquidar. Por este motivo, siempre que se venda un activo se deberá colocar sólo su valor libro como gasto no desembolsable y nunca incorporarlo cuando no se venda un activo.

Tanto la depreciación como la amortización y el valor libro de los activos que se venden deben restarse del flujo antes de impuesto para calcular la utilidad que tendrá el negocio, y se volverán a sumar con posterioridad al cálculo de impuesto correspondiente.

5.5

Costos de falla y políticas de mantenimiento

Las decisiones de inversión y gastos en tareas de mantenimiento de equipos están fuertemente vinculadas con las políticas para enfrentar las fallas que generalmente ocurren en los procesos de producción. Varias políticas se observan en las empresas acerca de cómo enfrentar el mantenimiento o reparación de maquinarias, piezas y equipos, destacándose las cuatro siguientes:

- mantenimiento correctivo*, basado en una reacción a la ocurrencia de la falla;
- mantenimiento preventivo*, realizado a intervalos de tiempo predeterminados, para minimizar la ocurrencia de las fallas;
- mantenimiento de inspección*, condicionado al resultado de observaciones a intervalos de tiempo predeterminados que pueden dar origen a mantenimiento preventivo;
- mantenimiento de oportunidad*, en el cual se hace tareas de mantenimiento a elementos complementarios a uno averiado, durante la realización de una acción de mantenimiento correctivo o preventivo;

El *mantenimiento correctivo* se realiza para recuperar la funcionalidad u operatividad de un equipo después de perder su capacidad para realizar la función que le corresponde, producto de una falla.

La principal ventaja de esta política es que maximiza el uso del activo durante toda su vida útil, evitando gastos permanentes en insumos, personal y maquinaria de mantenimiento.

Las desventajas de una acción correctiva se asocian con la impredecibilidad del momento en que ocurrirá la falla, lo que impide planificar el proceso de mantenimiento (pudiendo ocurrir en un momento crítico para la empresa), reaccionar eficientemente y con un mínimo costo, afectar la producción, acarrear daños a otros componentes del equipo y enfrentar el costo de sustitución o reparación de parte o todo el activo.

El costo total de cada acción de mantenimiento correctivo está en función de:

$$CT_{mc} = f(CTD_{mc}, N_{mc}, t, CMPC)$$

(5.3)

Donde CT_{mc} es el costo total del mantenimiento correctivo; CTD_{mc} su costo total directo; N_{mc} el número de acciones de mantenimiento correctivo realizado durante el período de operación t y $CMPC$ el costo de oportunidad de la producción perdida durante el tiempo de detención.

En consideración a que los dos primeros factores de 5.3 son variables aleatorias, lo más común es trabajar con valores esperados. De igual forma, dependerá del tipo de falla la decisión de sustituir la pieza dañada o de repararla. En el primer caso, probablemente se incurra en un mayor costo por la reposición a cambio de disminuir el costo de oportunidad de la producción perdida durante el período de reparación.

El *mantenimiento de prevención* se realiza generalmente a intervalos de tiempo predeterminados y fijos; y, como su nombre lo indica, busca prevenir la falla de un activo y las consecuencia que se exponen en la expresión 5.3. Esta política se aplica cuando su costo total es inferior al costo total esperado para el mantenimiento correctivo.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son básicamente que permite planificar el momento más conveniente para evitar detenciones costosas en el proceso productivo; evitar la ocurrencia de fallas, con todos los costos que ello implica; y reducir el tiempo de detención que se asocia a una acción correctiva.

Las acciones preventivas no pretenden anular la probabilidad de falla, que siempre puede ocurrir, sino sólo minimizarla.

Entre las principales desventajas del mantenimiento preventivo se pueden mencionar el costo de la sustitución prematura de partes y piezas; el costo directo de mantener el sistema preventivo en forma permanente; y el costo de la producción perdida por la paralización del proceso, aunque con menor impacto que el observado en el mantenimiento correctivo.

El *mantenimiento de inspección* consiste en revisar la condición del equipo con intervalos fijos de tiempo. Si la condición está bajo los estándares esperados, se procede a efectuar una acción preventiva. De esta forma, se reduce el costo del mantenimiento al optimizar el uso de los equipos, deteniéndolos sólo cuando no se observan resultados satisfactorios en su desempeño.

Las principales ventajas del mantenimiento de inspección son que otorga un alto grado de confiabilidad al uso de los equipos, reduce el costo al incrementar la vida útil de los activos y aumenta su disponibilidad al reducir el número de inspecciones.

El *mantenimiento de oportunidad*, como se mencionó, corresponde al mantenimiento de prevención, y se realiza –aprovechando la oportunidad– a elementos conexos al que presenta una falla o requieren un mantenimiento preventivo. En algunos casos se realizarán las acciones de prevención y, en otros, se procederá a la sustitución de los partes y piezas. Esto último se puede justificar porque los elementos complementarios

están cerca del cumplimiento de su vida útil o a que forman parte de un grupo integrado de piezas.

Cualquiera que sea la política de mantenimiento asociada al proyecto o a la empresa donde este se insertará, se deben considerar una serie de factores que determinan estándares de rendimiento que pueden ser variables en cada ocasión. Por ejemplo, las habilidades, experiencia y motivaciones del personal que cumple esas tareas y las influencias del entorno funcional (característica, forma o ubicación de la pieza a mantener) y ambiental (temperatura, iluminación o época del año).

Las acciones de mantenimiento tienen múltiples objetivos como, por ejemplo, la reducción del cambio de condición técnica que permite alargar la vida útil de los activos, la disminución de la probabilidad de la presencia de fallas o desperfectos, la reducción de costos o aumento de eficacia, la recuperación de la funcionalidad del activo que presenta una falla, la disminución de mermas y materiales dañados, la mejor respuesta a clientes y la mayor capacidad de planificar la producción. Lo anterior se logra con tareas como la lubricación oportuna de las maquinarias, la limpieza, la inspección o la sustitución de partes y piezas, entre otras.

Los sistemas de mantenimiento industrial se pueden considerar como proyectos posibles de evaluar, porque generan beneficios y costos diferenciales y porque afectan de distinta forma la productividad de la empresa. Por ello, se debe medir la conveniencia de modificar los sistemas de mantenimiento vigentes como, por ejemplo, el cambio de uno correctivo por uno preventivo; con todas las implicancias económicas que puede tener un detenimiento programado en una época de alta saturación productiva.

Todo lo anterior conlleva un conjunto de costos que la empresa debe asumir y que deben ser tomados en consideración al evaluar la conveniencia de las distintas opciones para fijar una política para enfrentar las fallas. Los costos más comunes se clasifican en fijos, variables, directos, indirectos e iniciales de mantenimiento.

El *costo fijo de mantenimiento* corresponde a aquel costo que permanece constante aunque cambie el número de acciones de mantenimiento que se efectúen. Obviamente, ante cambios en el nivel de actividad es posible que el costo fijo varíe, pero no proporcionalmente con la cantidad de la actividad.

El *costo variable de mantenimiento* depende directamente de la cantidad de acciones que se realicen y que se explican principalmente por el consumo de materiales como lubricantes y repuestos.

El *costo directo de mantenimiento* es el que se asocia directamente con el activo que recibe la acción de mantenimiento como, por ejemplo, un repuesto específico.

El *costo indirecto de mantenimiento*, por el contrario, es difícil de asignar a un equipo en particular o no se justifica económicamente hacerlo; por ejemplo, el tiempo dedicado a la inspección de cada máquina.

El *costo inicial de mantenimiento* corresponde a la inversión que se requiere realizar para cumplir adecuadamente con las acciones de mantenimiento; por ejemplo, maquinaria de mantenimiento y su instalación, herramientas o capacitación, todas las cuales se caracterizan por no tener el carácter de recurrentes.

Para calcular la conveniencia de una sustitución preventiva o correctiva, se debe considerar que el costo total del mantenimiento preventivo está influenciado por aquellas fallas que podrían producirse durante el intervalo de tiempo que media entre dos procesos de mantenimiento preventivo. Esto obliga a estimar probabilidades de falla en función de los plazos de sustitución o mantenimiento de los equipos.

El objetivo que se busca es determinar el intervalo de tiempo que minimice el costo promedio anual de cada intervalo, suponiendo que el mantenimiento preventivo involucra la sustitución de todo el grupo de componentes al final de ese plazo. El costo total del período se puede expresar como:

$$CT_{(n)} = q \cdot cu_g + cu_i \sum_{x=1}^{n-1} f(x) \quad (5.4)$$

Donde $CT_{(n)}$ es el costo total del intervalo de tiempo n , q la cantidad de piezas o componentes a mantener, cu_g el costo unitario de la sustitución preventiva programada, cu_i el costo unitario de sustitución después de ocurrida una falla y $f(x)$ el número esperado de fallas en el x -ésimo período.

El costo promedio anual se obtiene de:

$$CP_g(n) = \frac{CT_{(n)}}{n} \quad (5.5)$$

Donde $CP_g(n)$ es el costo promedio anual de hacer mantenimiento preventivo sustituyendo activos cada n períodos.

El factor $f(x)$ de la ecuación 5.4 se obtiene al asignar una probabilidad de ocurrencia a la falla en cada año del intervalo de sustitución, bajo el supuesto de que hay independencia entre las fallas. Es decir, si ocurre una falla repentina no se altera la probabilidad de ocurrencia de la próxima. El número esperado de fallas se calcula por:

$$f(x) = qP(x) + \sum_{k=1}^{n-1} f(k) P(x-k) \quad (5.6)$$

Donde $P(x)$ es la probabilidad de que una unidad individual falle en el x -ésimo período. Esto se puede expresar también como:

$$f(x) = qP(x) + f(1)P(x-1) + f(2)P(x-2) + \dots + f(x-1)P(1) \quad (5.7)$$

El siguiente ejemplo ilustra el cálculo del intervalo óptimo de sustitución por grupo de piezas o componentes de un equipo.

Ejemplo 5.7

Suponga que en una empresa existen 600 componentes susceptibles de enfrentar una falla repentina, donde el costo unitario de la sustitución de todo el conjunto es de \$1,20 y el costo de la sustitución individual, con posterioridad a una falla, es de \$3,00. La probabilidad de que cada componente dure x horas se muestra en la tabla 5.3:

x	$P(x)$	$qP(x)$
100	0,05	30
200	0,10	60
300	0,20	120
400	0,30	180
500	0,20	120
600	0,10	60
700	0,05	30

Tabla 5.3

Probabilidad de falla y determinación de la cantidad de componentes con falla repentina.

Dado que el total de componentes es de 600 y la distribución de probabilidades de falla repentina la que se expone en la tabla 5.3, existe la posibilidad de que 30 unidades fallen al cabo de 100 horas de uso. Entre 100 y 200 horas de uso, la falla esperada es del 10%, es decir, de 60 unidades. Sin embargo, se debe agregar la probabilidad de que vuelva a fallar el 5% de los 30 componentes que se estima deben ser sustituidos después de las primeras 100 horas de su uso, lo que da un total de 61,5 componentes.

De la misma forma, se debe considerar que al cabo de 300 horas de uso lo más probable es que habrá un 20% de fallas (120 componentes); y que además puede fallar el 5% de las 61,5 piezas sustituidas al término de 200 horas de uso y un 10% de las 30 unidades que se supone fueron sustituidas con 100 horas de uso; y que al cabo de 300 horas tienen un 10% de probabilidad de falla repentina asociada a 200 horas acumuladas de uso, tal como muestra la ecuación 5.7.

El número esperado de fallas en la x -ésima hora $f(x)$ y el intervalo de x horas de sustitución se muestran en la tabla 5.4.

Como se supone que la falla sucede después de finalizadas 100 horas de uso, en el intervalo 0-100 no se incluyen fallas repentinas.

x	f(x)	$\sum f(x)$
100	30,00	
200	61,50	30,00
300	126,08	91,50
400	198,45	217,58
500	163,83	416,03
600	137,70	579,86
700	146,08	717,56

Tabla 5.4
Número
esperado de
fallas.

El costo total de la sustitución en la x-ésima hora se calcula aplicando la ecuación 5.4, con lo que se obtiene los resultados que se muestran en la tabla 5.5 para el intervalo y para el promedio por hora de uso.

x	q * cug	+	cuj * f(x)	=	CT(n)	CPg(n)
100	600 * 1,2	+	3 * 0,00	=	720,00	7,20
200	600 * 1,2	+	3 * 30,00	=	810,00	4,05
300	600 * 1,2	+	3 * 91,50	=	994,50	3,32
400	600 * 1,2	+	3 * 217,58	=	1.372,73	4,43
500	600 * 1,2	+	3 * 416,03	=	1.968,09	3,94
600	600 * 1,2	+	3 * 579,86	=	2.459,58	4,10
700	600 * 1,2	+	3 * 717,56	=	2.872,68	4,10

Tabla 5.5
Costo total del
intervalo y costo
promedio por
hora de uso.

Como se observa en la tabla anterior, el costo más bajo corresponde a una política de sustitución en grupo, cada 300 horas.

En una planilla electrónica, los resultados anteriores se obtienen fácilmente preparando una hoja de cálculo con las fórmulas que se muestran en la figura 5.5:

Microsoft Excel - FIGURASap1

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Anal 8

D20

	A	B	C	D	E	F	G	H
3				3.00				
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

Figura 5.5
Hoja de cálculo para determinar los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Si la empresa siguiera una política de mantenimiento correctivo basada sólo en la ocurrencia de una falla, su costo expresado por hora promedio de uso se puede calcular con la expresión 5.8:

(5.8)

$$C_{pi} = \frac{c_u \cdot q}{E_{[n]}}$$

Donde C_{pi} es el costo esperado promedio por hora de uso mediante una sustitución individual y $E_{[n]}$ es la vida de servicio esperada de cada componente. Con los antecedentes del ejemplo precedente se deduce:

$$C_{pi} = \frac{\$3 \cdot 600}{400} = \$4,50$$

El valor de $E_{[n]}$ se obtiene de la tabla 5.6.

x	P(x)	Ponderación
100	0,05	5
200	0,10	20
300	0,20	60
400	0,30	120
500	0,20	100
600	0,10	60
700	0,05	35
E[n]		400

Tabla 5.6
Cálculo del valor esperado de vida de cada componente.

Dado que, en este ejemplo, C_p es mayor que $C_{t(n)}$, la política de sustitución en grupo cada 300 horas es mejor que una política de mantenimiento correctivo.

5.6

Curva de aprendizaje

Cuando se evalúa un proyecto de modernización que involucra un cambio tecnológico importante, puede ser conveniente o necesario considerar la posibilidad de que el proyecto tenga que enfrentar los efectos negativos para el flujo de caja de lo que se denomina *curva de aprendizaje*.

Este término es el que se emplea para reconocer que, en una primera etapa, la productividad puede ser inferior a los estándares considerados como normales, por cuanto el personal contratado va adquiriendo muchas veces la experiencia necesaria en el manejo de la tecnología durante la etapa de producción del primer período posterior a la puesta en marcha. Esta menor productividad no sólo podrá determinar menores niveles de producción y venta en los primeros períodos, sino también mayores costos unitarios de producción, explicados tanto por la mayor cantidad de material dañado que produce la falta de experiencia como por el menor aprovechamiento de las escalas de producción óptimas.

A medida que aumenta la producción, se observa que las empresas desarrollan y aplican mejores métodos de trabajo, incrementan la velocidad de producción, disminuyen el número de artículos rechazados, bajan la tasa de ocupación de la mano de obra y uso de materiales y, en general, se logra mejorar el uso de todos los recursos.

La curva de aprendizaje, conocida también como *curva de la experiencia*, es una técnica que posibilita incluir una tasa de crecimiento en la productividad (o de decrecimiento en los costos unitarios) basada en antecedentes específicos que se pudiera observar tanto en la industria como en procesos productivos similares en la propia empresa.

Cuando se grafica, la curva de experiencia se caracteriza por tener la forma de una pendiente que desciende en forma progresiva y es marginalmente decreciente; cuando se calcula logarítmicamente, toma una forma lineal. La magnitud del efecto del aprendizaje se calcula como la proporción en la que los costos se reducen con sucesivas duplicaciones en los niveles de producción.

La curva de aprendizaje se basa en tres consideraciones básicas:

- que el tiempo que se ocupa en realizar una tarea o en elaborar una unidad de un producto será menor cada vez que se realice la tarea o fabrique el producto;
- que la tasa de ahorro de tiempo por unidad producida será decreciente; y
- que la reducción en el tiempo empleado en ejecución seguirá un patrón previsible.

El supuesto central del modelo que es cada vez que se duplica la producción se reduce en un porcentaje determinado el tiempo ocupado en ella. Si al doblarse la producción se reduce el tiempo de fabricación en un 20%, por ejemplo, se dice que el proceso tiene una curva de aprendizaje del 80%.

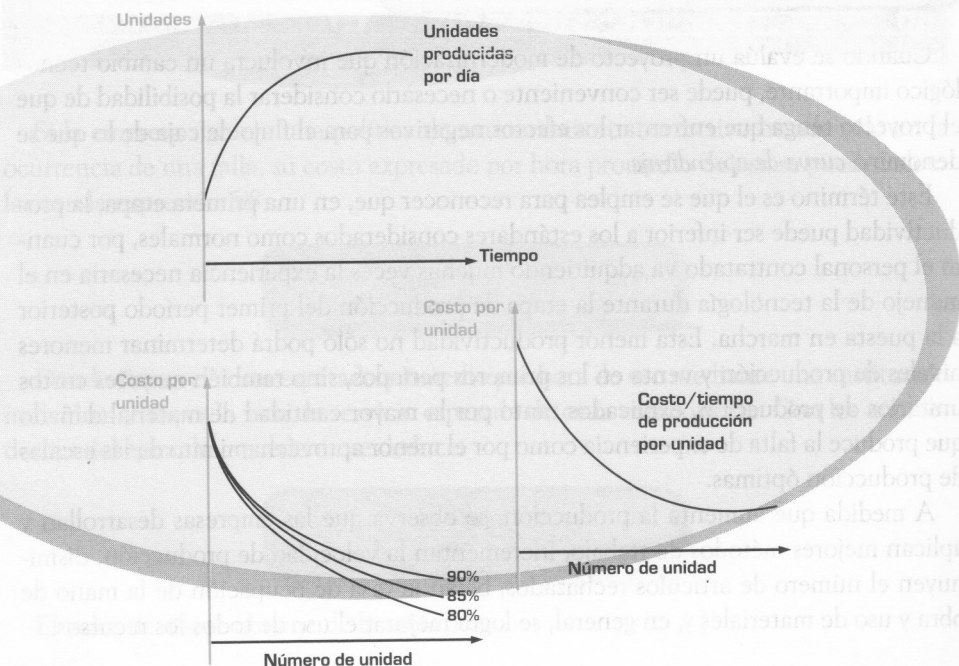


Gráfico 5.1
Curvas de aprendizaje.

El gráfico 5.1 muestra cómo mejora la productividad al aumentar el aprendizaje del proceso productivo, tanto por el mayor número de unidades producidas en un mismo periodo como por el menor tiempo dedicado a la producción de cada unidad. De la misma forma, se aprecia que el costo por unidad se reduce más fuertemente mientras menor es la tasa de aprendizaje.

Hay dos formas de medir la mejora en el desempeño de una tarea por efecto de la curva de aprendizaje: como la reducción en el tiempo destinado a la producción de cada unidad o como el aumento en número de unidades producidas en un mismo periodo; otra, derivada de ambas, es la que mide la reducción en el costo unitario de producción.

Aunque el procedimiento de cálculo es el mismo, existen dos interpretaciones distintas acerca de cómo considerar el tiempo que se deberá ocupar en la producción de cada unidad sucesiva. Uno de los modelos, el que conduce a un resultado más optimista, es el presentado por Horngreen y Foster¹¹; y el otro, más conservador, es el propuesto por Chase y Aquilano¹².

La forma de cálculo y la diferencia entre ambos criterios se exhibe en la siguiente tabla:

Número de unidades producidas	Horas de trabajo por unidad	Horngreen-Foster		Chase-Aquilano	
		Horas acumuladas	Horas última unidad	Horas acumuladas	Horas última unidad
1	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
2	80.000	160.000	60.000	180.000	80.000
4	64.000	256.000	48.000	308.000	64.000
8	51.200	409.600	38.400	512.000	51.200
16	40.960	655.360	30.720	840.480	40.960
32	32.768	1.048.576	24.576	1.364.768	32.768

Tabla 5.7
Cálculo del valor esperado de vida de cada componente.

¹¹ HORNGREEN, C. y G. FOSTER. *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1990, pp. 404-408.

¹² CHASE, R. y N. AQUILANO. *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. Addison-Wesley Iberoamericana, Estados Unidos, 1994, pp. 578-599.

En la primera columna se anota el número de unidades. Si para la primera unidad se ocuparon 100.000 horas, cada vez que se duplica la producción se anota el 80% del total de horas de trabajo por unidad anterior. Por ejemplo, para dos unidades se calcula el 80% de 100.000 para cuatro unidades el 80% de 80.000 y así sucesivamente.

La diferencia en el cálculo de horas ocupadas entre las propuestas de Horngreen-Foster y de Chase-Aquilano, ambas incluidas en la tabla anterior, radica en que mientras uno supone que la curva de aprendizaje del 80% indica que el promedio de toda la producción acumulada se reduce en un 20%, el otro considera que el ahorro de tiempo corresponde sólo a la producción agregada. Como puede observarse, en el primer caso se considera que, al producir dos unidades, ambas reducen el tiempo promedio de producción a 80.000 horas, con lo cual, si la primera unidad demoró 100.000 horas en producirse, la segunda unidad demoraría 60.000 horas. En el segundo caso se aplica la tasa de aprendizaje sólo a la segunda unidad, por lo que se estima que el tiempo ocupado en la segunda unidad será de 80.000 horas.

Al calcular los costos de producción, el primer método es más optimista que el segundo. Si bien este último parece más adecuado a la estimación de costos unitarios propios de cualquier proyecto de ampliación, es la información usada en la estimación de la tasa de ahorro de costos la que determinará la validez de uno u otro de estos modelos.

Para un análisis logarítmico del modelo, se usa una ecuación de la forma:

(5.9)

$$Y_x = Kx^n$$

Donde x representa el número de la unidad, Y_x el número de horas de trabajo directo que se necesitan para producir la unidad x , K el número de horas de trabajo directo para producir la primera unidad, y n , el $\log b / \log 2$, donde b es la tasa de aprendizaje.

Ejemplo 5.8

Si se desea calcular las horas de trabajo para producir la octava unidad, con los datos del ejemplo anterior se deberá reemplazar esta ecuación por los términos conocidos, obteniéndose:

$$y_8 = (100.000) (8)^n$$

De donde:

$$\begin{aligned}y_8 &= 100.000 (8)^{\log 0,8 / \log 2} \\&= 100.000 (8)^{-0,322} \\&= 100.000 / (8)^{0,322} \\&= 100.000 / 1,9535 \\&= 51.190\end{aligned}$$

De acuerdo con esto, se necesitarían 51.190 horas para fabricar la octava unidad.

5.7

Garantía sobre los equipos nuevos

El efecto contrario al de la curva de aprendizaje es el que se observa por el menor costo de operación en los primeros años de uso de una nueva tecnología. Generalmente, los proveedores otorgan una garantía sobre nuevos equipos, lo que origina que los costos, durante el primer año, se vean reducidos, porque la empresa puede evitar parte del gasto programado en repuestos y mantenimiento para una situación de operación normal.

Si bien ese beneficio puede, conceptualmente, ser relevante en la generalidad de la empresa, tiende a tener poca importancia al evaluarse un equipo en forma individual. Ello explica que habitualmente se omita, junto con los efectos del aprendizaje, bajo el supuesto de que los mayores costos iniciales por el aprendizaje se compensan con los menores costos de mantenimiento por la garantía de los equipos.

Si el cambio tecnológico pudiera tener un impacto significativo dentro de la estructura de costos, no podrá obviarse la inclusión de la curva de aprendizaje por el fuerte impacto que podría tener sobre la productividad y costos iniciales. Sin embargo, el menor costo de la garantía podrá no ser considerado si es incluido en la tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento o si se plantea seguir un criterio conservador en la evaluación.

Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de las máquinas tienden a ser considerados, en la evaluación de los proyectos, como un valor constante en el curso de los años. Sin embargo, este costo varía permanentemente, pudiendo ser de alta significación en proyectos de reemplazo donde la variable determinante de aceptación o rechazo está basada en costos relevantes.

A medida que el tiempo transcurre y los equipos son más antiguos y tienen mayor cantidad de horas de uso acumuladas, estos empiezan a requerir cada vez más repuestos, más horas hombre destinadas a su reparación y más insumos para efectuar el mantenimiento. Para una correcta evaluación de las opciones en estudio se deberá elaborar, sobre la base de registros históricos de gastos en mantenimiento por tipo de activo, una tasa de crecimiento en este costo, la cual puede crecer, a su vez, a tasas marginales que aumentan a lo largo del tiempo.

Una forma de construir la función de crecimiento de los costos de mantenimiento es mediante la aplicación de los instrumentos que provee una planilla electrónica como Excel®.

Ejemplo 5.9

Tabla 5.8

Serie histórica de gastos en mantenimiento, repuestos y reparaciones de las motoniveladoras por años de antigüedad.

Una empresa constructora de caminos posee una flota de motoniveladoras que, en promedio, tienen una vida útil de 14 años. Para determinar la tasa de crecimiento de

Años de uso	Costo anual
1	360
2	352
3	361
4	385
5	404
6	445
7	426
8	542
9	668
10	750
11	785
12	925
13	1.082
14	1.104

los costos de mantenimiento, repuestos y reparaciones, se dispone de los siguientes promedios históricos gastados por cada motoniveladora expuestos en la tabla 5.8.

Para determinar la función de la tendencia de crecimiento del costo de mantenimiento por año de antigüedad de cada máquina, se puede calcular la ecuación exponencial de la serie de datos históricos, siguiendo los mismos pasos ya señalados para estimar la curva polinómica y lineal que se explicó en capítulos anteriores.

En una planilla Excel se utiliza el **Asistente para Gráficos** y se obtiene el resultado que muestra el gráfico siguiente:

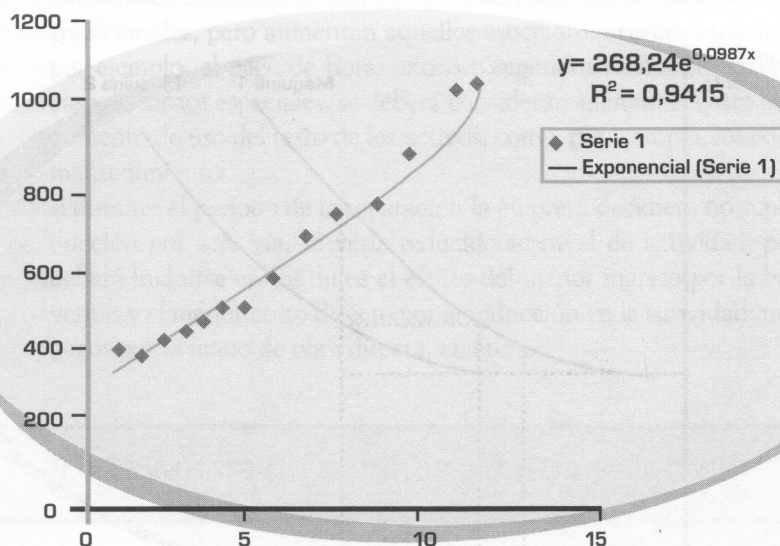


Gráfico 5.2
Determinación de la tasa de costo de mantenimiento.

De acuerdo con esto, la tasa de crecimiento anual de los costos de mantenimiento se explica por la ecuación:

$$y = 268,24e^{0,0987x} \quad (5.10)$$

Donde y es el costo del mantenimiento anual y x la cantidad de años de uso¹³. Con esta información se puede calcular la variación año a año de los costos durante los 14 años de vida activa promedio esperada de las motoniveladoras¹⁴.

Es muy posible que en un proyecto de reemplazo se tenga que comparar dos activos que exhiban la misma tasa de crecimiento en los costos de mantenimiento. Sin embargo, probablemente durante los primeros años de evaluación, el equipo nuevo tenga una tasa de crecimiento baja o cercana a cero, mientras que el equipo antiguo esté en un período donde la misma tasa de cambio ya está en niveles de alto crecimiento.

¹³ $e = 2,71828$

¹⁴ En el capítulo 13 se hace una aplicación completa de esta ecuación.

Esta situación se aprecia en el siguiente gráfico, donde, por ejemplo, ambos activos muestran la misma tasa de crecimiento en los costos de mantenimiento, si se comparan con la misma antigüedad. Por ejemplo, el costo anual es idéntico para los tres primeros años de cada alternativa. Sin embargo, se observa que el activo comprado primero no sólo tendrá en cuatro años más un costo de mantenimiento mayor que el de la máquina nueva, sino que crecerá a tasas diferentes, también mayores, ese año y los siguientes, respecto al equipo nuevo en igual período.

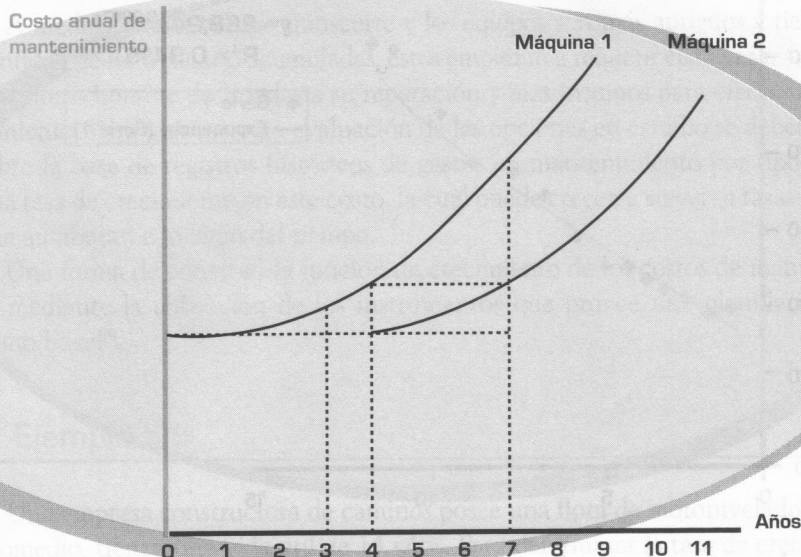


Gráfico 5.3
Comparación de tasas de crecimiento en costo de mantenimiento de máquinas similares.

5.9

Costos de una mejora o reparación mayor

Tampoco es frecuente considerar, en los proyectos de modernización, el efecto de una reparación mayor o mejora asociada con la continuidad de uso de un activo viejo que se compara con su eventual sustitución por uno nuevo. Esto se explica porque a la opción de continuar se la vincula generalmente sólo con la inversión que se debe efectuar para hacer efectiva la mejora.

Los efectos sobre el flujo de caja de continuar con el equipo antiguo, sin embargo, son bastante más complejos que los vinculados sólo con el costo de esa mejora. Por ejemplo, los costos indirectos del propio proceso de la reparación mayor conducen a dos efectos diferentes, tanto sobre los costos como sobre los ingresos de la empresa:

- a. si durante el período de detención del activo la empresa decide alquilar un equipo que lo sustituya, trabajar con turnos especiales o subcontratar con empresas externas el trabajo que dejó de hacer, para mantener el nivel de operación del negocio, los ingresos se mantienen en su nivel, pero cambia la estructura de costos en función de la opción que tome la empresa. Si elige la subcontratación por medios externos, probablemente bajen algunos costos directos internos y se asuman los cobrados por el proveedor externo. Si alquila una máquina, los costos tradicionales se mantienen y aumenta el costo del alquiler. Si trabaja en turnos especiales, también se mantienen los costos tradicionales, pero aumentan aquellos asociados a turnos especiales como, por ejemplo, el pago de horas extras o segundos turnos al personal. En el caso de turnos especiales, se deberá considerar, además, el costo asociado al aumento de uso del resto de los activos, como, por ejemplo, los costos de su mantenimiento;
- b. si durante el período de la reparación la empresa decidiera no suplir la producción por otra vía, se vería reducido su nivel de actividad, por lo que deberá incluirse en los flujos el efecto del menor ingreso por la baja en las ventas y el menor costo directo por la reducción en la actividad: materiales, pagos por la mano de obra directa, etcétera.

5.10

Irrelevancia de algunos costos asignados

Los distintos sistemas de análisis contable de costos asignan o prorratean los costos indirectos en que se incurre, entre productos o centro de costos productivos de la empresa. La asignación de costos es una tarea inevitable en las organizaciones, las que se ven obligadas a definir diversos criterios para distribuir, por ejemplo, el costo de las remuneraciones del personal de farmacia entre las distintas prestaciones médicas para costear una intervención quirúrgica; o el costo del seguro contra incendio del edificio donde funciona una universidad entre las actividades de docencia e investigación, o el costo de la administración general de una empresa entre los distintos productos que elabora. Esto, principalmente, para costear productos o evaluar el desempeño de las distintas divisiones que pudiera tener la empresa.

Los *costos directos*, aquellos que se asocian directamente con un producto, servicio o departamento, por definición no requieren un proceso de asignación, ya que se identifican claramente con el objetivo de costo: un envase con el producto o el sueldo de un consultor con una asesoría, por ejemplo. Los costos indirectos, por el contrario, no se identifican claramente con el objetivo del costo y deben ser asignados de acuerdo con alguno de los criterios que la teoría y la práctica ofrecen.

Cuando dos o más “usuarios” comparten un mismo costo, debe distribuirse el gasto asociado entre ambos, mediante la mejor estimación de cuál es la responsabilidad de cada parte en el costo total.

Es frecuente, en este sentido, utilizar criterios ampliamente estandarizados como, por ejemplo, los metros cuadrados asignados a cada unidad para distribuir el costo de mantenimiento de un edificio y el número de empleados para distribuir el gasto del departamento de personal.

La asignación contable de costos determina que el costo de una unidad de la empresa incluya costos que son irrelevantes para la toma de decisiones, por tener un carácter inevitable.

En proyectos que evalúan el *outsourcing* de determinadas actividades de la empresa, muchos costos que fueron asignados no deben ser considerados en la evaluación. Por ejemplo, cuando se evalúa la externalización de un servicio de mantenimiento de maquinarias, probablemente en los costos contables vigentes se incluya el prorrateo del costo de los seguros del edificio y el seguro de los equipos de mantenimiento. Mientras el primero generalmente será inevitable (ya que si el edificio sigue asegurado, aunque se externalice el servicio el costo debe seguir siendo financiado por la empresa), el segundo es evitable por la eventual venta de los activos que dejarían de usarse y, en consecuencia, el seguro asociado a ellos no se justificaría.

La forma más simple para evitar caer en el error de trabajar con los costos contables en vez de con los costos efectivos es identificar todos los costos de la situación existente (sin proyecto) y compararlos con todos los costos de la situación con proyecto, sean o no relevantes, ya que los irrelevantes se anulan entre sí en cualquier comparación. Existen dos métodos para evaluar proyectos de modernización: uno que compara los flujos de la situación base respecto de la situación con proyecto, y otro que hace un análisis incremental. En el capítulo 7 se trata este tema con profundidad.

Cómo construir los flujos de caja del proyecto

Como se mencionó en los capítulos anteriores, existen varias formas de construir el flujo de caja de un proyecto, dependiendo de la información que se desee obtener: medir la rentabilidad del proyecto, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en él o la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar la inversión. Por ello, la estructura que deberá asumir el flujo de caja dependerá del objetivo perseguido con la evaluación.

Un factor de mucha relevancia en la confección correcta de un flujo de caja es la determinación del horizonte de evaluación que, en una situación ideal, debiera ser igual a la vida útil real del proyecto, del activo o del sistema que origina el estudio. De esta forma, la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del período involucrado. Sin embargo, la mayoría de las veces esto no es posible, ya que el ciclo de vida real puede ser tan largo que hace imposible confiar en las proyecciones más allá de cierto plazo o porque la comparación de alternativas de vidas útiles muy distintas hace conveniente optar por los criterios que se adecuen a cada situación; por ejemplo, el periodo de producción requerido si existe contrato de por medio, la vida útil de la alternativa de vida más corta si hay una clara tendencia a la innovación en sus características técnicas o las propias políticas internas de la empresa.

La importancia del ciclo de vida de los proyectos se manifiesta también en que determinará el procedimiento que se deberá seguir para su evaluación. En ese sentido, se puede identificar la existencia de alternativas con igual vida útil, con vidas útiles distintas donde existe

repetibilidad perpetua mediante reinversiones en iguales tecnologías o vidas útiles distintas, en la que al menos una de las opciones no coincide con el período de evaluación. El primer caso corresponde, por ejemplo, a la selección del vehículo que se empleará en el transporte de los trabajadores hacia la planta, donde es posible encontrar vehículos de distinta marca que tengan una vida útil muy parecida. El segundo caso se da, por ejemplo, cuando una empresa minera está evaluando optar por una planta generadora de energía a carbón o a petróleo, donde la decisión que se tome tiene escasa posibilidad de revertirse. El tercer caso es frecuente en proyectos que evalúan una sustitución de un activo al que le queda poca vida útil por otro nuevo cuya duración puede ser sustancialmente mayor.

7.1

Estructura general de un flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los *momentos* en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada *momento* refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un período, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del período siguiente puedan ocurrir.

Si el proyecto se evaluara en un horizonte de tiempo de diez años, por ejemplo, se deberá construir un flujo de cada con once columnas, una para cada año de funcionamiento y otra para reflejar todos los desembolsos previos a la puesta en marcha. Esta última va antes que las demás, se conoce como *momento cero* e incluye lo que se denomina *calendario de inversiones*.

El *calendario de inversiones* corresponde a los presupuestos de todas las inversiones que se efectúan antes del inicio de la operación que se espera realizar con la implementación del proyecto.

Una forma de ordenar los distintos ítems que componen el flujo de caja de un proyecto considera los cinco pasos básicos que se muestran en la figura 7.1, que finaliza con su construcción.

Los *ingresos y egresos afectos a impuesto* incluyen todos aquellos movimientos de caja que, por su naturaleza, puedan alterar el estado de pérdidas y ganancias (o estado de resultados) de la empresa y, por lo tanto, la cuantía de los impuestos sobre las utilidades que se podrán generar por la implementación del proyecto. Por ejemplo, entre este tipo de ingresos se pueden identificar las mayores ventas que podrán esperarse de una ampliación, los ahorros de costo por cambio de tecnología o la venta de algún activo si se hace un *outsourcing* o un abandono de alguna área de actividad de la empresa; asimismo, entre los egresos, están las remuneraciones, insumos, alquileres y cualquier desembolso real que signifique además un gasto contable para la empresa.

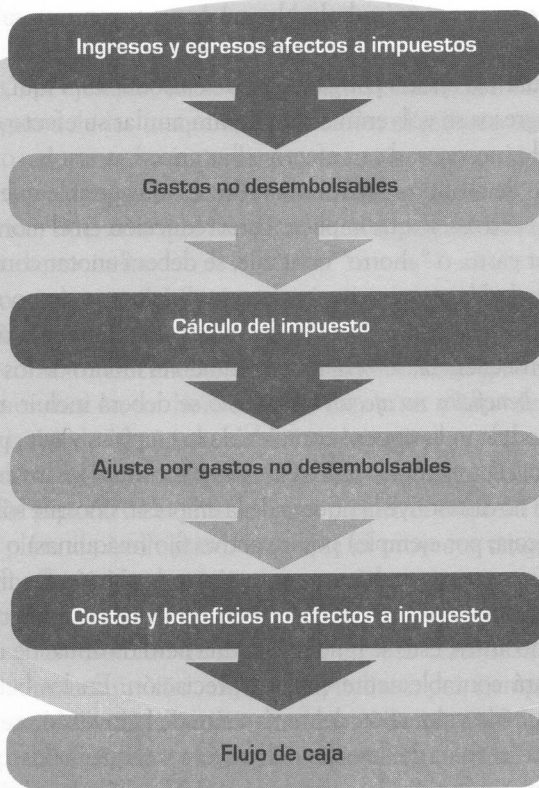


Figura 7.1
Etapas para la construcción de un flujo de caja.

Los gastos no desembolsable corresponden a gastos que, sin ser salidas de caja, son posibles de agregar a los costos de la empresa con fines contables, permitiendo reducir la utilidad sobre la cual se deberá calcular el monto de los impuestos a pagar. Por ejemplo, constituyen cuentas de gastos contables, sin ser egresos de caja, la depreciación de los activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor contable o valor libro de los activos que se venden.

Como resultado de las sumas y restas de ingresos y gastos, tanto efectivos como no desembolsables, se obtiene la *utilidad antes de impuesto*. En la tercera etapa, la del cálculo del impuesto, corresponde aplicar la tasa tributaria porcentual sobre las utilidades para determinar el monto impositivo, que sí es un egreso efectivo necesario de incorporar en la construcción del flujo de caja. Después de calculado y restado el impuesto, se obtiene la *utilidad neta*.

En algunos casos se sumará un ahorro tributario, tal como se expuso en el capítulo anterior, al vender un activo con pérdidas contables. Por ejemplo, cuando la evaluación de alternativas se hace sólo por consideraciones de costo, en la utilidad antes de impuesto se reflejará cuánto hace disminuir cada una de ellas a la utilidad total de la empresa y, en consecuencia, el impuesto tendrá signo positivo por corresponder a un ahorro o menor gasto tributario atribuible a cada opción. Esta materia se analiza con más detalle en este mismo capítulo.

Dado que los gastos no desembolsables no constituyen una salida de caja y fueron restados sólo para calcular la cuantía de los tributos, después de calcular el impuesto se deberán efectuar los *ajustes por gastos no desembolsables*. Aquí, todos los gastos que no constituyen egresos se volverán a sumar para anular su efecto directo en el flujo de caja, pero dejando incorporado su efecto tributario.

En un proyecto de abandono o de *outsourcing* es muy posible que se produzca la eliminación de algunos activos, lo que implicará una reducción en el monto de la depreciación anual. Este menor gasto, o “ahorro” contable, se deberá anotar con signo positivo en los gastos no desembolsables y negativo en los ajustes por gastos no desembolsables, para anular su efecto. Como toda reducción de gastos, esto aumentará la utilidad antes de impuesto y, en consecuencia, se verá incrementado el monto de los impuestos.

En los *costos y beneficios no afectos a impuesto* se deberá incluir aquellos movimientos de caja que no modifican la riqueza contable de la empresa y que, por lo tanto, no están sujetos a impuestos. Por ejemplo, en los egresos se incluirán las inversiones, por cuanto al adquirir un activo no disminuye la riqueza de la empresa, sino que sólo está cambiando un activo corriente (caja, por ejemplo) por un activo fijo (máquinas) o aumentando el valor de los activos y los pasivos, simultáneamente, si su adquisición fue financiada con deuda. La pérdida para la empresa se producirá posteriormente cuando entre en uso el activo. Como se mencionó antes, esto se reflejará en una pérdida anual de una parte de su valor, lo que se registrará contablemente en la depreciación. En los beneficios no afectos a impuestos se incluirá la valoración del remanente de la inversión realizada y ocupada, la que se expresará en el valor de desecho del proyecto, el que incluso puede tener un valor superior al de la inversión inicial y se anotará al final del último periodo de evaluación.

Cada uno de los cinco pasos ordenará la información que corresponda a cada cuenta, registrándola en la columna o momento respectivo. Por ejemplo, en la columna o momento 0 se registrarán todas las inversiones que deben estar efectuadas para que el proyecto pueda iniciar su operación a partir del primer periodo.

Previo a la puesta en marcha del proyecto, las inversiones se realizan en distintos momentos de tiempo aunque se presentan, por lo general, como un solo monto en el momento cero. Esto hace necesario construir un calendario de inversiones que posibilite agregar el costo del capital inmovilizado durante la etapa de construcción y puesta en marcha. Comúnmente, este calendario se hace en periodos mensuales, correspondiendo el último al momento cero del proyecto. Es decir, el desembolso realizado en el último mes no ocasiona costos de capital¹.

¹ Como se verá más adelante, esto es así porque la mayoría de los *software* de computación y las calculadoras científicas vienen programadas con la fórmula:

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

Donde VF es el valor final del flujo del calendario de inversiones, C_t el flujo de cada periodo t e i la tasa de costo de capital por periodo. Otra opción es la ecuación

$$VF = \sum_{t=1}^n C_t * (1+i)^t$$

En este caso, el valor final está expresado un periodo después del último flujo y, en consecuencia, el calendario de inversiones se hace hasta el último mes (periodo) antes de la puesta en marcha del proyecto.

En el *calendario de inversiones* se deben incluir todos los egresos derivados de la eventual puesta en marcha del proyecto, sean calificados bajo la denominación de inversión o de gasto. Por ejemplo, entre estos últimos están aquellos en que se incurre por concepto de seguros de las maquinarias, sueldos, alquileres, impuesto territorial o energía, entre otros, durante la etapa de construcción o inversión. En empresas en marcha estos egresos son cargados frecuentemente como gastos del período para fines contables y tributarios, mientras que los de inversión propiamente dicha se activan para posteriormente depreciarlos.

Por otra parte, una columna del flujo, como la 4, por ejemplo, anotará los ingresos y egresos proyectados para el cuarto año, más aquellas inversiones que deberán estar realizadas para enfrentar un crecimiento en la operación en el quinto año.

Si el proyecto se evalúa en un horizonte de diez años y uno de los activos tiene exactamente una vida útil de 10 años, se deberá incluir, en el momento 10, la reposición de ese activo cuando el valor de desecho se calcule por el método económico, aun cuando sea al final del período de evaluación, por cuanto la empresa tiene un horizonte de vida superior al plazo de evaluación. Para que el proyecto tenga la capacidad de seguir generando beneficios a futuro, los que se considerarán para calcular el valor del desecho del proyecto, se requerirá toda su capacidad productiva instalada disponible.

Es posible obtener un resultado de la evaluación más certero si, en vez de anotar la suma de los flujos durante un año, estos se capitalizan, por ejemplo mensualmente, agregándoles el costo del capital utilizado dentro de un año. Lo anterior se usa escasamente y sólo cuando existen variaciones estacionales significativas durante un año. Obviamente, la capitalización de un flujo anual expresado mensualmente deberá hacerse a la tasa de costo de capital mensual².

En la gran mayoría de los casos, sin embargo, no se calculan flujos capitalizados en forma mensual, por cuanto se considera que la variación en el monto calculado de rentabilidad para el proyecto, generalmente, cambia en forma poco significativa y porque parte del efecto estacional puede ser corregido por un capital de trabajo determinado sobre consideraciones estacionales, tal como se explicó en el capítulo 5.

El *horizonte de evaluación* (o plazo en que se evaluará la inversión) depende mucho de las características de cada proyecto. Si es uno al que se le augura una vida útil real de 5, 8 ó 15 años, por ejemplo, lo mejor será construir un flujo de caja a ese número de años. Pero si el proyecto pretende mantenerse en el tiempo, hay una convención no escrita que hace que la mayoría de los evaluadores usen un período de evaluación de 10 años.

² Para expresar mensualmente una tasa anual, se puede recurrir a la siguiente fórmula:

$$i_m = \sqrt[12]{1 + i_a} - 1$$

(7.3)

Donde i_m es la tasa de interés e i_a es la tasa de interés anual.

Los beneficios que se pueden esperar después del décimo año se reflejarán en el valor de desecho del proyecto, el cual se anotará como un beneficio no afecto a impuesto en el último momento del flujo.

Otra opción se da cuando el proyecto tiene concentrada gran parte de las inversiones en algunos equipos cuya vida útil es diferente de 10 años. Por ejemplo, si el 80% de las inversiones corresponde a un activo que tiene una vida útil de 13 años, lo más probable es que se fije el horizonte de evaluación en 13 años.

Ejemplo 7.1

Suponga que para evaluar la conveniencia de crear una nueva empresa se dispone de los siguientes antecedentes:

- a. la estrategia comercial considera un precio de introducción de \$100 para los tres primeros años y de \$110 a partir del cuarto;
- b. la proyección de la demanda supone vender 1.000 unidades el primer año, aumentar en un 20% las ventas el segundo año, en un 5% el tercero y crecer en forma vegetativa en el equivalente al crecimiento de la población, que se estima en un 2% anual;
- c. las inversiones en activos fijos corresponden a \$80.000 en terrenos, \$200.000 en construcciones que se deprecian contablemente en 40 años y \$100.000 en maquinarias que se deprecian en 10 años, aunque tienen una vida útil real de sólo seis años. Al final de su vida útil, podrían venderse en el 50% de lo que costaron;
- d. el costo variable es de \$30 para cualquier nivel de actividad y los costos fijos de \$20.000 anuales;
- e. la tasa de impuesto a las utilidades es de 17%;
- f. el capital de trabajo equivale a seis meses de costos de operación desembolsables;
- g. el valor de desecho se calcula por el método contable.

El flujo de caja que mide la rentabilidad del proyecto, es decir, de toda la inversión, se muestra en la tabla 7.1.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo	100.000	120.000	126.000	141.372	144.199	147.083	150.025	153.026	156.086	159.208	
Activo						50.000					
Costo variable	-30.000	-36.000	-37.800	-38.556	-39.327	-40.114	-40.916	-41.734	-42.569	-43.420	
Costo fijos	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	
Costo construcción	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	
Costo maquinaria	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	
Costo libro						-40.000					
Costo	35.000	49.000	53.200	67.816	69.872	81.970	74.109	76.291	78.517	80.788	
Costo	-5.950	-8.330	-9.044	-11.529	-11.529	-13.935	-12.599	-12.970	-13.348	-13.734	
Costo neta	29.050	40.670	44.156	56.287	57.994	68.035	61.511	63.322	65.169	67.054	
Costo construcción	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	
Costo maquinaria	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	
Costo Libro						40.000					
Costo	-80.000										
Costo construcción	-200.000										
Costo maquinaria	-100.000					-100.000					
Costo de trabajo	-25.000	-3.000	-900	-378	-386	-393	-401	-409	-417	-426	31.710
Costo de desecho											290.000
Costo	-405.000	41.050	54.770	58.778	70.902	72.601	22.634	76.101	77.904	79.744	403.764

Tabla 7.1
Estructura
general de un
flujo de caja.

Como puede observarse, en la fila *Capital de trabajo* se anotó con signo positivo la suma de las inversiones anteriores, debido a que el cálculo del valor de desecho se hizo por el método contable y consideró sólo el valor libro de los activos fijos. Alternativamente, pudo sumarse al valor de desecho de los activos fijos y calcularse como un solo valor de desecho total.

7.2

Cómo construir un flujo de caja para medir la rentabilidad de los recursos propios y la capacidad de pago

Para determinar cuál es la rentabilidad que obtendría el inversionista por los recursos propios aportados para la materialización del proyecto, se debe efectuar una corrección al flujo de caja que mide la rentabilidad del total de la inversión, mediante la incorporación del efecto del financiamiento externo en la proyección de caja efectuada anteriormente, ya sea por la obtención de un préstamo o por la contratación de un *leasing*.

La forma de tratar estas dos situaciones es distinta cuando se trata de medir la rentabilidad del inversionista, principalmente por las consideraciones de tipo tributario que se deben tener en cuenta al construir el flujo de caja.

7.2.1

Financiamiento del proyecto con deuda

Al recurrir a un préstamo bancario para financiar el proyecto, la empresa debe asumir el costo financiero que está asociado a todo proceso de otorgamiento de créditos, el cual, como se explicó anteriormente, tiene un efecto negativo sobre las utilidades y, por lo tanto, positivo sobre el impuesto. Es decir, genera un ahorro tributario al reducir las utilidades contables sobre las cuales se calcula el impuesto.

Por otra parte, incorporar el préstamo como un ingreso en el flujo de caja del inversionista en el momento cero, hace que la inversión se reduzca de manera tal, que el valor resultante corresponde al monto de la inversión que debe ser financiada con recursos propios.

La rentabilidad del inversionista se calculará comparando la inversión que deberá él financiar con el remanente del flujo de caja que queda después de servir el crédito; es decir, después de pagar los intereses y de amortizar la deuda.

Ejemplo 7.2

Con el fin de ejemplificar las diferencias en la construcción de los flujos de caja para medir la rentabilidad del proyecto con la del inversionista cuando financia parte de las inversiones con deuda bancaria, se usará el mismo caso del ejemplo 7.1, con los siguientes supuestos adicionales:

- el 60% de la inversión fija se financia con un préstamo a ocho años plazo y una tasa de interés del 9% anual;
- el capital de trabajo, las inversiones de reposición y el 40 % de las inversiones fijas se financian con aportes de los inversionistas.

Para incorporar el efecto del financiamiento debe calcularse, primero, el monto de la cuota que se deberá servir al banco anualmente y diferenciar de ella los componentes de interés y de amortización de la deuda. El monto de la cuota se puede calcular por la siguiente expresión:

$$C = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

(7.4)

Donde C es el valor de la cuota, P el monto del préstamo, i la tasa de interés y n el número de cuotas en que se servirá el crédito.

Reemplazando con los antecedentes del ejemplo, se tiene:

$$C = (380.000 * 0,6) * \frac{0,09 (1+0,09)^8}{(1+0,09)^8 - 1}$$

De lo que resulta una cuota de \$41.194.

En una planilla electrónica, como Excel por ejemplo, la cuota se calcula directamente usando la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la **Categoría de función** y se elige **Pago** en el **Nombre de la función**. En el cuadro de diálogo **Pago**, se escribe 9% en la casilla correspondiente a **Tasa**, 8 en la casilla **Nper** y -228.000 en **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor de la cuota.

Para diferenciar la parte de la cuota que corresponde a los intereses del préstamo (que se encuentran afectos a impuesto), de su amortización (que no está afectada a impuesto), se elabora una tabla de pagos que exprese, en la primera columna, el saldo de la deuda al inicio de cada año; en la segunda, el monto total de cada cuota; en la tercera, el interés del período y, en la cuarta, el monto que amortizará la deuda inicial, calculada como la diferencia entre la cuota y el interés a pagar. Esto se muestra en la tabla 7.2:

Deuda	Cuota	Interés	Amortización
228.000	41.194	-20.520	-20.674
207.326	41.194	-18.659	-22.534
184.792	41.194	-16.631	-24.562
160.229	41.194	-14.421	-26.773
133.456	41.194	-12.011	-29.183
104.274	41.194	-9.385	-31.809
72.464	41.194	-6.522	-34.672
37.792	41.194	-3.401	-37.792

Tabla 7.2
Tabla de pagos
o tabla de
amortización.

Para medir la rentabilidad de los recursos propios, se debe incluir el efecto del financiamiento en el flujo de caja original, incorporando los intereses antes de impuesto con signo negativo, el préstamo con signo positivo después de impuestos y la amortización del préstamo con signo negativo, también después de impuesto.

El flujo de caja resultante se muestra en la tabla 7.3.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso		100.000	120.000	126.000	141.372	144.199	147.083	150.025	153.026	156.086	159.208
Venta activo							50.000				
Costos variable		-30.000	-36.000	-37.800	-38.556	-39.327	-40.114	-40.916	-41.734	-42.569	-43.420
Costos fijos		-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000
Intereses		-20.520	-18.659	-16.631	-14.421	-12.011	-9.385	-6.522	-3.401		
Dep. construcción		-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000
Dep. maquinaria		-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000
Valor Libro							-40.000				
Utilidad		14.480	30.341	36.569	53.395	57.861	72.584	67.587	72.891	78.517	80.788
Impuesto		-2.462	-5.158	-6.217	-9.077	-9.836	-12.339	-11.490	-12.391	-13.348	-13.734
Utilidad neta		12.018	25.183	30.352	44.318	48.025	60.245	56.097	60.499	65.169	67.054
Dep. construcción		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Dep. maquinaria		10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Valor Libro							40.000				
Terreno	-80.000										
Construcción	-200.000										
Maquinaria	-100.000						-100.000				
Capital de trabajo	-25.000	-3.000	-900	-378	-386	-393	-401	-409	-417	-426	31.710
Préstamo	228.000										
Amortización		-20.674	-22.534	-24.562	-26.773	-29.183	-31.809	-34.672	-37.792		
Valor de desecho											290.000
Flujo	-177.000	3.345	16.748	20.412	32.159	33.449	-16.965	36.016	37.290	79.743	403.754

Tabla 7.3

Flujo de
caja del
inversionista
(con deuda).

Como se puede observar en la tabla anterior, cuando se incorpora el préstamo con signo positivo, el flujo de caja en el momento cero se reduce automáticamente a los \$177.000 correspondientes a la cuantía de recursos que debe aportar el inversionista para financiar la parte de la inversión que no cubre el préstamo.

Una fuente opcional de financiamiento de las inversiones de un proyecto está constituida por el *leasing*, instrumento mediante el cual la empresa puede disponer de determinados activos con anterioridad a su pago.

El *leasing* o alquiler de activos, permite su uso por un período determinado a cambio de una serie de pagos. Al término del periodo de alquiler, el locatario puede ejercer una opción para comprar o devolver el bien o para renovar el contrato. Hay dos tipos de operaciones de *leasing*: financiero y operativo.

Un *leasing financiero* involucra plazos generalmente largos y pagos que deben ser cumplidos en su totalidad. Una característica importante de este tipo de *leasing* es que en el contrato debe estar explícita cualquiera de las siguientes cuatro condiciones:

- a. la transferencia de la propiedad del bien al locatario o inquilino, al término del contrato;
- b. el monto de la opción de compra es inferior al valor comercial esperado para el bien en ese momento;
- c. el valor actual de las cuotas corresponde a una proporción significativa del valor de adquisición al inicio del contrato;
- d. el contrato abarca parte importante de la vida útil.

El *leasing financiero* se contabiliza en forma similar a la compra de un activo fijo. Es decir, se activa, bajo la denominación de “activos en *leasing*”, el valor actual de las cuotas y la opción de compra; o, si el contrato lo establece, el precio al contado del bien objeto de alquiler. El valor nominal del contrato se contabilizará como pasivo exigible. La diferencia entre el valor nominal del contrato y el valor actual de sus pagos convenidos se contabilizará como “intereses diferidos por *leasing*”. Al vencimiento de cada cuota se traspasarán a gastos contables los intereses diferidos por *leasing* devengados.

Si el proyecto va a ser financiado mediante un *leasing operativo* en vez de endeudamiento, la forma de calcular el flujo del inversionista difiere del procedimiento explicado para el financiamiento bancario, por cuanto el total de la cuota del *leasing* es considerada como gasto deducible de impuesto, similar a cualquier alquiler de un bien inmueble, por ejemplo.

Como se busca medir la rentabilidad de los recursos propios, en la columna cero se colocará el total de la inversión menos el valor de los activos que se financiarán con el *leasing*. Nótese que, en este caso, la inversión neta que aparecerá en el momento cero corresponderá a los recursos que tendrá que aportar el inversionista.

Si se incorpora la opción de financiamiento por *leasing* para financiar el 60% de la inversión del ejemplo anterior, y suponiendo que ello conlleva a pagar una cuota anual de \$45.000, también en ocho años se tendría un flujo de caja para el inversionista como el que muestra la tabla 7.4. En este caso, en el momento cero se anota sólo aquella parte de la inversión que corresponde financiar antes del inicio de la operación, por cuanto el pago por la compra de los activos se hace diferido en ocho años.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso	100.000	120.000	126.000	141.372	144.199	147.083	150.025	153.026	156.086	159.208	
Venta activo						50.000					
Costos variable	-30.000	-36.000	-37.800	-38.556	-39.327	-40.114	-40.916	-41.734	-42.569	-43.420	
Costos fijos	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	-20.000	
Leasing	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	-45.000	
Dep. construcción	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	
Dep. maquinaria	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	-10.000	
Valor Libro						-40.000					
Utilidad	10.000	4.000	8.200	22.816	24.872	36.969	29.109	31.292	78.517	80.788	
Impuesto	1.700	-680	-1.394	-3.879	-4.228	-6.285	-4.949	-5.320	-13.348	-13.734	
Utilidad neta	-8.300	3.320	6.806	18.937	20.644	30.684	24.160	25.972	65.169	67.054	
Dep. construcción	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	
Dep. maquinaria	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	
Valor Libro						40.000					
Terreno	-32.000										
Construcción	-80.000										
Maquinaria	-40.000					-100.000					
Capital de trabajo	-25.000	-3.000	-900	-378	-386	-393	-401	-409	-417	-426	31.710
Valor de desecho											290.000
Flujo	-177.000	3.700	17.420	21.428	33.551	35.251	-14.717	38.751	40.555	79.743	403.764

Tabla 7.4

Flujo de
caja del
inversionista
(con *leasing*).

Nótese que se desembolsa una inversión inicial de sólo \$177.000 en circunstancias en que el proyecto utiliza activos valorados en \$405.000. Esto se debe a que el 60% de la inversión fija es financiada por la vía de un arrendamiento. Como se puede observar, la depreciación también disminuye en este caso, por cuanto el ahorro tributario del *leasing* se obtiene sobre el total de la cuota y sólo el monto no financiado con *leasing* se deprecia para aprovechar el descuento tributario restante.

Cuando el 60% de la inversión se financia con deuda, se aprovecha el ahorro tributario sólo de los intereses del préstamo (no sobre todo el servicio de la deuda que incluye, además, las amortizaciones de esa deuda) y de la depreciación de los activos comprados con dicho préstamo. Con el *leasing* se asume que, en este ejemplo, 60% de los activos fijos es alquilado, obteniéndose un ahorro tributario sobre el monto total de la cuota.

De acuerdo con lo anterior, la inclusión de los efectos tanto de la deuda como del *leasing*, permiten medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos y no la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, cuando un proyecto es evaluado desde la perspectiva de la institución financiera que tiene que decidir si entrega los recursos solicitados en préstamo,

se hace necesario considerar si el proyecto es capaz de generar los recursos suficientes para amortizar la deuda y para pagar los intereses que devengue, en los plazos y con las condiciones que se le definan.

Un proyecto puede ser rentable pero no tener capacidad de pago. Por ejemplo, cuando el valor de desecho, que no significa ingresos ni constituye liquidez para el negocio, es de una cuantía significativa, puede determinar una alta rentabilidad para el proyecto. Sin embargo, como el valor de desecho valora los activos que tendrá el proyecto al final de su período de evaluación o mide el valor del negocio, su monto no es un recurso disponible para enfrentar el pago del crédito recibido.

Cuando se evalúa un proyecto, para calcular tanto la rentabilidad de la inversión como la del inversionista, se deberán incluir todos los beneficios. Cuando se mide la capacidad de pago se deberán excluir aquellos beneficios que no constituyan ingresos: el valor de desecho y la recuperación del capital de trabajo, cuando corresponda.

Si se acepta dar crédito a un proyecto que es rentable cuando se evalúa con todos sus beneficios, pero que no lo es cuando no se considera su valor de desecho, ello significaría que la única forma de que se pague el crédito es con la venta del negocio. Difícilmente un banco otorgará un crédito para financiar un activo si la única forma de responder al crédito es vendiendo el activo, a menos que se demuestre la capacidad de pago recurriendo a otras fuentes de recursos distintas de las generadas únicamente por el proyecto.

7.3

Situación base frente a situación con proyectos o análisis incremental

La estructura general de construcción de cualquier flujo de caja es la misma, cualquiera sea el objeto de la inversión o la finalidad del estudio. Sin embargo, cuando el proyecto se evalúa para una empresa en marcha se pueden presentar distintas situaciones que deben ser claramente comprendidas para poder emplear en forma correcta los criterios que incorporen las particularidades de cada una de esas situaciones.

Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, dos procedimientos destacan sobre el resto: evaluar todos los proyectos al plazo de término del que tiene la menor vida útil o calcular el costo anual equivalente de las opciones. En el primer caso, se asume que si el máximo tiempo que puede mantenerse una situación está dada por la opción de menor vida útil, la evaluación considerará la conveniencia de mantener esa opción por todo el resto de su vida útil o sustituirla hoy por otra. Es decir, si la empresa tuviera un equipo usado cuya vida útil es de cinco años más y su alternativa en el mercado tuviera una vida útil de ocho años, la evaluación supone que las opciones

son cambiar hoy el equipo usado o hacerlo al cabo de cinco años, al término de su período esperado de uso³.

El valor de desecho de la alternativa de mayor duración reflejará los beneficios adicionales que podrían esperarse de su mayor vida útil.

En el segundo caso se supone que las opciones de distinta vida útil son repetibles en el largo plazo, por lo que calcular un flujo promedio anual en que se consideren los costos de inversión, operación y capital, así como los beneficios de operación y remanentes de la inversión, es equivalente a evaluar ambas en el muy largo plazo.

Cuando un proyecto mide la conveniencia de un reemplazo de activos, generalmente será irrelevante el cambio en los niveles de capital de trabajo para financiar la operación del negocio. Pero cada vez que se evalúe y sea una ampliación de la capacidad como la internalización de algún proceso de la empresa o el abandono u *outsourcing* de alguna actividad realizada internamente, se deberá incluir, según corresponda, el incremento o disminución de la inversión mantenida en capital de trabajo.

Una primera forma de determinar la conveniencia de una inversión que genere un cambio respecto de una situación existente es la que se realiza mediante la proyección de dos flujos de caja cuyos resultados deben ser comparados: uno para lo que se denomina la *situación base*, o sin proyecto, y otro para la *situación con proyecto*.

En ambos casos se deberá estimar el comportamiento del flujo de caja que efectivamente se espera que pueda ocurrir si se optara por seguir uno u otro curso de acción. Por ejemplo, si el proyecto evalúa la conveniencia de realizar un reemplazo de alguna maquinaria, se deberá anotar, en el momento cero (hoy) de la situación con proyectos, el beneficio dado por la posibilidad de la venta del equipo en uso y la inversión por la compra del sustituto. Por este concepto, sin embargo, no se deberá anotar ningún valor en la situación base, por cuanto ni se venderá el equipo actual ni se comprará uno nuevo.

Cuando las dos situaciones tienen variables comunes, éstas podrán obviarse por ser irrelevantes para la decisión. Por ejemplo, si los ingresos son idénticos al elegir el sistema de transportes para la empresa, este ítem podrá omitirse en la situación base y en la situación con proyecto y efectuar la comparación por el criterio de mínimo costo⁴.

Una alternativa al criterio de comparar la situación base con la situación con proyecto es efectuar un *análisis incremental* el que, correctamente aplicado, debe conducir al mismo resultado. Por ejemplo, si con el criterio anterior correspondiera anotar en el flujo de caja de la situación base un costo de \$1.000 por consumo de energía y en la situación con proyecto este ítem baja a \$800, en la construcción del flujo incremental

³ Un procedimiento distinto, que se expone en los siguientes capítulos, se utiliza para determinar el momento óptimo de la sustitución.

⁴ Este punto se analiza con más detalle en el capítulo 8.

se deberá anotar un beneficio de \$200 por el ahorro de costos en el consumo de energía, si es que se ejecuta el proyecto.

De acuerdo con esto, el resultado de ambas alternativas debe no sólo conducir a la misma decisión, sino también mostrar exactamente la magnitud monetaria de la diferencia de los resultados. Por ejemplo, si el resultado de la primera alternativa muestra un beneficio neto para la empresa de \$10.000 en la situación base y de \$13.000 para la situación con proyecto, en el análisis incremental el resultado tendría que mostrar un beneficio neto de \$3.000, que reflejaría en cuánto mejora la situación de la empresa (o empeora) si se ejecuta el proyecto. Con este criterio, si el resultado incremental fuese negativo en \$4.000, no debe interpretarse como una pérdida atribuible a si se hace el proyecto, sino a una baja comparativa de los beneficios por este monto.

El siguiente ejemplo muestra la forma de construir el flujo de caja mediante los dos procedimientos alternativos: a) comparando la situación base respecto de la situación con proyecto; y b) mediante un análisis incremental.

Ejemplo 7.3

Suponga que una empresa está estudiando la posibilidad de cambiar el vehículo que actualmente usa por otro nuevo que posibilitaría la reducción de sus altos costos de mantenimiento y repuestos. Ambos vehículos prestan el mismo servicio, por lo que se considera que los beneficios directos no son relevantes para la decisión.

El vehículo actual se compró hace tres años en \$1.000. Hoy tiene un valor de mercado de \$500 y una vida útil de cinco años más, al cabo de los cuales tendrá un valor de mercado de \$60. El costo de funcionamiento anual se estima constante en \$400.

El nuevo vehículo tiene un valor de \$1.200 pero permite reducir los costos de funcionamiento a sólo \$300.

Ambos vehículos se deprecian linealmente en un total de cinco años. El vehículo actual se ha revalorizado contablemente en el pasado, registrando un valor libro actual de \$440 y restándole dos años por depreciar. La tasa de impuesto a las utilidades es del 15%.

En consideración a que el vehículo actual tiene una vida útil máxima de otros cinco años, se comparará la conveniencia de quedarse por ese período con el vehículo actual o el nuevo. Si el activo nuevo tuviese una vida útil estimada de siete años, se debe calcular su valor de desecho al final del período de evaluación, ya que no se proyecta venderlo al final del quinto año. Para ello, suponga que se espera un valor de mercado de \$320 si tuviese cinco años de uso.

En primer lugar, se construirá el flujo de caja de la situación base, siguiendo los cinco pasos siguientes:

- a. *ingresos y egresos afectos a impuestos*: se incluye el ingreso por la venta del equipo actual al final de su vida útil y el egreso asociado al costo de funcionamiento;
- b. *gastos no desembolsables*: debido a que el vehículo actual todavía tiene dos años por depreciar y su valor libro actual es \$440, deberá contarse una depreciación de \$220 para cada uno de los dos primeros años; equivalente al 50% del valor libro revalorizado. Como al final del quinto año el vehículo está totalmente depreciado, su valor libro al momento de venderse será cero;
- c. *cálculo de impuestos*: en este caso la utilidad del proyecto base arroja un resultado negativo por no haberse incluido los ingresos de la empresa que, como se mencionó, son iguales para ambos vehículos y, por lo tanto, irrelevantes para la decisión. Por esto, no se considera el impuesto como cero, sino que se mide el ahorro tributario con que contribuye esta opción hacia el total de la empresa, al bajar la utilidad total de ella;
- d. *ajuste por gastos no desembolsables*: se anota con signo positivo la depreciación restada para calcular la utilidad contable e impuesto, como una forma de anular su efecto por no constituir movimiento de caja. Si el vehículo hubiese tenido valor libro al momento de venderse, también debería sumarse para eliminar su efecto sobre el flujo;
- e. *ingresos y egresos no afectos a impuestos*: en este ejemplo, la situación base no requiere hacer nuevas inversiones. Tampoco existe valor de desecho del vehículo, por cuanto se consideró su venta al final de período de evaluación, ni se informa de cambios en la inversión en capital de trabajo.

El flujo de caja resultante para la situación base se muestra en la tabla 7.5

Sin proyecto	0	1	2	3	4	5
Venta activo						60
Costo funcionamiento		-400	-400	-400	-400	-400
Depreciación		-220	-220			
Valor libro						0
Utilidad		-620	-620	-400	-400	-340
Impuesto		93	93	60	60	51
Utilidad neta		-527	-527	-340	-340	-289
Depreciación		220	220			
Valor libro						
Flujo		-307	-307	-340	-340	-289

Tabla 7.5

Flujo de caja
situación base
o sin proyecto.

En la situación con proyecto se observan los siguientes componentes del flujo de caja:

- a. *ingresos y egresos afectos a impuesto*: si se hace el reemplazo, se podrá vender el vehículo actual en \$500. No se anota la venta del activo nuevo dentro de cinco años, debido a que lo más probable es que en esa oportunidad no se venda, por lo que se debe registrar como valor de desecho. El nuevo costo de funcionamiento baja, en esta alternativa, a \$300 anuales;
- b. *gastos no desembolsables*: incluye la depreciación anual del activo en cinco años y el valor libro del vehículo que se vende, el que corresponde a lo que le falta hoy por depreciar;
- c. *cálculo de impuesto*: el cálculo es similar al de la situación base, aunque en el momento cero se observa un efecto tributario negativo por el aumento de las utilidades contables generado por la venta del vehículo;
- d. *ajuste por gastos no desembolsables*: se sigue el mismo procedimiento de la situación base;
- e. *ingresos y egresos no afectos a impuestos*: incluye el valor de la inversión de reposición en el momento cero y el valor de desecho, o valor remanente de la inversión, que se calculó por método comercial de la siguiente forma:

Venta activo	320
Valor libro	0
Utilidad	320
Impuesto (15%)	-48
Utilidad neta	272
Valor libro	0
Valor de desecho	272

En este caso no es conveniente aplicar el método contable, ya que la vida útil contable de los vehículos difiere mucho de la vida útil real, distorsionándose los resultados. En este ejemplo, ambos vehículos tienen un valor libro de cero al final del quinto año; sin embargo, mientras el vehículo actual no tendrá uso alternativo al cabo de ese periodo, al vehículo nuevo le restarán todavía dos años más de vida. Obviamente, en ese momento, ambos activos no pueden tener el mismo valor.

El método del valor de desecho económico tampoco se puede aplicar, ya que al excluir los ingresos, por considerarlos irrelevantes para la decisión, se trabaja con flujos negativos que hacen imposible valorar el remanente de la inversión actualizando costos.

El flujo resultante para la situación con proyecto se expone en la tabla 7.6.

Tabla 7.6

Flujo de caja
con proyecto.

Con proyecto	0	1	2	3	4	5
Venta activo	500					
Costo funcionamiento		-300	-300	-300	-300	-300
Depreciación		-240	-240	-240	-240	-240
Valor libro	-440					
Utilidad	60	-540	-540	-540	-540	-540
Impuesto	-9	81	81	81	81	81
Utilidad neta	51	-459	-459	-459	-459	-459
Depreciación		240	240	240	240	240
Valor libro	440					
Inversión	-1.200					
Valor desecho						272
Flujo	-709	-219	-219	-219	-219	53

Nótese que si en vez de anotar un valor de desecho de \$272 se hubiese incluido en el flujo un valor de venta del activo de \$320 antes de impuesto en el momento 5, el resultado seguiría siendo de \$53. Sin embargo, debe anotarse como valor de desecho porque no constituirá parte de los ingresos que permiten medir la capacidad de pago.

De la medición de la rentabilidad de ambas opciones, de acuerdo con el criterio del valor actual de costos que se describe en el siguiente capítulo, se concluirá cuál es la más conveniente. En este caso, se optará por la menos negativa de las dos.

Una forma alternativa de llegar a la misma información de apoyo a la decisión es la de construir directamente un flujo de caja incremental.

Para ello se debe incluir la variación ocasionada en cada ítem presupuestado en el flujo por la eventual aprobación del proyecto de sustitución, siguiendo también los cinco pasos anteriores.

- ingresos y egresos afectados a impuestos:* se debe incluir con signo positivo el mayor ingreso por la venta del vehículo actual en el momento cero y el menor ingreso presupuestado al final del quinto año por dejar de venderse el activo ese año. Se agrega con signo positivo el ahorro o reducción de los costos de funcionamiento que permite trabajar con un vehículo nuevo;

- b. *gastos no desembolsables*: incluyen la variación esperada en la depreciación y valor libro. Respecto de la depreciación, el nuevo vehículo permite a la empresa incrementar este gasto en \$20 cada uno de los dos primeros años y en \$240 del tercero al quinto. El valor libro va con signo negativo en el momento cero y, si hubiese sido distinto a cero, con signo positivo en el momento cinco. Esto debe ser así porque, al igual como se anotó lo que se deja de percibir por la venta del vehículo, se debe incorporar el efecto tributario que se deja de ahorrar por no rebajar el valor libro de las utilidades contables presupuestadas para la empresa;
- c. *cálculo del impuesto*: se procede de igual manera que en los casos anteriores;
- d. *ajuste por gastos no desembolsables*: se reversan los “gastos no desembolsables” por no constituir movimientos de caja. Nótese que si el vehículo actual se hubiese reemplazado por otro más pequeño y de menor valor, la depreciación anual podría haber disminuido. Si así fuese, habría que considerar un “ahorro de depreciación” con signo positivo antes de impuesto y, por lo tanto, tendría signo negativo en la etapa de ajuste por gastos no desembolsables. El valor libro también se anula cambiando su signo después de impuesto. En este caso, va con signo positivo en el momento cero y con signo negativo en el momento cinco si hubiese tenido un valor distinto de cero;
- e. *ingresos y egresos no afectos a impuesto*: incluyen la inversión inicial que determina la opción de hacer el reemplazo y su valor remanente al final del período de evaluación.

El resultado del flujo incremental se muestra en la tabla 7.7.

Tabla 7.7
Flujo de caja incremental.

Incremental	0	1	2	3	4	5
Venta activo	500					-60
Ahorro costo		100	100	100	100	100
Cambio depreciación		-20	-20	-240	-240	-240
Valor libro	-440					0
Utilidad	60	80	80	-140	-140	-200
Impuesto	-9	-12	-12	21	21	30
Utilidad neta	51	68	68	-119	-119	-170
Depreciación		20	20	240	240	240
Valor libro	440					0
Inversión	-1.200					
Valor desecho						272
Flujo	-709	88	88	121	121	342

Como se puede observar en la tabla 7.8, la diferencia entre los flujos de caja de la situación base y la situación con proyecto coincide con el flujo de caja del análisis incremental. Como se verá más adelante, la rentabilidad de la inversión incremental corresponde a la diferencia de las rentabilidades de las opciones analizadas.

	0	1	2	3	4	5
Con proyecto	-709	-219	-219	-219	-219	53
Sin proyecto		-307	-307	-340	-340	-289
Diferencia	-709	88	88	121	121	342

Tabla 7.8
Comparación
de flujos con
y sin proyecto
versus flujo
incremental.

7.4

Flujo de caja para una desinversión

Un caso particular de evaluación en empresa en marcha lo constituyen los *proyectos de desinversión* que consisten, como su nombre lo indica, en medir la conveniencia de liquidar parte de las inversiones, ya sea porque se estima que es un mal negocio (abandono) o porque existe otra opción más rentable (*outsourcing*) para mantener el nivel de operación, pero bajo otra estructura de costos.

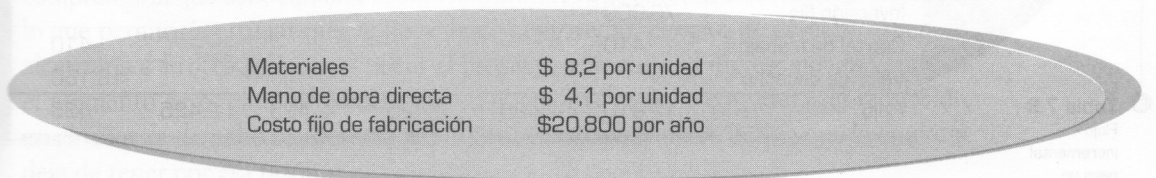
La construcción de flujo de caja para esta situación confunde con frecuencia a quienes evalúan una opción de desinversión elaborando directamente un flujo incremental, debido a que los costos aparecen como beneficios (menor producción con ahorros de costos), los ingresos con signo negativo (menores ventas), las depreciaciones con signo positivo y el valor de desecho como negativo, entre otros. El siguiente ejemplo explica estas situaciones y cómo se debe proceder correctamente.

Ejemplo 7.4

Suponga que una empresa adquirió hace dos años una maquinaria capaz de producir 10.000 unidades anuales de un producto, para enfrentar una proyección original de ventas de 9.200 unidades. Sin embargo, no ha logrado posicionarse en el mercado, lo que se ha traducido en que ha alcanzado niveles de ventas que se han consolidado en sólo 4.600 unidades por año, con un precio unitario de \$54. Los diferentes estudios de mercado indican que será muy difícil superar este nivel en el futuro.

Por esta razón y porque es imposible utilizar la capacidad ociosa de la maquinaria en otro uso alternativo, se ha decidido evaluar la conveniencia de vender este activo y sustituirlo por otro de menor capacidad y con una vida útil de sólo 5 años, plazo en que la empresa reevaluará continuar con este producto en el mercado. Los proveedores de maquinaria ofrecen un equipo alternativo que permite producir 4.500 unidades por año, lo que obligaría a reducir las ventas en 100 unidades en caso de aceptarse la sustitución.

El equipo actual se compró en \$120.000. Hoy tiene un valor de mercado, como activo usado de \$80.000. Su vida útil restante se estima en ocho años y se proyecta un precio de venta, en cinco años más, de sólo \$15.000. En estos dos años no ha sido revalorizado contablemente. El costo de operación observado históricamente está constituido por:



Materiales	\$ 8,2 por unidad
Mano de obra directa	\$ 4,1 por unidad
Costo fijo de fabricación	\$20.800 por año

El equipo nuevo tiene un valor de \$70.000 y se calcula que si al final de su vida útil de 5 años podrá ser vendido en \$18.000. Se estima, asimismo, que esta máquina podrá trabajar con costos fijos de fabricación de sólo \$18.600 anuales, debido al menor gasto en seguros, mantenimiento y otros. No se esperan cambios en los costos variables de producción, ya que se estima que no habrá economías ni deseconomías de escala. Tampoco se considera que podrá impactar otros costos del resto de la empresa, como los de administración o ventas, ya que este producto es marginal dentro de toda la gama que se elabora actualmente.

Ambos equipos se pueden depreciar contablemente en diez años, independientemente del tiempo que la empresa desee quedarse con ellos. Los impuestos a las utilidades ascienden a un 15%.

La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a cuatro meses de costos variables, y exige aplicar este estándar a todos los proyectos que se evalúan en ella.

De acuerdo con esta información, el flujo de caja incremental toma la forma que muestra la tabla 7.9.

	0	1	2	3	4	5
Ingreso		-5.400	-5.400	-5.400	-5.400	-5.400
Venta de activos	80.000					18.000
Ahorro costos variables		1.230	1.230	1.230	1.230	1.230
Ahorro costos fijos		2.200	2.200	2.200	2.200	2.200
Valor libro	-96.000					-35.000
Depreciación		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Utilidad	-16.000	3.030	3.030	3.030	3.030	-13.970
Impuesto	2.400	-455	-455	-455	-455	2.096
Utilidad neta	-13.600	2.576	2.576	2.576	2.576	-11.875
Depreciación		-5.000	-5.000	-5.000	-5.000	-5.000
Valor libro	96.000					35.000
Inversión fija	-70.000					
Capital de trabajo	410					-410
Valor de desecho						-18.150
Flujo	12.810	-2.425	-2.425	-2.425	-2.425	-435

Tabla 7.9

Flujo incremental para un proyecto de desinversión.

Los ingresos de \$5.400 negativos durante los cinco años se explican por la menor venta de 100 unidades anuales, ocasionada por la incapacidad de la nueva máquina para mantener las ventas actuales.

Si se hace la sustitución, la empresa podría vender hoy el equipo viejo en \$80.000 y el nuevo, al final de su vida útil real de cinco años en \$18.000. Como el primero costó \$120.000 y se deprecia en 10 años, su valor libro corresponde a los ocho años que falta por depreciar, es decir, ocho veces \$12.000, lo que da \$96.000. Por otra parte, el equipo nuevo se vendería justo en la mitad de su período de depreciación por lo que su valor libro correspondería al 50% de los \$70.000 de su precio de compra, o sea \$35.000.

Al disminuir la producción en 100 unidades, la empresa deja de gastar \$12,3 de costo variable por unidad (\$1.230 anuales) y ahorra \$2.200 de costo fijo. Ambos ahorros se consideran como beneficios y van con signo positivo en el flujo.

La depreciación aparece en este caso con signo positivo antes de impuesto, por cuanto al liberar la empresa un activo de mayor valor y sustituirlo por otro de menor precio, se reduce el monto de la depreciación anual en \$5.000. La depreciación actual es de \$12.000 y la del nuevo equipo sólo de \$7.000.

El impuesto con signo positivo en el momento cero se explica porque la venta de la máquina actual con pérdidas contables hará disminuir la utilidad total de la empresa en \$16.000, permitiéndole bajar el impuesto a pagar en \$2.400 (el 15% de los \$16.000). Lo mismo sucederá con el equipo nuevo cuando se venda en cinco años.

Como la depreciación se sumó antes de impuesto y no constituye ingreso, se resta para eliminar su impacto en el cálculo del flujo de caja.

Al reducir su nivel de actividad, la empresa va a requerir menos capital de trabajo, por lo que se puede recuperar anticipadamente \$410, que se determinan como 4/12

de la disminución de los costos variables. Nótese que en el momento 5 aparece el mismo valor con signo negativo, indicando, de esta manera, que al hacer el proyecto se reduciría la recuperación del capital de trabajo pronosticado para el final del horizonte de evaluación.

Por último, el valor de desecho también aparece con signo negativo y corresponde al menor valor futuro que tendría el remanente de la inversión. Si no se hace el proyecto, el activo actual seguiría en la empresa al término del período de evaluación y aún le quedarían tres años por depreciar. Si se estima un precio de venta de \$15.000 y su valor libro es de \$36.000 (3 años por la depreciación anual de \$12.000), el equipo se podría vender con una pérdida contable de \$21.000, lo que posibilitaría reducir las utilidades globales de la empresa en ese monto y bajar los impuestos en la proporción del 1% correspondiente. Es decir, habría un ingreso de \$15.000 que pagaría el comprador, al que debe sumarse el ahorro tributario que obtendría la empresa (\$3.150), lo que permitiría estimar que, si no se hace el proyecto, el valor de desecho esperado alcanzaría a \$18.150. Como al hacer el proyecto se incluye el ingreso por su venta en el momento cero, para ser consistente en el análisis, se debe considerar la reducción en el valor de desecho ocasionado por la venta anticipada de un activo que la empresa deja de tener por esa razón.

Sobre el flujo resultante se deberá hacer la evaluación, aplicando los modelos que se exponen en el capítulo siguiente, para determinar la conveniencia de efectuar la desinversión.

Otras situaciones típicas de desinversión se dan cuando la empresa evalúa vender el edificio donde funcionan las oficinas para optar por alquilarlas, comprar insumos en vez de fabricarlo o, como ya se mencionó, externalizar algún servicio que realiza internamente.

7.5

Alquilar o comprar

La decisión de comprar o alquilar las instalaciones de la empresa está asociada a consideraciones muy distintas en la construcción del flujo de caja del proyecto. Mientras la primera obliga a un desembolso inicial fuerte, a menores egresos posteriores, a un efecto tributario basado en la depreciación futura del activo comprado y a incluir el valor de desecho al término del período de evaluación, la segunda se asocia básicamente con el egreso del canon de alquiler y su efecto tributario.

Existen, sin embargo, situaciones donde las opciones de compra o alquiler no corresponden a activos comparables, con lo que se ven afectados los ingresos generados por la mayor o menor actividad vinculada a cada opción, ya sea por sus tamaños o por la localización de las alternativas.

En otros casos, la decisión se verá afectada por la disponibilidad de recursos, su uso alternativo o la búsqueda de una situación que permita flexibilizar la decisión si cambian las condiciones a futuro.

Desde un punto de vista estrictamente económico, la evaluación se puede hacer determinando en cuánto mejora o empeora la situación del proyecto si decide comprar en vez de alquilar sus instalaciones.

Ejemplo 7.5

Una empresa que busca extender su cadena de discotecas a la principal ciudad de la costa del país debe resolver entre alquilar un local que funcionaba como restaurante o comprar las instalaciones de una antigua discoteca. Su proyecto es sólo a cinco años, pues estima que la juventud cambia sus preferencias a locales de moda cada cierto tiempo. Por ello, al cabo de cinco años se considera como escenario más probable el de la venta de la propiedad.

El local susceptible de ser alquilado está valorado en \$16.000, tiene un derecho de llave de \$1.500 y el monto de alquiler asciende a \$270 mensuales. El contrato se deberá firmar por cinco años. El dueño informó que los gastos generales del local, como agua, luz y teléfono, entre otros, alcanzan a \$20 mensuales, que los gastos de mantenimiento son de aproximadamente \$15 mensuales, y que el seguro contratado tiene una prima anual de \$850. Este local tiene un estacionamiento que se incluye en el valor del alquiler. Si se opta por este local, se deberá considerar un monto de \$1.800 para efectuar un conjunto de remodelaciones que demorarían dos meses, el que será cancelado contra avance de la obra a los contratistas en pagos idénticos. Se convino con el dueño del local que la remodelación correría por cuenta de él, pero el alquiler aumentaría en \$15 mensuales. El contrato comenzaría a regir una vez finalizadas las obras de remodelación. Asimismo, el contrato de alquiler obligaría al locatario a pagar las contribuciones del mismo, mientras dure el contrato.

Por otra parte, el local que se podría comprar tiene dimensiones y ubicación similares al anterior, por lo que la operatoria del negocio no debería sufrir mayores modificaciones y no existirían efectos sobre la demanda o los ingresos. Su precio es de \$19.000, que deben ser cancelados al inicio de las obras de remodelación, que demorarían también dos meses e implicarían dos pagos contra estado de avance de \$1.000 cada uno. El valor de salvamento de este local se estima equivalente a su valor contable al final del horizonte de evaluación definido en cinco años, producto de la imposibilidad de pronosticar algo distinto en este respecto. El seguro que se debería contratar tiene una prima de \$600 al año, mientras que los gastos generales se estiman en \$25 mensuales y los de mantenimiento en \$15, también mensuales. Este local no posee estacionamientos, pero se tendría la posibilidad de alquilar a una universidad colindante sus estacionamientos durante las noches, por \$250 al año.

En ambos casos, el valor fiscal sobre el cual se pagan las contribuciones (impuesto territorial o impuesto patrimonial, si corresponden) al Estado por el bien inmueble es equivalente al valor de mercado del bien, estimándose un incremento de este valor en un 2% anual. Las contribuciones alcanzan al 2% del valor fiscal y se pagan una vez al año. La autoridad tributaria fija la depreciación de activos en 10 años, la amortización de los activos nominales o intangibles (derecho de llave) en tres años y los impuestos a las utilidades en un 15%.

La tabla 7.10 muestra el resultado del flujo incremental si se opta por comprar en vez de alquilar. Nótese que, en este caso, se asumen todos los costos y beneficios de comprar y se evitan todos los vinculados con alquilar, lo que es similar a construir y comparar los flujos de la caja de la opción de comprar con la de alquilar.

Tabla 7.10
Flujo de caja incremental entre comprar o alquilar.

	0	1	2	3	4	5
Ahorro de alquiler		3.170	3.170	3.170	3.170	3.170
Mayores gastos generales		-60	-60	-60	-60	-60
Ahorro en seguro		250	250	250	250	250
Mayores contribuciones		-60	-61	-62	-64	-65
Mayor por depreciación		-2.100	-2.100	-2.100	-2.100	-2.100
Menor amortización		500	500	500	0	0
Venta del local						10.500
Valor libro del local						-10.500
Utilidades		1.700	1.699	1.698	1.196	1.195
Impuesto 15%		-255	-255	-255	-179	-179
Utilidades netas		1.445	1.444	1.443	1.017	1.016
Valor libro del local						10.500
Ajuste depreciación		2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Ajuste amortización		-500	-500	-500	0	0
Compra local	-19.000					
Remodelación	-200					
Gastos financieros	-14					
Ahorro derecho de llave	1.500					
Flujo de caja	-17.700	3.045	3.044	3.043	3.117	13.616

El ahorro de costos de alquiler se calcula por la diferencia entre pagar 12 veces \$285 al año por el alquiler y el mantenimiento o una vez \$250 por los estacionamientos. Los gastos generales aumentan de \$20 a \$25 mensuales, lo que significa al año un mayor costo de \$60 si se opta por comprar. Los seguros disminuyen de \$850 a \$600, con lo que se obtendría un ahorro anual de \$250. Las contribuciones aumentan de un 2% de los \$16.000 que por contrato se obliga a pagar el arrendatario, a un 2% de los \$19.000 de la compra de la propiedad. En los años siguientes se consideró un incremento del 2% real en el valor de las propiedades. Si se compra la propiedad, la empresa podrá aprovechar el beneficio tributario de la depreciación, la que se calcula dividiendo el total de las inversiones (\$21.000) en los diez años de depreciación. Al comprar, la empresa deja de aprovechar el gasto contable que permitiría el derecho de llave, por lo que aparece con signo positivo su menor amortización, la que se calcula dividiendo en tres años los \$1.500, el que se habría tenido que pagar por él si se alquila el local. Si se compra la propiedad, al final del quinto año tendrá un valor de venta equivalente a su valor libro, \$10.500, que corresponde al saldo por depreciar (50% de la inversión).

Siguiendo los procedimientos ya explicados, se calcula la utilidad antes de impuesto, el impuesto y la utilidad neta. Posteriormente, se anula el efecto de los gastos que no constituyen movimientos de caja sumando el valor libro y la depreciación, y restando el derecho de llave.

Como último paso, se anotan los costos y beneficios que no están afectos a impuestos: la compra del local en \$19.000, y el mayor gasto por remodelación, que asciende a \$200. Como la compra evita pagar \$1.500 de derecho de llave, esta cifra se anota con signo positivo para expresar el ahorro que se logra en este ítem.

Cálculo y análisis de la viabilidad económica

La medición de la rentabilidad económica de un proyecto no es fácil por las enormes dificultades que existen para pronosticar el comportamiento de todas las variables que condicionan su resultado. Por ello, lo común es explicar que lo que se evalúa es uno, quizás el más probable, de los escenarios que podría enfrentar un proyecto. El cálculo de la rentabilidad de cada uno de los escenarios es una de las tareas más simples, fáciles y certeras del trabajo del evaluador. La determinación de la rentabilidad propiamente tal es un proceso mecánico que conduce siempre a un único resultado. Por eso en este capítulo, más que exponer el desarrollo de las fórmulas para calcular los criterios de evaluación, se profundiza en la interpretación de los resultados, los efectos de las distintas formas de financiación, las alternativas analíticas y la sensibilización de los resultados.

8.1

Conceptos básicos de matemáticas financieras

La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otras. Todas ellas se basan en el concepto del valor tiempo del dinero, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad, si existen otras posibilidades de uso del dinero, ya sea financiero, si se debe recurrir a un préstamo.

En otras palabras, \$1 de hoy vale más que \$1 a futuro, por cuanto el dólar recibido hoy puede invertirse inmediatamente para obtener una ganancia que el dólar recibido a futuro no logra obtener.

Por ejemplo, \$1.000 invertidos hoy al 10% anual, permiten obtener una ganancia de \$100 a recibir en un año más. Es decir, \$1.000 de hoy equivalen a \$1.100 de un año más o, lo que es igual, \$1.100 de un año más equivalen a \$1.000 de hoy. Si los \$1.100 se dejan invertidos por un segundo año, se obtiene una ganancia de \$110, correspondiente a 10% del capital invertido. Es decir, \$1.000 de hoy equivalen a \$1.210 de dos años después.

8.1.1

Equivalencias entre un valor actual y un valor final

El valor final o valor futuro (VF) de un valor actual (VA) se calcula por la expresión:

$$VF = VA (1 + i)^n$$

Donde i es la tasa de rentabilidad exigida y n el número de períodos.

Ejemplo 8.1

Una empresa desea hacer uso de la línea de sobregiro automático que le ofrece su banco para financiar \$10.000 que requiere para invertir en capital de trabajo de un nuevo proyecto, hasta que éste genere los excedentes suficientes para que se autofinancie. Si la tasa de interés real es del 10% y las proyecciones de caja estiman que cubrirá el sobregiro al finalizar el cuarto año de operación del proyecto, el monto adeudado en ese momento se determina por:

$$VF = (1 + 0,1)^4 = 14.641$$

Esto se demuestra fácilmente en la tabla 8.1:

Tabla 8.1

Cálculo del valor futuro de un único flujo inicial.

	1	2	3	4
Saldo inicial	10.000	11.000	12.100	13.310
Interés	1.000	1.100	1.210	1.331
Saldo final	11.000	12.100	13.310	14.641

En una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, el VF se calcula directamente usando la opción **Función**, del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función y se elige **VF** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **VF** se escribe el interés al que se quiere capitalizar el valor inicial en la casilla correspondiente a **Tasa**, el número de períodos en que se mantendrá la deuda se anota en la casilla **Nper** y el valor de la deuda adquirida inicialmente en la casilla **VA**¹. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor futuro tal como se muestra en el cuadro de diálogo en la figura 8.1.

VF

Tasa 10% = 0,1

Nper 4 = 4

Pago = número

Va -10000 = -10000

Tipo = número

= 14641

Devuelve el valor futuro de una inversión basado en pagos periódicos y constantes, y una tasa de interés también constante.

Tasa es la tasa de interés por periodo.

Resultado de la fórmula = \$ 14.641,00

Aceptar Cancelar

Figura 8.1
Cuadro de diálogo para calcular el valor futuro de un solo flujo inicial.

Si se busca calcular el valor actual de un valor futuro, se despeja el elemento VA de la ecuación 8.1, multiplicando el valor futuro por un factor de descuento que debe ser menor que 1 y que se expresa como $1/(1 + i)^n$. De esta forma, el valor actual de un valor futuro se obtiene de:

$$VA = VF \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (8.2)$$

¹ En la planilla Excel siempre se debe ingresar el valor con signo contrario al que se desea obtener como resultado.

Ejemplo 8.2

Para determinar cuánto se debe depositar hoy para lograr acumular \$18.000 al final de cuatro años si un banco ofrece una tasa de interés a los depósitos de un 10% anual, se reemplaza la ecuación 8.2 con estos valores y se obtiene:

$$VA = \frac{18.000}{(1 + 0,1)^4} = 12.294$$

Igual que en el caso anterior, esto se demuestra haciendo el análisis para cada año como se muestra en la tabla 8.2:

	1	2	3	4
Saldo inicial	12.294	13.523	14.876	16.363
Interés	1.229	1.352	1.488	1.636
Saldo final	13.523	14.876	16.363	18.000

Tabla 8.2

Cálculo del valor actual de un flujo único al final de n periodos.

En una planilla Excel el **VA** se calcula usando la opción **Función** del menú **Insertar**, para lo cual se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función y se elige **VA** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **VA** se escribe el interés al que se quiere capitalizar en la casilla correspondiente a **Tasa**; el número de períodos que se dejarán invertidos los recursos se anota en la casilla **Nper** y el valor del monto que se desea tener al final de n periodos en la casilla **VF**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual requerido, tal como se muestra en la figura 8.2.

Cuando se calculan equivalencias de dinero en el tiempo, es posible encontrar, además de los valores actuales o finales, el número de períodos o la tasa de interés que hace que se cumpla la equivalencia de los dineros en el tiempo. Por ejemplo, para calcular cuánto tiempo debe mantenerse un depósito, a una determinada tasa de interés, para que se logre capitalizar en un valor final predeterminado, en una planilla Excel se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función del menú **Insertar** y se elige **Nper** en el nombre de la **Función**. En el cuadro de diálogo **Nper** se escribe en la casilla **Tasa** el interés al que se quiere buscar la equivalencia, se anota el monto que se desea tener al final de los **n** períodos en la casilla **VF** y el valor que se desea invertir inicialmente en la casilla **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el número de períodos que hace ambos montos equivalentes.

Para calcular la tasa de interés que hace equivalente un valor actual con uno final después de n períodos, se sigue un procedimiento similar, seleccionando **Tasa** en el Nombre de la Función.

VA

Tasa 10% = 0,1

Nper 4 = 4

Pago = número

Vt -18000 = -18000

Tipo = número

= 12294,2422

Devuelve el valor presente de una inversión: la suma total del valor actual de una serie de pagos futuros.

Tasa es la tasa de interés por período.

Resultado de la fórmula = \$ 12.294,24

Aceptar Cancelar

Figura 8.2
Cuadro de diálogo para calcular el valor actual de un flujo final único.

8.1.2 Equivalencias entre un valor actual o futuro y una serie de pagos uniformes

Cuando se busca el valor final de una serie de pagos iguales, se recurre a la ecuación 7.1., explicada en el capítulo anterior, o al cuadro de diálogo de la figura 8.1, donde en la casilla **Pago** el valor de la cuota uniforme, en vez de ocupar la casilla **VA**, que se utiliza cuando se existe un único pago inicial.

Ejemplo 8.3

Si en cada uno de los siguientes cuatro años se depositara \$1.000 a una tasa de interés del 10%, al final del período se tendrá un valor acumulado de \$4.641, de acuerdo con lo que muestra el cuadro de diálogo de la figura 8.3:

VF

Tasa 10% = 0,1

Nper 4 = 4

Pago -1000 = -1000

Va = número

Tipo = número

= 4641

Devuelve el valor futuro de una inversión basado en pagos periódicos y constantes, y una tasa de interés también constante.

Tasa es la tasa de interés por período.

Resultado de la fórmula = \$ 4.641,00

Aceptar Cancelar

Figura 8.3
Cuadro de diálogo para calcular el valor final de flujo periódico uniforme.

La tabla 8.3 demuestra y explica cómo se obtiene el valor final al ir acumulando intereses sobre saldos crecientes por los mismos intereses de los períodos pasados y los propios depósitos.

	Hoy	1	2	3
Saldo inicial		1.000	2.100	3.310
Interés		100	210	331
Saldo capitalizado		1.100	2.310	3.641
Depósito	1.000	1.000	1.000	1.000
Saldo final	1.000	2.100	3.310	4.641

Tabla 8.3

Cálculo del valor futuro de un flujo periódico uniforme.

Si los flujos de cada período son diferentes, se repite la ecuación 8.1 para cada flujo anual, donde el último flujo no se capitaliza por corresponder al momento en que se efectúa el cálculo.

El cálculo del valor actual de varios pagos que suceden en varios períodos distintos es similar a sumar los valores actuales individuales, calculados mediante la ecuación 8.2 para obtener el valor actual de todo el flujo.

Cuando se calcula el valor actual de varios pagos que suceden en períodos distintos, es el factor n el que altera la equivalencia en el tiempo de cada pago, debiendo sumarse los valores actuales individuales calculados para obtener el valor actual del flujo.

Cuando todos los flujos son iguales, el valor actual se puede calcular alternativamente por medio de la siguiente expresión:

(8.3)

$$VA = F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Donde F es el valor del flujo neto de caja, uniforme anualmente, y se denomina *anualidad*².

² Esta expresión se deduce fácilmente como sigue:

$$VA = \frac{F}{(1+i)} + \frac{F}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F}{(1+i)^n}$$

Si se multiplican ambos lados de la ecuación por $(1+i)$, se obtiene:

$$VA(1+i) = F + \frac{F}{(1+i)} + \dots + \frac{F}{(1+i)^{n-1}}$$

Si se resta la primera ecuación de la segunda, resulta:

$$VA(1+i) - VA = \left(F + \frac{F}{(1+i)} + \dots + \frac{F}{(1+i)^{n-1}} \right) - \left(\frac{F}{(1+i)} + \frac{F}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F}{(1+i)^n} \right)$$

De donde:

$$VA \cdot i = F - \frac{F}{(1+i)^n} = F \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n}$$

Despejando VA se deduce que:

$$VA = F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

El valor actualizado del flujo queda expresado en un período antes del inicio de la serie uniforme. Es decir, si se actualizan los flujos iguales desde el momento 1 al momento 10, el resultado quedará expresado en moneda del momento cero.

Ejemplo 8.4

Si se busca calcular el valor actual de cinco pagos futuros iguales de \$100 cada uno, a una tasa del 10%, se obtiene un equivalente actual de \$379,08:

$$VA = 100 \frac{(1,1)^5 - 1}{0,1(1,1)^5} = 379,08$$

Es decir, cinco pagos futuros anuales de \$100 equivalen a un valor actual de \$379,08 o, lo que es lo mismo, un monto actual de \$379,08 equivale a cinco anualidades iguales de \$100. Si se invierten hoy los \$379,08 a la misma tasa i , al final del primer año habrá subido la inversión a \$416,99. Si se retiran \$100 cada año y se reinvierte el saldo al 10% anual, se podrán retirar exactamente cinco cuotas iguales de \$100.

En una planilla Excel este valor se obtiene utilizando el cuadro de diálogo VA. Para ello, se escribe en la casilla **Tasa** el interés del 10%, se anota el monto de la cuota en la casilla **Pago** y el número de cuotas o pagos en la casilla **Nper**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual de las cinco cuotas iguales.

Si las cuotas son de diferente valor cada año, se podrá calcular su valor actual sumando los valores actuales calculados de cada cuota.

Ejemplo 8.5

Si un proyecto genera cinco flujos de \$2.000, \$2.600, \$3.200, \$3.200 y \$3.200, el valor actual del flujo indicaría, a una tasa de actualización del 10%, un resultado positivo de \$10.544. Esto se obtiene de actualizar el valor de cada flujo anual, multiplicándolo por el factor $1/(1+0,1)^n$, como se muestra en la tabla 8.4:

Tabla 8.4
Valor actual
de cada flujo
futuro.

N	Flujo	Factor	VA
1	2.000	$1/[1+0,1]^1$	1.818
2	2.600	$1/[1+0,1]^2$	2.149
3	3.200	$1/[1+0,1]^3$	2.404
4	3.200	$1/[1+0,1]^4$	2.186
5	3.200	$1/[1+0,1]^5$	1.987
Total			10.544

En la planilla Excel existe también una forma simple para determinar el valor actual de un flujo discontinuo. En primer lugar se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función del menú **Insertar** y se elige **VNA** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **VNA** se escribe el interés al que se quiere actualizar el flujo de la casilla **Tasa** y se selecciona el rango de valores, tal como se muestra en la figura 8.4.

Como se puede observar al final del cuadro de diálogo, aparece el valor 10.544 como resultado de la fórmula. Obviamente, si la función **VNA** se utiliza para flujos diferentes, también se puede emplear para flujos similares*.

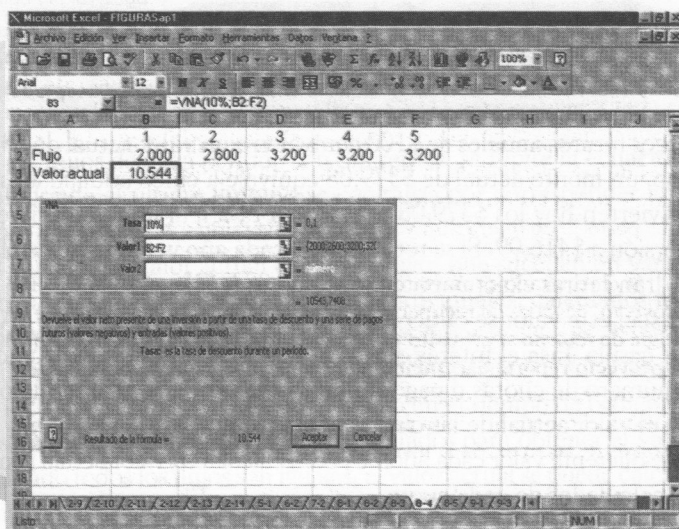


Figura 8.4

Cálculo del valor de un flujo desigual aplicando Excel.

Para calcular el valor de una anualidad que sea equivalente a un valor actual (como la inversión, por ejemplo), se despeja el término F de la ecuación anterior para obtener:

$$F = VA \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

En algunos casos se requerirá determinar el *costo anual equivalente* para comparar opciones de inversión, tal como se aplica, por ejemplo, a la optimización de proyectos. En estas situaciones pueden existir vidas útiles distintas y flujos de caja no uniformes, lo que hace difícil la comparación. Esto es fácilmente solucionable si los flujos discontinuos se traen primero a valor presente y luego se calcula su correspondiente anualidad. Este tema se trata en detalle en el capítulo 11.

* La función VNA no debe confundirse con el VAN que se explica a continuación. Hay versiones de Excel que incluso denominan a esta función equivocadamente como VAN (por ejemplo, la versión para equipos MAC).

Criterios de evaluación

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Los métodos más comunes corresponden a los denominados *valor actual neto*, más conocidos como VAN, *la tasa interna de retorno* o TIR, el *período de recuperación* y la *relación beneficio-coste*.

8.2.1

Valor actual neto

Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer período de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Si el resultado es mayor que cero, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa i que se exigía de retorno al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa i que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión.

Ejemplo 8.6

Suponga que para generar el flujo de caja expuesto en el ejemplo anterior, se debe realizar una inversión de \$10.000. Al restar al total de los valores actuales ya calculados en la inversión inicial, se obtiene un VAN de \$544, que se interpreta como el exceso de valor obtenido por sobre lo exigido al capital invertido, lo que se demuestra en la tabla 8.5.

Tabla 8.5
Supuestos de rentabilidad y recuperación de la inversión con el método VAN.

Saldo inversión	Flujo anual	Rentabilidad exigida	Devolución inversión
10.000	2.000	1.000	1.000
9.000	2.600	900	1.700
7.300	3.200	730	2.470
4.830	3.200	483	2.717
2.113	3.200	211	2.113
Saldo después de recuperar la inversión			876

Como se exige una ganancia del 10% a los recursos invertidos, el VAN asigna el primer año \$1.000, de los \$2.000 del flujo de caja, como rentabilidad para el inversionista, y el saldo, otros \$1.000, los considera como parte de la recuperación de la inversión efectuada.

El segundo año, como quedan \$9.000 por recuperar del total invertido en el proyecto, el VAN asigna el 10% (\$900) como ganancia y el saldo, \$1.700, lo considera como recuperación de la inversión. Al final del quinto año, el proyecto genera \$3.200, que se asignan de la siguiente manera: 10% del saldo invertido aun en el proyecto (\$211) como rentabilidad para el inversionista, \$2.113 para recuperar todo el saldo de lo invertido³, y todavía sobran \$876, que representan lo que el inversionista gana por sobre lo que exigía al proyecto después de recuperar lo que había invertido.

La diferencia de este valor con el VAN se debe a que éste está calculado en el momento cero y los \$876 están calculados al final del momento cinco. Si se actualiza este valor multiplicándolo por el factor de actualización $1/(1 + 0,1)^5$, se observa que ambos son iguales. Así, entonces, queda demostrado que el VAN refleja la cuantía de recursos que genera el proyecto por sobre lo exigido de ganancia por el inversionista, después de recuperada la inversión.

8.2.2

Tasa interna de retorno

Un segundo criterio de evaluación lo constituye la *tasa interna de retorno*, TIR, que mide la rentabilidad como porcentaje. En el ejemplo anterior, cuando se exigía el 10% de retorno a la inversión, el VAN mostró que el proyecto rendía eso y \$544 más. Es decir, que daba al inversionista una rentabilidad superior al 10% exigido.

Esto indica que se puede exigir al proyecto una ganancia superior a esa tasa. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea cero. Esta condición se cumple, en el ejemplo anterior, con una tasa del 11,95%, que representa la TIR del proyecto.

La TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por tres razones principales:

- entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN⁴;
- no sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada; y

³ Con esta cantidad, equivalente al saldo de la inversión al principio del quinto período, se recuperan los \$10.000 invertidos.

⁴ Si el VAN es cero, se gana exactamente lo que se quería ganar, por lo que la TIR es igual a la tasa de descuento; si el VAN es positivo, la TIR es mayor que la tasa de descuento, por cuanto se gana más de lo exigido; y si el VAN es negativo, la TIR es menor que la tasa de descuento exigida al proyecto.

- c. cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas tasas internas de retorno como cambios de signo se observen en el flujo de caja.

La TIR se calcula muy fácilmente en una planilla electrónica, como Excel, donde se usa la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de **Función** y se elige TIR en el Nombre de la Función. En el cuadro TIR se selecciona el rango de valores que se desea actualizar, a partir del momento 0, y marcando la opción **Aceptar**, se obtiene la tasa interna de retorno. Para los datos del ejemplo 8.6, el cuadro de diálogo queda como muestra la figura 8.5:

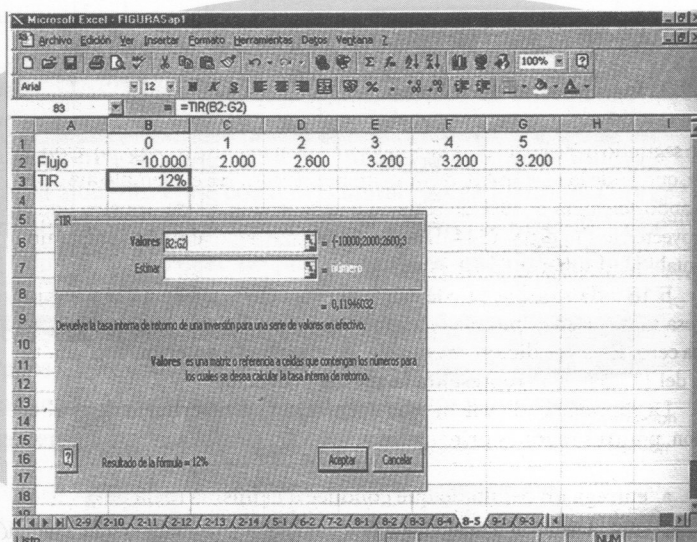


Figura 8.5
Cuadro de diálogo para el cálculo de la TIR en una hoja de Excel.

8.2.3

Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de la inversión, PRI, es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.

Ejemplo 8.7

Suponga que un proyecto al que se le exige un retorno del 10% anual, requiere una inversión de \$2.000 y presenta flujos anuales de \$200, \$400, \$600, \$800 y \$800.

Aunque la suma simple de los flujos de caja de los primeros cuatro años corresponde exactamente al monto de la inversión, el período de recuperación de la inversión es de cinco y no de cuatro años. Al incluir en los costos la tasa de retorno exigida, el período de recuperación de la inversión resulta de aplicar el cuadro de pagos a la inversión que se muestra en la tabla 8.6.

Saldo inversión	Flujo anual	Rentabilidad exigida	Devolución inversión
2.000	200	200	0
2.000	400	200	200
1.800	600	180	420
1.380	800	138	662
718	800	72	718

Tabla 8.6
Cálculo del período de la recuperación de la inversión.

Nótese que si se extrae de cada cuota la tasa de retorno exigida a la inversión remanente, se observa que demora casi cinco años en ser recuperada.

8.2.4 Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo compara el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual de los costos, incluida la inversión. El método lleva a la misma regla de decisión del VAN, ya que cuando este es cero, la relación beneficio-costo será igual a uno. Si el VAN es mayor que cero, la relación será mayor que uno, y si el VAN es negativo, esta será menor que uno. Este método no aporta ninguna información importante que merezca ser considerada.

La creciente competitividad que enfrentan las empresas por la apertura de los mercados mundiales, entre otros factores, hace que los proyectos deban ser evaluados y seleccionados en función de su posibilidad de mantener o ampliar sus mercados cautivos, con el objeto de sostener o crear valor para la empresa.

Se considera que un proyecto crea valor cuando genera excedentes después de haber pagado el costo del capital utilizado. Aunque el concepto es similar al VAN, el valor económico agregado (VEA), más que un indicador, es un instrumento de gestión que permite un proceso continuo de incorporación de nuevos proyectos que crean valor y de eliminación de aquéllos que, aun teniendo utilidades, reducen el valor de la empresa.

Para aumentar el VEA, la búsqueda de áreas de negocio deberá estar encaminada a implementar proyectos que incrementen la *utilidad neta de operación* sin aumentar los activos o a invertir en activos que generen un incremento en la utilidad neta de operación superior al aumento en el costo del capital agregado. En un caso más extremo, si se considera que la empresa tiene un capital superior al nivel de inversión óptimo, se optará por liquidar activos que no puedan generar una utilidad mayor al costo del capital involucrado.

La diferencia entre el VEA y el VAN es que, mientras éste calcula rentabilidad sobre flujos proyectados, el primero lo hace en forma periódica sobre resultados efectivamente alcanzados, midiendo el desempeño real de los activos y procesos.

El VEA es generalmente calculado como:

$$\text{VEA} = \text{UNO} - (K_w * A_n)$$

(8.5)

Donde UNO es la utilidad neta de operación después de impuesto, K_w el costo del capital medio ponderado y A_n el valor contable ajustado del capital neto.

Una estimación del valor actual de los VEA anuales proyectados debiera dar un resultado idéntico al VAN del proyecto. Su utilidad, entonces, se manifiesta en que permite verificar, período a período, si el proyecto (o la empresa) está generando excedentes que contribuyan a obtener ganancias por sobre el costo del capital empleado.

La aplicación del modelo de cálculo del VEA, generalmente aceptado y expuesto en la expresión 8.5, tiene dos grandes vacíos:

- a. no considera que algunos proyectos requieren períodos que no sólo no aportan un excedente en la utilidad que supere el costo de capital de los activos, sino que en muchas ocasiones el valor de la empresa se maximiza en el mediano y largo plazo si se trabaja con pérdidas contables en el corto plazo; y

- b. mide la capacidad de generar excedentes por sobre el costo de capital de los activos en el corto plazo, cuando para mantener la capacidad operativa del negocio se debe reinvertir en mantener la capacidad productiva generadora de esa utilidad neta de operación.

Esto lleva a definir un modelo corregido que incorpore todos los elementos que hacen del VAN un instrumento válido, a la vez que posibilite lograr los objetivos específicos del VEA, especialmente en la evaluación del desempeño de los activos.

A continuación se desarrolla el modelo paralelamente con un ejemplo en el que se simplifican las estructuras de costos y beneficios de una situación frecuentemente observada, para exponer un procedimiento que incorpore la totalidad de los elementos que deben ser considerados en la medición del valor económico agregado.

Ejemplo 8.8

Suponga que para enfrentar un proyecto de ampliación una empresa optó por una solución tecnológica que permite producir y vender 1.000 unidades anuales a \$100 cada una; que el costo variable de producir cada unidad es de \$30 y el costo fijo, independientemente del nivel de producción, es de \$20.000 anuales.

El resultado o utilidad operacional del proyecto está dado por la diferencia entre los ingresos y los costos totales, lo que se puede expresar como:

(8.6)

$$R_{op} = p * q - cv * q - CF$$

Donde R_{op} es el resultado operacional, p el precio unitario, q la cantidad adicional que se estima será producida y vendida, cv el costo variable unitario y CF el costo fijo anual.

En el ejemplo, el resultado operacional correspondería a \$50.000, que resulta de

$$R_{op} = 100.000 - 30.000 - 20.000$$

Es usual, con esta información, suponer que el resultado operacional aumenta mientras mayor es la cantidad producida y vendida, tal como se muestra en el gráfico 8.1.

Pero, como se demuestra en las páginas siguientes, esto no es válido en todos los casos, por cuanto existen dos particularidades que deben ser explicadas.

En q_0 , el resultado operacional es cero (los ingresos totales son iguales a los costos totales). Cualquier cantidad producida y vendida por sobre este punto, que se conoce

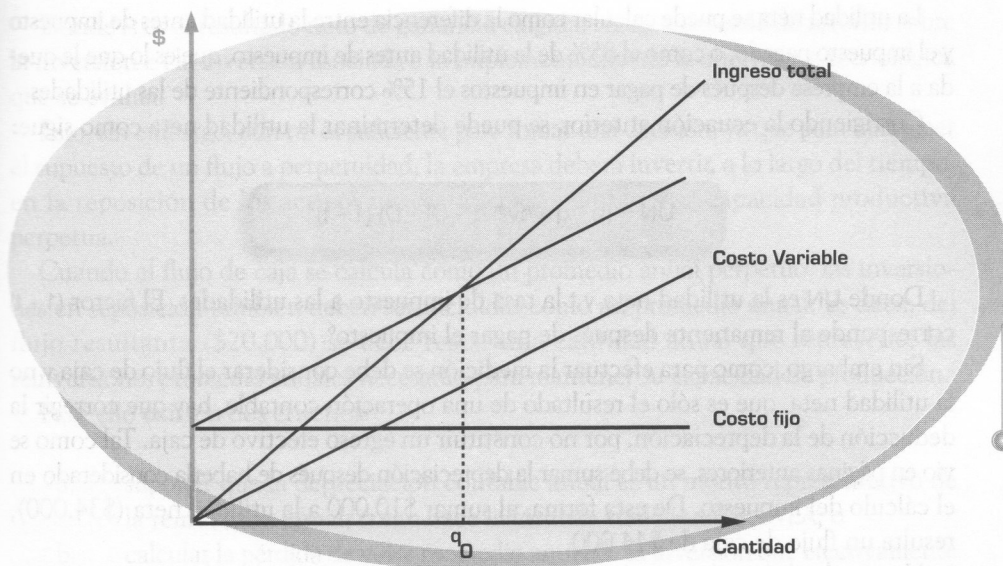


Gráfico 8.1
Punto de equilibrio tradicional.

como *cantidad de equilibrio*, dará a la empresa una utilidad operacional. Nótese cómo ésta crece en la medida en que aumenta el nivel de operación.

El análisis anterior, sin embargo, no considera todas las variables que corresponde analizar en una decisión de inversión que conlleva cambios en la situación vigente.

Un costo, que no es fijo ni variable, es el impuesto a las utilidades⁵. Como se vio anteriormente, para calcularlo se permite agregar, a los egresos contables del proyecto, los gastos no desembolsables que constituyen la pérdida de valor contable de los activos usados, denominada *depreciación*. Si ésta fuese de \$10.000 anuales, la utilidad sobre la que se calculará el impuesto resultaría de aplicar la siguiente ecuación:

$$U = p \cdot q - cv \cdot q - CF - D$$

(8.7)

Donde U es la utilidad antes de impuesto y D el monto de la depreciación anual. Al sustituir los valores de la ecuación por los antecedentes del ejemplo, se obtiene:

$$U = 100 \cdot 1.000 - 30 \cdot 1.000 - 20.000 - 10.000 = 40.000$$

Si la tasa de impuesto a las utilidades es del 15%, el impuesto atribuible a esta opción tecnológica sería de \$6.000 y la utilidad neta de impuestos de \$34.000.

⁵ No es fijo ni variable, porque depende de una función de utilidad basada en ingresos, costos fijos y costos variables.

La utilidad neta se puede calcular como la diferencia entre la utilidad antes de impuesto y el impuesto pagado, o como el 85% de la utilidad antes de impuesto, que es lo que le queda a la empresa después de pagar en impuestos el 15% correspondiente de las utilidades.

Corrigiendo la ecuación anterior, se puede determinar la utilidad neta como sigue:

(8.8)

$$UN = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t)$$

Donde UN es la utilidad neta y t la tasa de impuesto a las utilidades. El factor $(1 - t)$ corresponde al remanente después de pagar el impuesto⁶.

Sin embargo, como para efectuar la medición se debe considerar el flujo de caja y no la utilidad neta, que es sólo el resultado de una operación contable, hay que corregir la deducción de la depreciación, por no constituir un egreso efectivo de caja. Tal como se vio en páginas anteriores, se debe sumar la depreciación después de haberla considerado en el cálculo del impuesto. De esta forma, al sumar \$10.000 a la utilidad neta (\$34.000), resulta un flujo de caja de \$44.000.

Un resultado similar se obtiene si se consideran sólo los ítem que constituyen movimientos de caja: si a los \$100.000 de ingresos se restan \$30.000 de costos variables, \$20.000 de costos fijos y \$6.000 de impuestos, también resulta un flujo de caja de \$44.000.

Para obtener este resultado, la ecuación anterior se modifica de la siguiente forma para obtener el flujo de caja:

(8.9)

$$FC = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D$$

Donde FC representa el flujo de caja promedio anual.

Sin embargo, para determinar si el flujo de caja es atractivo o no para el inversionista, se debe agregar todavía información al resultado calculado.

Los \$44.000 proyectados como flujo de caja anual podrían ser un muy buen resultado si la inversión fuese, por ejemplo, de \$100.000; pero el mismo resultado no sería satisfactorio si el monto invertido hubiese sido de \$1.000.000.

Para incorporar el efecto de la cuantía de la inversión, se debe determinar si el flujo de caja es suficiente para otorgar al inversionista la rentabilidad porcentual deseada por la inversión realizada. Si, por ejemplo, la inversión hubiese sido de \$200.000 y el inversionista exige a ella un retorno mínimo del 12% anual para aceptar el proyecto, se restarán \$24.000 al flujo de caja (12% de los \$200.000 invertidos). Los \$20.000 resultantes indican que, con los ingresos anuales, esta opción permite cubrir todos los costos (fijos y variables), pagar el impuesto, entregarle al inversionista el 12% de rentabilidad y dejar aun un remanente de \$20.000.

Incorporando el retorno sobre la inversión en la ecuación anterior, resulta:

(8.10)

$$R = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D - il$$

⁶ Si la tasa del impuesto es del 15%, el factor $(1 - t)$ corresponde a $(1 - 0,15)$. Es decir, a 0,85 u 85%.

Donde R es el resultado neto de ganancia exigida, i la tasa deseada de retorno sobre la inversión e I la inversión asociada a la implementación de la alternativa tecnológica que se evalúa.

Esto, sin embargo, aún no es suficiente para tomar una decisión, ya que para mantener el supuesto de un flujo a perpetuidad, la empresa deberá invertir, a lo largo del tiempo, en la reposición de los activos necesarios para mantener la capacidad productiva perpetua.

Cuando el flujo de caja se calcula como un promedio anual perpetuo, las inversiones en reposición también deben ser incluidas como un promedio anual. Es decir, del flujo resultante (\$20.000) se debe restar una cantidad anual que represente las reinversiones promedio anuales necesarias para mantener su capacidad de producción.

Para ello existen dos criterios:

- suponer que la depreciación contable anual es un monto representativo de la reinversión anual, como hace la fórmula tradicional del VEA; o
- calcular la pérdida de valor promedio anual de la inversión que efectivamente debe ser repuesta.

En el primer caso, se resta la depreciación anual para calcular la rentabilidad promedio anual R_p como sigue:

$$R_p = (p \cdot q - cv \cdot q - CF - D)(1 - t) + D - il - D$$

(8.11)

que es lo mismo que:

$$R = (p \cdot q - cv \cdot q - CF - D)(1 - t) - il$$

(8.12)

En este caso, la rentabilidad promedio anual sería de \$10.000 por sobre lo que el inversionista exige de retorno a la inversión.

La segunda forma para su cálculo estima el valor que sería posible recuperar de la inversión en un período determinado y supone que cada año se pierde linealmente una parte de la diferencia entre el valor de la inversión y su valor de desecho. Por ejemplo, si de los \$200.000 de inversión inicial se estima posible recuperar \$80.000 después de 10 años, la pérdida de \$120.000 en el valor de la inversión se distribuye en los 10 años en partes iguales, a razón de \$12.000 por año.

De esta forma la ecuación final, que corresponde a la determinación del VEA, mostraría una rentabilidad promedio anual de \$8.000 por sobre la rentabilidad deseada, después de descontar lo necesario para reinvertir en mantener la capacidad productiva del negocio:

$$VEA = (p \cdot q - cv \cdot q - CF - D)(1 - t) + D - il - (I - VD_n) / n$$

(8.13)

Donde VD_n es el valor de desecho estimado para el período n .

A nivel de perfil es posible recurrir a un método simplificado para medir la rentabilidad de una opción de inversión, similar al expresado en la ecuación 8.13, pero en función del supuesto de una situación futura promedio perpetua. Como se mencionó anteriormente, el perfil constituye el más simple de los niveles de evaluación, recomendándose su aplicación sólo para determinar la conveniencia o inconveniencia de efectuar una evaluación en un nivel más profundo o para elegir entre varias opciones al formular un proyecto a nivel de prefactibilidad, como, por ejemplo, cuando se busca seleccionar el mejor sistema de transporte para los productos de la empresa, la mejor alternativa tecnológica o el mejor sistema de almacenamiento de información.

El carácter básico de los estudios a nivel de perfil hace posible definir un modelo que calcule la rentabilidad para un año típico, suponiendo que puede representarse el comportamiento promedio de los costos y beneficios del proyecto como un sistema perpetuo.

Obviamente, existen otras formas de construir un perfil de proyecto como, por ejemplo, los análisis cualitativos o la proyección de un flujo de caja muy preliminar sustentado en antecedentes estimados o en supuestos no respaldados necesariamente sobre bases sólidas.

Si el proyecto que se evalúa tiene la forma tradicional de una inversión asociada a crecimientos en los costos y beneficios de acuerdo con el incremento en las ventas, la ecuación 8.13 se aplica en forma directa.

Sin embargo, cuando la empresa tiene ingresos constantes y su estructura de costos está compuesta por una parte variable, la maximización del resultado operacional se logra cuando el nivel de actividad es mínimo. Por ejemplo, en las mutuales de seguridad, donde el ingreso está dado por la prima asegurada por accidentes en el trabajo y los costos dependen de la siniestralidad de los afiliados, mientras menos siniestros se produzcan, más alta será la utilidad operacional de la mutual, tal como se observa en el gráfico 8.2.

En instituciones donde la situación presupuestaria de los ingresos es una variable fija e independiente del nivel de actividad, los proyectos de racionalización que buscan reducir los costos de funcionamiento tienen asociado el beneficio de la mayor cantidad de actividad que es posible con la misma disponibilidad presupuestaria.

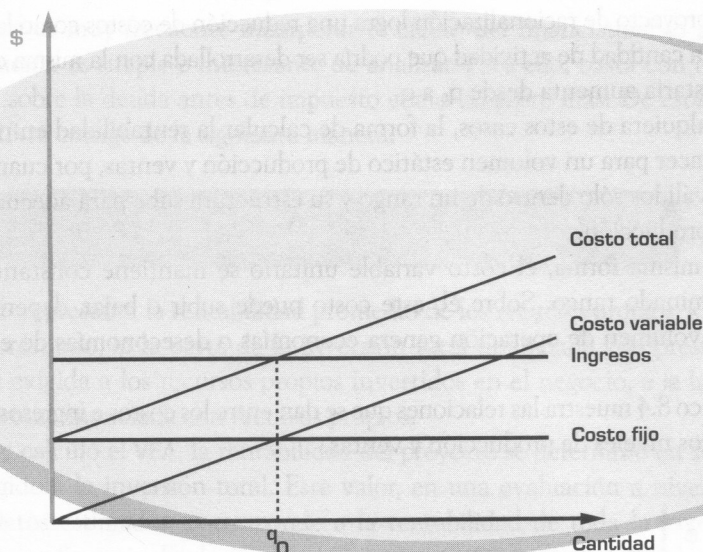


Gráfico 8.2

Cambio en el punto de equilibrio con ingresos constantes.

Como se puede observar en el gráfico 8.2, el resultado operacional se hace máximo cuando la actividad es cero. Al crecer el nivel de actividad, la diferencia entre ingresos y costos totales disminuye, haciéndose cero en el punto q_0 . Sobre ese nivel de actividad, los ingresos son inferiores a los costos totales.

En el gráfico 8.3 se observa cómo aumenta el nivel de actividad máximo posible de realizar ($q_1 - q_0$) con los recursos disponibles ante una reducción de los costos totales ($C_0 - C_1$).

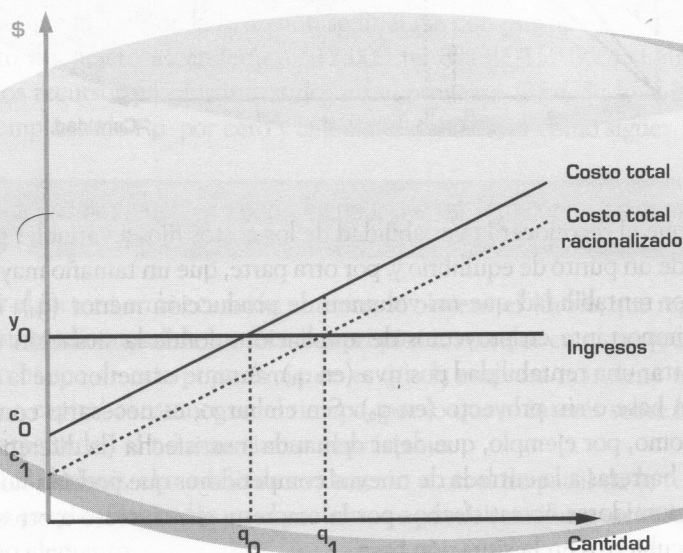


Gráfico 8.3

Cambio en el punto de equilibrio ante una reducción de costos.

Si un proyecto de racionalización logra una reducción de costos como la de la gráfica anterior, la cantidad de actividad que podría ser desarrollada con la misma disponibilidad presupuestaria aumenta desde q_0 a q_1 .

En cualquiera de estos casos, la forma de calcular la rentabilidad en nivel de perfil se debe hacer para un volumen estático de producción y ventas, por cuanto los costos fijos son válidos sólo dentro de un rango y su estructura sube para adecuarse al nuevo nivel de producción.

De la misma forma, el costo variable unitario se mantiene constante dentro de un determinado rango. Sobre él, este costo puede subir o bajar, dependiendo de si el mayor volumen de operación genera economías o deseconomías de escala para la empresa.

El gráfico 8.4 muestra las relaciones que se dan entre los costos e ingresos del proyecto en distintos niveles de producción y ventas.

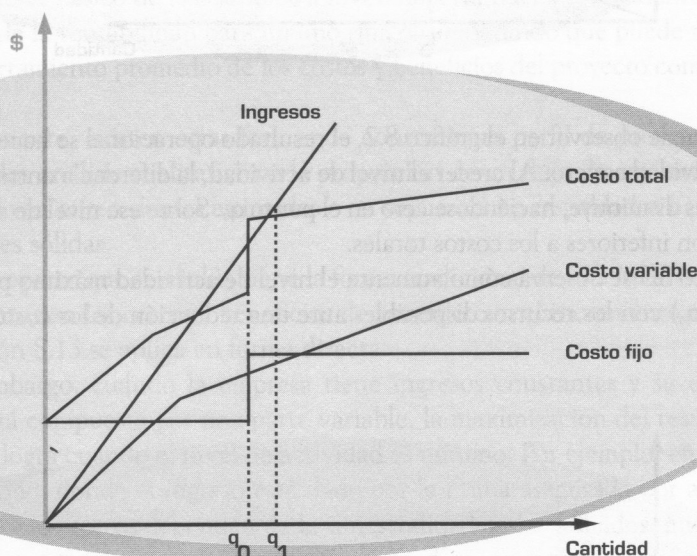


Gráfico 8.4

Puntos de equilibrio con cambios en las estructuras de costo.

Nótese que al reconocer la variabilidad de los costos fijos y variables puede encontrarse más de un punto de equilibrio y, por otra parte, que un tamaño mayor (q_1) puede tener menor rentabilidad que un volumen de producción menor (q_0). Esto es especialmente importante en proyectos de ampliación, donde la situación con proyecto podría mostrar una rentabilidad positiva (en q_1), aunque es menor que la observada en la situación base o sin proyecto (en q_0). Sin embargo, es necesario considerar otras variables como, por ejemplo, que dejar demanda insatisfecha (la diferencia entre q_1 y q_0) baja las barreras a la entrada de nuevos competidores que podrían no sólo acceder a estos consumidores no satisfechos por la empresa, sino incluso a otros que son actualmente cubiertos en la situación base.

Aunque no es muy frecuente incorporar el efecto del financiamiento a nivel de perfil, la solución es simple e interesante de analizar. Para ello, basta con incorporar los intereses sobre la deuda antes de impuesto como un costo más. De esta forma, la ecuación 8.13 se corrige de la siguiente manera:

$$R_p = (p * q - cv * q - CF - D - klp) (1 - t) + D - rla - (I - VD_n) / n \quad (8.14)$$

Donde R_p representa la rentabilidad promedio de los recursos propios, k la tasa de interés del préstamo, lp la parte de la inversión total financiada con préstamo, r la rentabilidad exigida a los recursos propios invertidos en el negocio, e la la parte de la inversión total financiada con recursos propios.

Cuando se calculó el VEA, la rentabilidad del proyecto se determinó en \$8.000 por sobre lo exigido a la inversión total. Este valor, en una evaluación a nivel de perfil basado en datos estimados, corresponde a la rentabilidad de toda la inversión, no importa cómo se financie. Es decir, el proyecto generaría una rentabilidad porcentual superior al 12%. Para calcular la rentabilidad porcentual, se sigue el mismo criterio que el empleado en el cálculo de la tasa interna de retorno. Es decir, se busca el que haga al resultado R_p igual a cero. En otras palabras, busca determinar hasta qué tasa de retorno podría entregar el proyecto sobre la inversión.

$$0 = (100.000 - 30.000 - 20.000 - 10.000)(1 - 0,15)10.000 - i(200.000) - 12.000$$

Al despejar el factor i , se obtiene un resultado del 16%, que corresponde a la rentabilidad anual perpetua que reporta el proyecto sobre la inversión total.

Suponiendo que el 75% de la inversión se financia con préstamos al 8% de interés anual, el gasto financiero ascendería a \$12.000 (el 8% de 150.000). Luego, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto (25% de los \$200.000) se determina reemplazando R_p por cero y calculando el factor r como sigue:

$$0 = (100.000 - 30.000 - 20.000 - 10.000 - 12.000)(1-0,15) + 10.000 - r(50.000) - 12.000$$

Al despejar el factor r en la ecuación anterior, se obtiene el 43,6%, que representa la rentabilidad promedio anual de los recursos propios invertidos en el proyecto.

El supuesto básico de este procedimiento es que la empresa mantiene una estructura de deuda a capital constante en el tiempo, por lo que el interés sobre la deuda se mantiene a perpetuidad al no amortizarse el préstamo.

Como es fácil deducir, el modelo de evaluación a nivel de perfil de la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto se puede asimilar a un VEA, corregido por este mismo elemento.

Valuación de opciones aplicada a la evaluación de proyectos

La empresa y los inversionistas estarán dispuestos a destinar recursos a un proyecto siempre que la inversión tenga un retorno que les satisfaga. Sin embargo, el retorno esperado está sujeto al comportamiento o volatilidad de una gran cantidad de variables. El supuesto que adoptan todos los modelos de valoración de opciones es que resulta posible predecir la volatilidad.

Frente a la imposibilidad de predecir con exactitud este comportamiento en la evaluación de un proyecto, se aplica el mismo criterio general propuesto por Black y Scholes en 1973⁷ para proporcionar al decisor la máxima información posible. En este sentido, se supone que mientras mayor sea la volatilidad o incertidumbre, mayor será el interés por tener una opción.

Si una empresa, por ejemplo, evalúa la incorporación de más equipos de fábrica para producir un nuevo producto, se enfrenta a dos alternativas tecnológicas: una más cara, que tiene una duración de quince años, y otra más barata, pero que se debe sustituir cada tres años. Sin embargo, no siempre optará por la que aparezca más rentable. Si en este caso la máquina de mayor vida útil conduce a un VAN mayor que el que se obtendría con la adquisición de la máquina más barata y que debe sustituirse cinco veces para igualar la vida útil de quince años de la otra, es posible que algunos inversionistas deseen esta última, por cuanto valoran la opción que tendría dentro de tres años para abandonar o redireccionar el proyecto.

Especialmente en empresas que enfrentan un alto grado de cambio tecnológico, la decisión de una u otra tecnología se podrá basar en el valor que se otorga a la flexibilización de una decisión tomada. Si este valor es superior a la diferencia de valores actuales netos, se optará por la que permite la mayor flexibilización, y si este valor es inferior, se elegirá el proyecto de mayor VAN. Haciendo una analogía con la teoría de opciones en los mercados financieros, Dixit y Pindyck⁸ valoran la espera de la opción para una mejor información. Por ejemplo, si en tres años más se ve consolidado el mercado o se estima más estable el cambio tecnológico, en ese momento se podrá optar por sustituir la máquina de menor vida útil por la de mayor duración. Si se invierte en esta última por ser más rentable y en tres años más se observa un comportamiento del mercado o de la tecnología contrario al señalado, la empresa podría enfrentarse a un pésimo proyecto si la inversión tiene el carácter de irreversible.

La aplicación de modelos de valoración de opciones, como complemento al VAN para apoyar la toma de una decisión de inversión, se fundamenta en que el valor

⁷ BLACK, F y M. SCHOLES. "The pricing of corporate liabilities" En: *Journal of political Economy*, num. 81, 1073.

⁸ DIXIT, A. y R. PINDYCK. *Investment under uncertainty*. Princeton University Pres, Princeton, 1995.

actual neto ignora tanto la irreversibilidad como la conveniencia de postergar una inversión.

La valuación de opciones denomina *call* a la opción de compra, que consiste en un contrato que da al poseedor el derecho, pero no la obligación, de comprar algo a un precio definido y en una fecha determinada.

Una empresa, basándose sólo en el criterio del VAN, puede enfrentar una oportunidad de inversión de manera similar a una opción de compra, es decir, tiene el derecho, pero no la obligación, de invertir en un proyecto. Cuando decide aceptar un proyecto caracterizado por una inversión irreversible, estaría ejerciendo su opción de invertir sabiendo que no puede desinvertir aunque las condiciones cambien afectando negativamente los resultados del proyecto; por ejemplo, al tomar por treinta años la concesión para construir y mantener una carretera.

Para Alzugaray⁹, este valor de la opción perdida es un costo de oportunidad que debe ser incluido como parte de una inversión, donde su irreversibilidad afecta la decisión de aprobar un proyecto.

Respecto del valor de la flexibilidad, probablemente cada inversionista estará dispuesto a asumir diferentes costos (menor rentabilidad esperada) para tener una oportunidad de inversión flexible en vez de inflexible.

La posibilidad de posponer el inicio de la inversión en un proyecto –situación de mayor flexibilidad– se produce por dos elementos que el VAN no considera:

- a. que el proyecto puede presentar flujos iniciales menores al costo del capital exigido a la inversión, aunque el VAN sea positivo; y
- b. que puede existir una importante incertidumbre respecto de la evolución de los mercados y la tecnología, aun cuando el VAN sea positivo y los flujos iniciales excedan al costo de capital exigido.

En el primer caso, se deberá complementar la información proporcionada por el VAN mediante la aplicación de un modelo denominado *rentabilidad inmediata*, que mide el retorno sobre la inversión de cada año mediante F_t / I_{t-1} , donde F_t es el flujo del período t e I_{t-1} es la inversión que se realizaría en el período anterior para obtener ese flujo, suponiendo que la inversión es pospuesta de año en año. Este instrumento se analiza en detalle en el capítulo 11.

En el segundo caso se deberá determinar la rentabilidad dejada de percibir por postergar una inversión rentable, sirviendo como información al decisor para que evalúe si está dispuesto a asumir ese costo de oportunidad a cambio de una mayor flexibilidad.

⁹ ALZUGARAY A. *Método Black & Scholes para la valuación de opciones aplicado a la evaluación de proyectos de inversión*. <http://www.uas.mx/departamentos/publicaciones/TEXTOS/black.htm>, 1999

Mientras el primer caso se aplica a proyectos cuya inversión puede tener el carácter de reversible o irreversible, el segundo corresponde aplicarlo cuando se está frente a un proyecto con inversión irreversible. En ambos casos, será preciso analizar la posibilidad de que al postergar se pueda perder la posibilidad de liderar la introducción del proyecto al mercado, si existen otros agentes económicos dispuestos a asumir el riesgo de la inflexibilidad e ingresar antes a ese mismo mercado.

En la evaluación de proyectos se pueden identificar cuatro tipos principales de opciones reales:

- a. las que permiten con posterioridad efectuar inversiones adicionales (ampliación o de hacer en vez de comprar), si se observa en el futuro una demanda mayor a la presupuestada, ya sea una ampliación por agregación de activos complementarios o por sustitución de activos originales por otros de mayor capacidad de producción. A este tipo de opciones se le denomina *opción de compra*;
- b. las que permiten postergar una inversión mientras se reúne más información o se espera el cumplimiento de ciertas condiciones, como reacciones del mercado, estabilización del tipo de cambio o tecnológicas. Se tratan también como una *opción de compra*;
- c. las que permiten abandonar o reducir una inversión si la demanda observada es menor a la proyectada. Estas equivalen a una *opción de venta* y se asocian con proyectos de desinversión: abandono, *outsourcing* o reemplazo de tecnologías mayores por otras menores;
- d. las que permiten modificar el producto o servicio para adecuarlo a cambios en la demanda (como el destino de uso de tierras agrícolas).

Mientras que las opciones de abandono son más relevantes en empresas con alta inversión de capital, donde la flexibilidad para obtener un buen precio de venta de los activos es importante, la opción de ampliar o reducir el nivel de actividad con facilidad lo es para proyectos con demanda cambiante. De igual manera, mientras más inciertos sean los flujos del proyecto o cuando la inversión realizada tiene el carácter de irreversible, mayor será la relevancia de la posibilidad de postergar la inversión.

En un entorno muy incierto, la gestión de la flexibilidad y la adaptación estratégica son aspectos fundamentales para capitalizar con éxito las oportunidades futuras de inversión y limitar pérdidas derivadas de mercados adversos.

El valor de un proyecto que considere opciones reales se calcula por:

(8.15)

$$VP_r = VAN_p + VAVOR - VACO$$

Donde VP_r es el valor del proyecto, VAN_p el valor actual neto del proyecto original, o sea, sin incluir la posibilidad de cambio futuro, $VAVOR$ el valor actual del valor de la