



La valoración de proyectos de inversión productivos

© Juan Mascareñas

Universidad Complutense de Madrid

Versión inicial: mayo 1990 - Última versión: **marzo 2008**

- *Inversiones productivas y financieras, 2*
- *Definición de la inversión con base en la corriente de flujos esperados, 4*
- *Métodos de valoración: principios generales, 6*
- *El plazo de recuperación, 8*
- *El valor actual neto (VAN), 10*
- *El índice de rentabilidad (IR), 15*
- *La tasa interna de rendimiento (TIR), 17*
- *La tasa interna de rendimiento modificada (TIRM), 23*
- *Otros métodos de valoración de proyectos, 24*



1. Inversiones productivas y financieras

Cuando una persona, o una empresa, tiene en su poder dinero líquido puede dedicarlo a consumir (adquirir bienes o servicios de consumo: un televisor, un coche, unas vacaciones, pagar una deuda, comprar comida, etc.) con lo que obtendrá una satisfacción inmediata y cierta, o bien, puede renunciar a ella invirtiendo dicho dinero a la espera de que, en el futuro, pueda recoger los frutos de una ganancia que, en todo caso, es incierta. Por tanto, una *inversión* consiste en la renuncia a una satisfacción inmediata y cierta a cambio de la esperanza de una ganancia futura, de la que el bien o el derecho adquirido es el soporte de dicha esperanza.

Así, una persona que adquiere un paquete de acciones por valor de 10.000 euros está renunciando a gastárselos en bienes o servicios de consumo, a cambio de la esperanza de recibir en el futuro unos dividendos y unas ganancias de capital que le compensen por el sacrificio anterior. Las acciones son el soporte de dicha esperanza de ganancia.

La inversión, básicamente, es un proceso de acumulación de capital con la esperanza de obtener unos beneficios futuros. La condición necesaria para realizar una inversión es la existencia de una demanda insatisfecha, mientras que la condición suficiente es que su rendimiento supere al coste de acometerla¹. En virtud de la naturaleza del capital adquirido es posible diferenciar entre inversiones *productivas* e inversiones *financieras*.

Así una *inversión productiva* consistirá en la adquisición de bienes con vocación productiva -activos productivos-, esto es, bienes cuya utilidad es la producción de otros bienes. Un mismo elemento podrá ser considerado como inversión productiva o no según el fin a que se destine. Así la adquisición de un vehículo de transporte será una inversión productiva siempre que se destine a la realización de una actividad productiva y nunca cuando su uso sea meramente personal (muchas veces es el uso que se le da al bien el que determina si se trata de una inversión productiva, o no).

Cuando se procede a analizar un proyecto de inversión es necesario tener en cuenta una serie de variables importantes entre las que merecen destacarse las tres siguientes:

- a) *El tamaño del proyecto*: Se puede medir a través de los fondos requeridos o de otros recursos necesarios (terreno, espacio para situar la maquinaria, personal requerido, etc.).
- b) *El efecto sobre el riesgo económico*: El proyecto a analizar puede tener el mismo riesgo que los anteriormente acometidos por la empresa o, por el contrario, ser más (menos) arriesgado con lo que incrementará (reducirá) el riesgo económico medio de la empresa².
- c) *El grado de dependencia*: Los proyectos de inversión pueden ser independientes entre sí, excluyentes (instalación de una calefacción a gas, o eléc-

¹ Véase SUAREZ SUAREZ, A.S. (1996): *Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa*. Pirámide. Madrid. (17ª ed). Pág.: 28

² El *riesgo económico* de la empresa se mide por la variación de los beneficios antes de intereses pero después de impuestos, y depende de la estructura del activo de la compañía.



trica, o de carbón, o de gasoil, por ejemplo), complementarios (la mejora del alumbrado de una fábrica incidirá positivamente en las operaciones que en ella se realizan), o sustitutivos (el lanzamiento al mercado de un computador de nueva generación perjudicará a las ventas de los de la generación anterior).

Las inversiones productivas pueden clasificarse en³:

- a) *Inversiones de mantenimiento*, que son las necesarias para sustituir, o reparar, los equipos desgastados o estropeados y que son necesarias para que el ritmo de la producción se mantenga.
- b) *Inversiones de reemplazamiento*, cuyo objetivo consiste en sustituir equipos obsoletos por otros de nuevo cuño tecnológicamente superiores, que permiten producir más a un menor coste.
- c) *Inversiones de crecimiento*, que se dirigen a aumentar la producción de la empresa o a ampliar los canales de distribución de sus productos de cara a hacer crecer a la empresa. Esto implica tanto el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos como la mejora de los antiguos.
- d) *Inversiones estratégicas*, que persiguen el reafirmar la empresa en el mercado cubriéndola de los riesgos potenciales que pudieran poner en peligro su permanencia en aquél. Por ejemplo, la adquisición de empresas entra dentro de esta categoría.
- e) *Inversiones impuestas*, son las que no se realizan por motivos económicos, sino por motivos legales, acuerdos sindicales, etc. Por ejemplo, las inversiones tendentes a proteger el ecosistema que circunda las fábricas de la empresa, o las inversiones en la seguridad e higiene en el trabajo de los empleados.

Por su parte, una *inversión financiera* supone la adquisición de activos financieros, o dicho de otro modo, la colocación de recursos en el mercado financiero en forma de acciones, obligaciones, cuentas financieras, etcétera.

Esta diferenciación entre inversiones productivas y financieras no es excluyente, es decir, si bien algunas inversiones productivas no son financieras (la adquisición del vehículo anteriormente citado no sería en ningún caso una inversión financiera) y al contrario (la adquisición de acciones, bonos u obligaciones en el mercado secundario, por ejemplo, no son inversiones productivas), también las hay que quedarían enmarcadas bajo los dos epígrafes anteriores (la suscripción de acciones en una ampliación de capital, por ejemplo, puesto que está proporcionando liquidez a la empresa para que ésta pueda adquirir bienes o servicios productivos).

Sea como fuere también cabrían otras posibles clasificaciones de las inversiones con base en el plazo, la finalidad perseguida, etcétera. Pero, en todo caso, no dejan de ser inversiones y su sistema de análisis es siempre el mismo aunque en ciertas ocasiones sea más complejo de lo normal, como suele suceder en las in-

³ Esta clasificación es importante porque las empresas aplican diferentes criterios de valoración de proyectos según el tipo de inversión que estén analizando.



versiones realizadas por las empresas públicas cuyo fin es la mejora de la calidad de vida de la comunidad, lo cual es algo difícil de cuantificar.

2. Definición de la inversión con base en la corriente de flujos esperados

Los diferentes criterios de valoración de proyectos de inversión se basan en la corriente de flujos monetarios que dichos proyectos prometen generar en el futuro. De un modo u otro, el factor discriminante a la hora de decidir si un proyecto de inversión se lleva a cabo o no, no es otro que en qué medida se espera recuperar la inversión inicial necesaria.

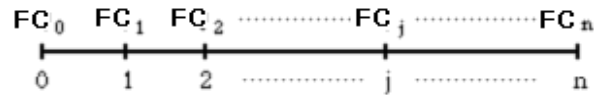
Toda inversión lleva asociada una corriente de cobros y pagos, de tal modo que ésta interesará llevarla a cabo siempre que, en términos absolutos, los primeros superen a los segundos. La razón por la que se utilizan *flujos de liquidez* (cobros menos pagos) en lugar de *flujos de renta* (ingresos menos gastos) estriba en que al ser necesario actualizar el valor de dichas cantidades, producidas en momentos futuros del tiempo, éstas deberán reflejar cantidades líquidas. Además, es necesario entender que las cantidades generadas por la inversión deberán ser reinvertidas en otros proyectos o distribuidas en forma de dividendos lo que obliga a disponer del dinero en forma líquida y no en forma teórica como ocurriría si considerásemos flujos de renta (piénsese, por ejemplo, que las amortizaciones son gastos pero no pagos, o que en el momento de vender un producto se produce un ingreso pero no necesariamente un cobro, que podría suceder varios meses más tarde, etc). Así, pues, en el análisis de inversiones se trabaja siempre con dinero líquido, esto es, con *flujos de caja* (el flujo de dinero que entra -cobros- menos el que sale -pagos- de la "caja" de la compañía).

De este modo, vamos a plantearnos la realización de un determinado proyecto de inversión que se extiende a lo largo de n períodos (en adelante consideraremos periodos anuales, si bien podrían considerarse semestrales, trimestrales, etcétera, sin que ello suponga alteración sustancial en lo que se verá posteriormente).

Dicho proyecto supone la realización de unos cobros y pagos en cada uno de los diferentes años de vida de la inversión. Habrá inversiones en las que no habrá cobros y/o pagos en determinados años. Pues bien, a partir de aquí, se define el *flujo neto de caja* como la diferencia entre los cobros y los pagos que tengan lugar en un momento determinado del tiempo. Así, por ejemplo, en el año j , el flujo neto de caja (FC_j) vendrá dado por la diferencia entre los cobros sucedidos durante ese año (C_j) y los pagos del mismo (P_j):

$$FC_j = C_j - P_j$$

Esquemáticamente, la inversión aparece representada por un segmento de las siguientes características:



Siendo esta una inversión de n años de duración y con unos flujos de caja en cada uno de los mismos $FC_0, FC_1, FC_2 \dots, FC_j, \dots, FC_n$, algo que también puede representarse del siguiente modo:

$$FC_0 / FC_1 / FC_2 / \dots / FC_j / \dots / FC_n$$

Normalmente, en el momento inicial o momento 0, no suele haber cobro asociado a la inversión aunque sí pago al que se le suele denominar *desembolso inicial*, y que se representa por **-A**, así que la inversión también puede definirse como:

$$-A / FC_1 / FC_2 / \dots / FC_j / \dots / FC_n$$

Por último, es necesario hacer notar que, por convención, tanto los cobros como los pagos que definen al flujo de caja de un período determinado tienen lugar al final del mismo (son postpagables). Esto se supone así para facilitar la sencillez del cálculo. Por ello si vemos que a lo largo de un año se van sucediendo bastantes cobros y pagos podría ser mejor trabajar con períodos semestrales, trimestrales o, incluso, mensuales.

~~~~~  
**Ejemplo:** Usted se dispone a adquirir un piso de 100 m<sup>2</sup>, con objeto de explotarlo durante cuatro años y luego revenderlo. El coste total del mismo (gastos notariales, de intermediación y fiscales, incluidos) es de 400.000 euros. Cada año usted espera cobrar un dinero en concepto de alquiler del piso, así como tener que realizar una serie de pagos que van a cargo del arrendador (usted) como pueden ser gastos de comunidad, reparaciones, tasas e impuestos locales, etc. Con objeto de simplificar, todos estos cobros y pagos se han referido a una base anual (en la realidad debería ser mensual) y figuran en la tabla siguiente:

| <u>Años</u> | <u>Cobros</u> | <u>Pagos</u> | <u>Flujos de Caja</u> |
|-------------|---------------|--------------|-----------------------|
| 1           | 19.400        | 3.500        | 15.900 €              |
| 2           | 19.830        | 3.575        | 16.255 €              |
| 3           | 20.280        | 3.650        | 16.630 €              |
| 4           | 20.740        | 3.730        | 17.010 €              |

Es necesario advertir que no hemos considerado los pagos correspondientes debidos al impuesto sobre la renta de las personas físicas, que le afectarían a usted como arrendador y ello por dos motivos: a) por simplificar la explicación, b) porque dichos pagos tendrían realmente lugar seis meses después de ser devengados (en junio, normalmente) lo que implicaría tener que incluirlos en los pagos del año si-



guiente y esto podría complicar la comprensión de este ejemplo. Por ello, de momento, los obviaremos.

Los flujos de caja se han calculado restando los cobros menos los pagos, mostrándose los resultados en la tabla anterior. Sólo queda retocar el último de los flujos de caja, es decir, el del cuarto año, con la venta del piso que se espera proporcione unos 700.000 euros (observe el lector que este dato es el más incierto de todos y es la principal fuente de ganancias –o pérdidas- de este proyecto, pero también es la principal fuente de riesgo del mismo; en todo caso, en este trabajo no se aborda el estudio del riesgo). Esto último elevará el valor de dicho flujo hasta alcanzar un total estimado de 717.010 €. Así que la inversión vendrá definida por los siguientes flujos de caja:

-400.000 / 15.900 / 16.255 / 16.630 / 717.010

-----

### **3. Métodos de valoración: principios generales**

El análisis de proyectos de inversión forma parte del presupuesto de capital de la empresa y, como éste último, tiene como objetivo principal el de maximizar el valor de la empresa; para ello deberemos responder a dos cuestiones:

- a) ¿Qué proyectos hay que elegir entre las diversas alternativas excluyentes?
- b) ¿Cuántos proyectos deberán ser aceptados?.

Como es lógico, cuando sometamos varios proyectos de inversión a los diversos criterios de valoración observaremos que las decisiones no siempre coinciden, de ahí que sea útil establecer algunas normas. La regla para conseguir una decisión óptima constará de cuatro características (el criterio del *valor actual neto* es el único que las cumple):

1. Tendrá en cuenta todos los flujos de caja de la inversión.
2. Descontará los flujos de caja al coste de oportunidad del capital apropiado, que será establecido por el mercado.
3. Seleccionará de entre todos los proyectos mutuamente excluyentes aquél que maximice la riqueza de los accionistas, que será el que mayor valor aporte a la empresa.
4. Permitirá a los directivos considerar cada proyecto independientemente de los demás. A esto se le denomina *principio de aditividad del valor* (es decir, si sumamos el valor de todas las inversiones acometidas por la empresa obtendremos el valor de ésta última). Este principio implica que no hace falta estudiar qué combinación de proyectos maximiza el valor de la empresa, sino que basta con saber lo que cada uno aporta al valor total de la empresa para saber cuál es el mejor, cuál es el segundo, etc.



John Graham y Cambell Harvey<sup>4</sup> realizaron el año 2001 un completísimo estudio del uso de las diferentes técnicas y modelos enunciados en la "teoría financiera de la empresa" por parte de 392 directivos de un amplio espectro de empresas norteamericanas sus principales conclusiones son: "las grandes empresas confían firmemente en las técnicas de valor actual y en el modelo de valoración de activos de capital mientras que las empresas pequeñas están relativamente a gusto utilizando el criterio del *plazo de recuperación*. Un sorprendente número de compañías utilizan el riesgo de la empresa más bien que el riesgo del proyecto en la valoración de nuevas inversiones. Las empresas están preocupadas acerca de la flexibilidad financiera y de la calificación crediticia cuando emiten deuda, y acerca de la dilución de los beneficios por acción y la apreciación del precio del título cuando emiten acciones. Encontramos algún apoyo a las hipótesis de la estructura del capital de la teoría de la jerarquía de las fuentes de financiación (*pecking-order theory*) y el uso de ratios de apalancamiento óptimos (*trade-off theory*), pero hay poca evidencia de que los directivos estén preocupados por la sustitución de activos, la información asimétrica, los costes de transacción, los flujos de caja libres o los impuestos personales". En la tabla 1 se muestran los resultados de la parte de dicho estudio que atañe al uso de los modelos de valoración de proyectos de inversión. Como se aprecia el criterio de la *tasa interna de rendimiento* y el del *valor actual neto* son los más utilizados (si las empresas son grandes ambos son utilizados un 85%, si son pequeñas un 71%); el *plazo de recuperación* es prácticamente el siguiente de los métodos más utilizados en especial en las pequeñas empresas donde se utiliza un 68%, sin embargo el *plazo de recuperación descontado* se utiliza casi la mitad de las veces que el anterior. Por otro lado, es interesante destacar el cada vez mayor uso que se hace de la metodología de las *opciones reales* en la valoración de proyectos.

| Métodos                            | Utilización |
|------------------------------------|-------------|
| Tasa interna de rendimiento (TIR)  | 75,61%      |
| Valor actual neto (VAN)            | 74,93%      |
| Tasa de rendimiento requerida      | 56,94%      |
| Plazo de recuperación              | 56,74%      |
| Análisis de sensibilidad           | 51,54%      |
| Múltiplo de beneficios             | 38,92%      |
| Plazo de recuperación descontado   | 29,45%      |
| Opciones reales                    | 26,59%      |
| Tasa de rendimiento contable       | 20,29%      |
| Simulación / Valor en Riesgo (VAR) | 13,66%      |
| Índice de rentabilidad             | 11,87%      |
| Valor actual ajustado              | 10,78%      |

Tabla.1 Frecuencia de utilización por parte de las empresas analizadas de los diversos métodos de valoración de proyectos de inversión [Fuente: Graham y Harvey, págs. 198-9]

<sup>4</sup> GRAHAM, J.; HARVEY, C. (2001): "The theory and practice of corporate finance: evidence from the field ". *Journal of Financial Economics* n° 60. Págs.: 187-243.



## **4. El plazo de recuperación**

### **4.1 El plazo de recuperación simple**

El *plazo de recuperación simple* es un método de valoración de proyectos de inversión de tipo estático debido a que no tiene en cuenta el momento del tiempo en el que vencen sus flujos de caja. Se define como el *tiempo que se tarda en recuperar el desembolso inicial realizado en una inversión*.

Según este método de valoración, los proyectos de inversión serán efectuales siempre que su plazo de recuperación sea inferior a un plazo máximo establecido por la dirección de la empresa; y entre dichos proyectos efectuales serán preferibles aquéllos cuyo plazo sea más bajo, esto es, los que tengan la recuperación del desembolso más rápida. Se prima en este método, por tanto, la liquidez sobre la rentabilidad, siendo esto ya en sí mismo un inconveniente del propio criterio. Consideremos las inversiones A y B, ahora definidas por los siguientes flujos de caja:

Inv. A: -1000 / 500 / 1000 / 2000 / 5000

Inv. B: -1000 / 1000 / 100 / 0 / 0 / 10

La inversión A es una inversión de cuatro años de plazo que tarda en recuperar el desembolso inicial un año y medio (en este criterio se puede suponer que el flujo de caja se genera de forma continua a lo largo de cada año), mientras que la inversión B es una inversión que requiere el mismo desembolso inicial que la A, y que teniendo un plazo de un año más, recupera el desembolso inicial en un sólo año.

Consecuentemente, dado que el plazo de recuperación de la inversión B es menor que el de la inversión A, aquélla es preferible a ésta. En otros términos:  $P_A = 1,5$  y  $P_B = 1$ . Como:

$$P_A > P_B \rightarrow B \gg A$$

Este razonamiento lleva a preferir inversiones líquidas sobre inversiones rentables, dado que el plazo de recuperación no tiene en cuenta lo que ocurre una vez recuperado el desembolso inicial. Esto último es una de las principales limitaciones que tiene este método. Obsérvese como la inversión A proporciona mayores flujos de caja que la B y, sin embargo, este método prefiere el proyecto B porque se recupera antes.

Por si aún no quedase claro podríamos analizar el proyecto C:

Inv. C: -1000 / 1500 / -500 / 1000 / 500

su plazo de recuperación es de ocho meses lo que la hace preferible a las inversiones A y C. Pero observe que el tercer flujo de caja es negativo y, sin embargo, dicha contingencia no aparece reflejada en el cálculo del plazo de recuperación.





Como es evidente, basándonos en la rentabilidad sería preferible la inversión A a la B, y por tanto si lo que buscamos es la inversión más rentable no debemos basar nuestra decisión en este criterio.

En resumen, las dos grandes limitaciones de este criterio son: a) la no consideración de todos los flujos de caja del proyecto, y b) el no tener en cuenta el momento del horizonte temporal en el que tienen lugar los flujos de caja por lo que no opera con su valor actualizado.

En favor de su utilización se puede argumentar que es muy fácil de calcular, que es fácil de comprender (esto es muy importante para los empresarios que carecen de conocimientos financieros), y que para las empresas con problemas de liquidez es muy apropiado.

~~~~~  
Ejemplo: Si queremos calcular el plazo de recuperación del ejemplo consistente en invertir en un piso que vimos en el epígrafe 2 y cuyos flujos de caja eran:

-400.000 / 15.900 / 16.255 / 16.630 / 717.010

los tres primeros años se recuperarán un total de 48.785 €, es decir, quedan por recuperar 351.215 €. Así que si mantenemos el supuesto de que el flujo de caja anual tiene lugar a fin de año (en este caso este supuesto no es realista en cuanto a los flujos de caja representativos del alquiler del piso porque se van recibiendo a lo largo de cada año, pero sí lo es en cuanto al precio de venta del piso, precio que se entrega al final del cuarto año) el plazo de recuperación será igual a 4 años.

~~~~~  
**4.2 El plazo de recuperación descontado**

Con objeto de paliar una de las limitaciones del método anterior surge el denominado *plazo de recuperación descontado* que es semejante al anterior salvo en lo que se refiere al vencimiento de los flujos de caja de la inversión que este método sí lo refleja en sus cálculos. Así pues, se trata de averiguar el tiempo mínimo en que se recupera el desembolso inicial de un proyecto de inversión y para ello iremos sumando los diversos flujos de caja actualizados hasta obtener la cifra de dicho desembolso inicial. La tasa de actualización será el coste de oportunidad del capital.

Si en el ejemplo mostrado en el subepígrafe anterior considerásemos como una tasa apropiada de actualización el 10% los valores de los flujos de caja de ambos proyectos tanto ahora como en el momento de su vencimiento serán los siguientes:



| Año (t) | Proyecto A |              | Proyecto B |              |
|---------|------------|--------------|------------|--------------|
|         | Valor en t | Valor actual | Valor en t | Valor actual |
| 0       | -1.000     | -1000,0      | -1.000     | -1.000,0     |
| 1       | 500        | 454,5        | 1.000      | 909,1        |
| 2       | 1.000      | 826,4        | 100        | 82,6         |
| 3       | 2.000      | 1.502,6      | 0          | 0,0          |
| 4       | 5.000      | 3.415,0      | 0          | 0,0          |
| 5       |            |              | 10         | 6,2          |

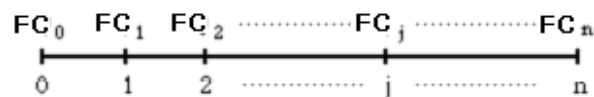
Para obtener, por ejemplo, el valor actual del flujo del tercer año se ha dividido éste por  $(1+0,1)^3$ , lo que proporciona un valor de 1.502,6 para el caso del proyecto A.

El plazo de recuperación descontado del proyecto A será de 1,66 años (o 2 años si se supone que los flujos se generan al final de cada año), mientras que el B es incapaz de recuperar su desembolso inicial pues la suma actualizada de los flujos de caja da un valor total de 997,9 lo que es inferior a los 1.000 de aquél. Por lo tanto, según el método de valoración del plazo de recuperación descontado es preferible el proyecto de inversión A.

Este método sigue teniendo las restantes limitaciones que se le achacaban a su homónimo anterior, es decir, no tiene en cuenta el valor de los flujos de caja que se producen posteriormente al momento de la recuperación del desembolso inicial; suelen preferir aquellos proyectos de inversión con mayores flujos de caja al comienzo de los mismos; y el período de recuperación máximo marcado por la dirección, para señalar qué inversiones son efectuables y cuáles no, sigue siendo algo arbitrario.

## 5. El valor actual neto (VAN)

El *Valor Actual Neto* (VAN) de una inversión se define como el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que ella promete generar a lo largo de su vida.



El *Valor Actual* (VA) consiste en actualizar todos los flujos de caja esperados ( $FC_i$ ) para lo que utilizaremos un tipo de descuento del  $k$  por uno, que es el coste de oportunidad del capital empleado en el proyecto de inversión. Una vez actualizados todos los flujos de caja (es decir, calculado el Valor Actual) les restaremos el valor del desembolso inicial ( $A$ ) de ahí el nombre de Valor Actual Neto. La expresión general del cálculo del VAN es la siguiente:



$$VAN = -A + \frac{FC_1}{(1+k)} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} = -A + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j} = -A + VA$$

Según este criterio una inversión es efectuable cuando el  $VAN > 0$ , es decir, cuando la suma de todos los flujos de caja valorados en el año 0 supera la cuantía del desembolso inicial (si éste último se extendiera a lo largo de varios períodos habrá que calcular también su valor actual), es decir  $VA > A$ .

El VAN indica cuánto valor se creará o destruirá al utilizar la empresa los recursos financieros de los inversores. Proporciona al directivo un elemento de comparación entre las oportunidades de inversión de la compañía y las oportunidades de riesgo similar de que dispone el inversor en el mercado financiero. De tal manera que si el proyecto arroja un VAN positivo querrá decir que el directivo espera recibir un rendimiento anual medio superior al que proporciona una cartera del mercado financiero del mismo riesgo. Al invertir en dicho proyecto el directivo hace algo por los inversores que éstos no pueden hacer por sí mismos, por lo tanto, se crea valor.

Por tanto, el VAN lo que realmente mide es si el proyecto crea o destruye valor. A referirnos al *valor actual del proyecto* nos estamos refiriendo a lo que *vale en el mercado financiero* dicho proyecto (es decir, los flujos de caja que promete generar); es, pues, lo que pagaría un inversor en el mercado financiero por conseguir una corriente de flujos de caja del mismo tamaño, vencimiento y riesgo que los prometidos por el proyecto. Si el VAN es positivo significa que el directivo puede conseguir –actuando en nombre de los inversores– dichos flujos de caja a un coste más barato que el precio al que los puede conseguir el inversor a través del mercado financiero.

Por tanto, el directivo viene a ser un arbitrajista que adquiere flujos de caja en el mercado de activos reales (los proyectos de inversión) y los vende en el mercado financiero. El VAN mide el valor de ese arbitraje. Lo que posibilita que se produzca dicho arbitraje es la existencia de barreras de entrada, patentes, ventajas competitivas, etcétera.

Por su parte, siguiendo este criterio, de entre diferentes inversiones alternativas son preferibles aquellas cuyo VAN sea más elevado, porque serán los proyectos que mayor valor aportan a la compañía. Para ver por qué, supongamos que un proyecto tiene un VAN igual a cero, ello querrá decir que el proyecto genera los suficientes flujos de caja como para pagar: los intereses de la financiación ajena empleada y los rendimientos esperados (dividendos y ganancias de capital) de la financiación propia. Por tanto, un VAN positivo implica que el proyecto de inversión produce un rendimiento superior al mínimo requerido y ese exceso irá a parar a los accionistas de la empresa, quienes verán aumentar su riqueza exactamente en dicha cantidad. Es esta relación directa entre la riqueza de los accionistas y la definición del VAN la que hace que este criterio sea tan importante a la hora de valorar un proyecto de inversión.

Así, si tenemos los proyectos de inversión denominados A y B, y se verifica que  $VAN_A > VAN_B$ , entonces  $A \gg B$  (el proyecto A es preferible al B).



Recordemos que el VAN es el único criterio de valoración que cumple las cuatro características que señalamos en el epígrafe 3 de cara a obtener una buena decisión de inversión.

~~~~~  
Ejemplo: Dado el proyecto de inversión definido por la siguiente serie de flujos de caja: -1.000 / 500 / 400 / 300 / 100 y siendo la tasa de descuento del 10%, el VAN será igual a:

$$\text{VAN} = -1000 + \frac{500}{1,1} + \frac{400}{1,1^2} + \frac{300}{1,1^3} + \frac{100}{1,1^4} = 78,82$$

~~~~~  
**5.1 Una nota sobre el coste de oportunidad del capital**

Suponga que usted está analizando el proyecto de adquirir un piso cuyos flujos de caja son los mostrados en el epígrafe 2 y cuyo desembolso inicial es de 400.000 euros. De ésta cifra, 320.000 € los consigue mediante un préstamo hipotecario cuyo coste total es del 6% anual y el resto los pone de su bolsillo. Después de hacer un pequeño estudio de mercado averigua que el rendimiento medio que están generando los pisos semejantes al que se pretende adquirir y que se encuentran en la misma zona (puesto que el tamaño del piso y la zona afectan a dicho rendimiento medio) es del 10% anual<sup>5</sup>. Esto es, en promedio cualquier otro piso parecido generaría un 10% de rendimiento, así que dicha cifra es lo que se dejaría de ganar si se invierte en el piso que estamos considerando, es decir, es el *coste de oportunidad del capital*<sup>6</sup>.

~~~~~  
Ejemplo: El VAN de la inversión en el piso suponiendo un coste de oportunidad del capital igual al 10% sería igual a:

$$\text{VAN (k = 10\%)} = -400.000 + \frac{15.900}{1,10} + \frac{16.255}{1,10^2} + \frac{16.630}{1,10^3} + \frac{717.010}{1,10^4} = 130.110,27 \text{ €}$$

lo que quiere decir que la inversión proporcionaría más de 130.000 euros por encima de lo que otras inversiones semejantes en plazo y en riesgo. Dicho de otra forma, si suponemos que el valor neto del alquiler anual está bien estimado, el precio de venta debería ser de 509.505,55 € para que el rendimiento fuese del 10%.

~~~~~  
<sup>5</sup> El 10% no es lo que usted ganaría en promedio, sino el 26%. Esto es así porque usted pone de su bolsillo sólo el 20% de la inversión mientras que el banco pone el 80% pero el coste del préstamo es inferior al 10%, por lo que usted se lleva la parte correspondiente a su aportación más el 4% que deja de ganar el banco. Así, éste último cobra un 6% sobre 320.000 €, es decir, 19.200 € anuales; la inversión genera el 10% sobre 400.000 €: 40.000 €; luego a usted le corresponde la diferencia 20.800 € que es el 26% de los 80.000 € que pone de su patrimonio particular.

<sup>6</sup> También podríamos haber analizado el rendimiento que generan las inversiones financieras que tuviesen el mismo riesgo que el de la inversión en el piso, en equilibrio, debería haber sido el 10%.



El coste de oportunidad del capital será mayor cuanto mayor sea el riesgo del proyecto y viceversa. Suponga que no hay riesgo, es decir, que los flujos de caja de la inversión se consideran ciertos; entonces el coste de oportunidad del capital coincidirá con el tipo de interés sin riesgo, que es el que paga el Estado y que incorpora el tipo de interés real y la inflación anual esperada. Supongamos, sólo por un momento, que la inversión en el piso careciese de riesgo, el tipo de descuento sería el rendimiento de un bono del Estado al que le resten exactamente cuatro años de vida.

El cálculo y uso del coste de oportunidad del capital en el VAN es el atajo que utiliza el directivo para no calcular directamente el valor de la cartera del mercado financiero que proporciona los mismos flujos de caja del proyecto. De esta manera obtiene el rendimiento esperado que dicha cartera proporciona sin tener que averiguar cómo está compuesta la misma.

## 5.2 Limitaciones del criterio

El criterio del VAN a pesar de ser el más idóneo de cara a la valoración de los proyectos de inversión adolece de algunas limitaciones que es conveniente conocer.

La primera de ellas es que es incapaz de valorar correctamente aquellos proyectos de inversión que son flexibles a lo largo del tiempo, es decir, que incorporan *opciones reales*<sup>7</sup> (de crecimiento, abandono, diferimiento, aprendizaje, etcétera) lo que implica que el valor obtenido a través del simple descuento de los flujos de caja infravalore el verdadero valor del proyecto. Es decir, el criterio VAN supone, o bien que el proyecto es totalmente reversible (se puede abandonar anticipadamente recuperando toda la inversión efectuada), o que es irreversible (o el proyecto se acomete ahora o no se podrá realizar nunca más). Por ello, la posibilidad de retrasar la decisión de invertir socava la validez del VAN, de hecho la espera para conseguir más información tiene un valor que este criterio no incorpora. Por tanto, ante este tipo de proyectos *dinámicos* es necesario recurrir al análisis de opciones reales para poder obtener el denominado *VAN total* del proyecto.

Otra limitación estriba en que la forma de calcular el VAN de un proyecto de inversión supone, implícitamente, que los flujos de caja, que se espera proporcione a lo largo de su vida, deberán ser reinvertidos hasta el final de la misma a una tasa idéntica a la de su coste de oportunidad del capital. Esto no sería un problema si dichos flujos de caja fuesen reinvertidos en proyectos del mismo riesgo que el actual (y suponiendo que el coste de oportunidad del capital se mantenga constante, lo que es mucho suponer); pero sí ello no se cumple, el VAN realmente conseguido diferirá del calculado previamente, siendo mayor si la tasa de reinversión supera al coste del capital o menor en caso contrario. Es decir, el VAN supone implícitamente que la estructura temporal de los tipos de interés es plana e invariable.

---

<sup>7</sup> Sobre las opciones reales y su aplicación en la valoración de inversiones véase MASCAREÑAS, Juan, LAMOTHE, Prosper; LOPEZ, Francisco; LUNA, Walter (2004): *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Prentice Hall. Madrid. Véase también MASCAREÑAS, Juan (2007): "Opciones Reales en la Valoración de los Proyectos de Inversión". *Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas*, nº 14. <http://www.ucm.es/info/jmas/monograf.htm>



~~~~~  
Ejemplo: El proyecto de inversión cuyos flujos de caja eran -1.000 / 500 / 400 / 300 / 100 y cuyo tipo de descuento era del 10% proporcionaba un VAN del 78,82. Si sus flujos de caja (exceptuando el desembolso inicial) se reinvierten hasta el final del cuarto año a una tasa del 15%, su VAN real (VANR) será sensiblemente mayor que el VAN:

$$\text{VANR} = -1.000 + \frac{500(1,15)^3 + 400(1,15)^2 + 300(1,15) + 100}{(1,10)^4} = 184,64$$

obsérvese que si la tasa de reinversión hubiera sido del 10% el VANR coincidiría con el VAN.

~~~~~  
Normalmente como el inversor desconoce las tasas de reinversión no tendrá más remedio que calcular el VAN pero sabiendo que si llegado el momento reinvierte los flujos de caja a tasas superiores o inferiores al tipo de descuento actualmente previsto el resultado diferirá del calculado en el momento de acometer el proyecto.

### **5.3 Supuestos básicos del VAN: mercados completos, no arbitraje, y proporcionalidad**

La valoración en finanzas corporativas busca obtener cuál sería el valor de un proyecto de inversión si éste estuviera disponible permanentemente en los mercados financieros. Éstos sólo tienen en cuenta el tamaño, el momento y el riesgo de los flujos de caja que se espera genere dicho proyecto, y si el equipo directivo de la empresa puede adquirir esos flujos de caja en el mercado de activos reales (por ejemplo, invirtiendo en el proyecto) de forma más barata que los inversores pueden adquirirlos en el mercado de activos financieros, entonces el nuevo proyecto o activo creará valor para los accionistas.

Imagine que realizamos un proyecto de inversión e inmediatamente vendemos en el mercado financiero los derechos sobre los flujos de caja que se espera genere en el futuro. El valor en el momento actual de todos esos flujos de caja del proyecto es el precio que los mercados de capitales pagarían por dichos flujos en este mismo instante. El VAN es la diferencia entre el precio actualmente pagado por el nuevo activo real (el desembolso inicial) y el precio al que se podrían vender en el mercado financiero los flujos de caja generados por él (el VA). Así que si los directivos de una empresa encuentran un activo real cuyo precio es inferior al que el mercado financiero pagaría por la totalidad de sus flujos de caja, estarán creando valor.

Por tanto, el objetivo es encontrar un activo, o cartera de activos, que replique exactamente el proyecto a valorar (en cuanto al tamaño, momento y riesgo de los flujos de caja); en cuyo caso el valor de éste último debería ser igual al de aquél o aquéllos. El lector debe ser consciente de que esto realmente no hay que hacerlo



así porque la tasa de descuento ( $k$ ) del VAN cumple exactamente esa función representativa de lo que significa el proyecto para el mercado financiero.

Resumiendo, el supuesto básico es que los flujos de caja de cualquier proyecto de inversión, o de cualquier activo, a valorar pueden ser replicados en el mercado financiero. Este es el supuesto de los denominados *mercados completos*.

Si los mercados fuesen incompletos, entonces la mera realización de un proyecto de inversión afectaría a las tasas de rendimiento de equilibrio de los activos existentes, lo que destruiría la validez del procedimiento. De ahí que el supuesto básico del método del VAN es que el mercado financiero sea completo, es decir, que el nuevo proyecto no pueda cambiar el consumo agregado de ninguna manera. Si esto no se cumple la maximización del valor de la empresa para el accionista estaría en entredicho (habría situaciones que los accionistas preferirían proyectos con VAN negativo que influyesen en el mercado elevando el rendimiento de determinados activos y, por ende, de sus propias carteras) lo mismo que el propio método del VAN.

Dicho de otra manera si el mercado es incompleto y al valorar un proyecto éste proporciona un VAN de 1.000 euros y se lleva a cabo, inmediatamente después de hacerlo su misma existencia alterará los precios y rendimientos del resto de los activos del mercado haciendo cambiar al mismo tiempo su propio valor, por ejemplo, a -234 euros. Si esto se hubiera sabido antes de tomar la decisión el proyecto no se hubiera llevado a cabo, pero su verdadero VAN no se sabe hasta que no se ha realizado el proyecto porque el mercado es incompleto.

El otro supuesto básico de la valoración de activos mediante el VAN es que existe ausencia de arbitraje, es decir, el valor calculado no permite ninguna oportunidad de beneficiarse a los arbitrajistas. Este supuesto está implícito en la idea de mercado completo.

Cuando se utiliza el VAN se está asumiendo que el mercado es completo y que los flujos de caja del proyecto son proporcionales al consumo agregado (o a la cartera de mercado). Precisamente cuando el proyecto de inversión permite cierta maniobrabilidad por parte de los directivos, es decir si es flexible, entonces ya no hay proporcionalidad y el VAN deja de ser útil. Es en estas situaciones cuando el *análisis de opciones reales* (ROA) es útil porque únicamente implica que el mercado sea completo.

## **6. El índice de rentabilidad (IR)**

Una variante del Valor Actual Neto de una inversión es el denominado *Índice de rentabilidad*, que consiste en dividir el valor actual de los flujos de caja por el desembolso inicial de la inversión por lo que analíticamente se expresará de la siguiente forma:

$$IR = \frac{1}{A} \left[ \frac{FC_1}{(1+k)} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} \right] = \frac{VA}{A}$$



En principio serían efectuables aquellas inversiones cuyo índice de rentabilidad fuera superior a la unidad ( $IR > 1$ ), ya que esto indicaría que lo recuperado por la inversión, teniendo en cuenta el efecto del paso del tiempo sobre el valor de los capitales, es superior al desembolso realizado (es decir, que el valor actual del proyecto supera a su desembolso inicial).

Como puede apreciarse, en este sentido lleva a idénticas conclusiones que el VAN, dado que si  $IR > 1$ , necesariamente  $VAN > 0$ , y viceversa.

$$IR = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j}}{A} > 1 \Rightarrow \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j} > A \Rightarrow VAN > 0$$

Por otra parte serían preferibles, de entre varios proyectos alternativos, aquéllos cuyo valor de la tasa  $IR$  fuera superior. En este sentido cabe avisar de una limitación importante que tiene este criterio, imagine un proyecto con desembolso inicial de 10 euros y un único flujo de caja cuyo valor actual es de 20 euros, su  $IR$  es igual a 2; por otra parte, un proyecto con un desembolso inicial de 100 euros y un único flujo de caja de 150 euros al día de hoy tiene un  $IR = 1,5$ . Según este criterio elegiríamos el primero, mientras que según el criterio VAN deberíamos escoger el segundo. Otra limitación estriba en que el  $IR$  no indica la rentabilidad por período sino la rentabilidad a lo largo de todo el horizonte temporal de la inversión lo que complica algo su comprensión.

El índice de rentabilidad de la inversión definida por los siguientes flujos de caja: -1.000 / 500 / 400 / 300 / 100 que tiene un tipo de descuento del 10% es igual a:

$$IR = \frac{1}{1.000} \left[ \frac{500}{(1,1)} + \frac{400}{(1,1)^2} + \frac{300}{(1,1)^3} + \frac{100}{(1,1)^4} \right] = \frac{1.078,82}{1.000} = 1,078$$

~~~~~  
Ejemplo: El IR de la inversión en el piso suponiendo un coste de oportunidad del capital igual al 10% sería igual a:

$$IR = \frac{\frac{15.900}{1,10} + \frac{16.255}{1,10^2} + \frac{16.630}{1,10^3} + \frac{717.010}{1,10^4}}{400.000} = \frac{530.110,27}{400.000} = 1,325$$

que al ser superior a la unidad la hace efectuable
~~~~~

Hay quien calcula el índice de rentabilidad dividiendo el VAN entre el desembolso inicial, en cuyo caso si el  $IR$  es positivo el proyecto será efectuable y en caso contrario no lo será.





## 7. La tasa interna de rendimiento (TIR)

Se denomina *tasa interna de rendimiento* (TIR) a la tasa de descuento para la que un proyecto de inversión tendría un VAN igual a cero. La TIR es, pues, una medida de la rentabilidad relativa de una inversión. Matemáticamente su expresión vendrá dada por la ecuación siguiente en la que deberemos despejar el valor de  $r$ :

$$A = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n}$$

Podríamos definir la TIR con mayor propiedad si decimos que es *la tasa de interés compuesto al que permanecen invertidas las cantidades no retiradas del proyecto de inversión*. Así, por ejemplo, si invertimos 1.000 €, a un tipo del 10% anual, tendremos 1.100 €, al final del año. Si en dicho instante retiramos 600 €, permanecerán invertidos 500 €. Transcurrido otro año tendremos 550 €, que las retiramos en su totalidad. Así que nuestro proyecto de inversión viene definido por los siguientes flujos: -1.000 / 600 / 550 si ahora calculásemos su TIR veríamos que es del 10%.

Si se observa la figura 1 se verá que la tasa de rendimiento viene dada por el punto de corte de la curva del VAN y el eje horizontal (o de abscisas). En este sentido se puede observar como si el tipo de descuento aplicado en el VAN es superior a la rentabilidad relativa de la inversión el VAN sería negativo. Por tanto para que fuera positivo es necesario que el tipo de descuento sea inferior a la rentabilidad relativa que ofrece la inversión ( $k < r$ ). Esto justifica el que se utilice como tipo de descuento la rentabilidad exigida a la inversión. Tomando este valor como tipo de descuento, el VAN sólo será positivo cuando proporcione una rentabilidad superior a la exigida. Esto haría que el criterio del VAN fuese mejor al ser ya una medida de la rentabilidad relativa puesto que considera como factor discriminante el tipo de rentabilidad exigida.

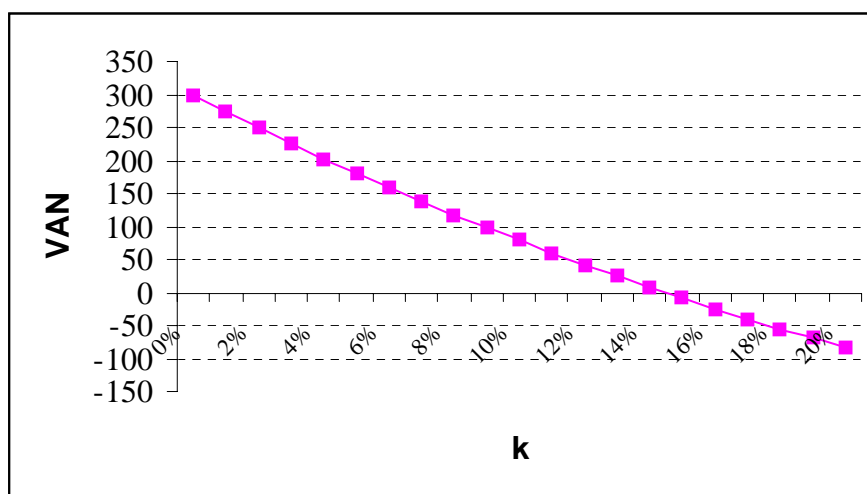


Fig. 1 Gráfica del VAN de la inversión -1.000 / 500 / 400 / 300 / 100 para diversos valores de  $k$



En resumen, una inversión será efectuable según este criterio cuando su TIR sea superior al coste de oportunidad del capital, es decir,  $r > k$ . Y si tenemos varias inversiones efectuales, con un grado de riesgo semejante, será mejor aquélla que tenga la mayor tasa de rendimiento.

~~~~~  
Ejemplo: Si queremos calcular la TIR del proyecto -1.000 / 500 / 400 / 300 / 100 deberemos despejar r en la siguiente ecuación.

$$1000 = \frac{500}{(1+r)} + \frac{400}{(1+r)^2} + \frac{300}{(1+r)^3} + \frac{100}{(1+r)^4} \Rightarrow r = 14,49\%$$

este cálculo deberá ser realizado a través de una calculadora financiera o con la ayuda de una hoja de cálculo, puesto que deberá ser realizado por tanteo.

~~~~~  
**Ejemplo:** La TIR de la inversión en el piso será igual a:

$$400.000 = \frac{15.900}{1+k} + \frac{16.255}{(1+k)^2} + \frac{16.630}{(1+k)^3} + \frac{717.010}{(1+k)^4} \Rightarrow r = 18,39\%$$

lo que quiere decir que al ser la TIR superior al coste de oportunidad del capital –el 10%- el proyecto de inversión es efectuable

### 7.1 El problema de la reinversión de los flujos

Al igual que ocurría en el caso del VAN, el propio cálculo de la tasa interna de rendimiento está suponiendo que los flujos intermedios de caja se van a reinvertir a la propia tasa de rendimiento interna. Es decir, si en el ejemplo anterior averiguamos que su TIR tomaba un valor del 18,39%, ello será cierto siempre que podamos reinvertir los flujos de caja a dicha tasa de rendimiento. Efectivamente si capitalizamos los flujos de caja hasta el año  $n$  a una tasa de  $r'$ , sólo si ésta tasa coincide con  $r$  (TIR) se cumplirá que el VAN = 0, pues si  $r' > r$  entonces VAN > 0, y lo contrario, como se puede ver fácilmente en la siguiente ecuación:

$$0 = -A + \frac{FC_1 (1+r')^{n-1} + FC_2 (1+r')^{n-2} + \dots + FC_n}{(1+r)^n}$$

Es importante tener muy en cuenta esta característica de la TIR. Veamos un ejemplo de ello. Acaba de ser emitido un Bono del Estado que paga un cupón anual del 10%, su nominal es de 1.000 € y su vencimiento es a tres años. Su TIR es, obviamente, el 10%:



$$1.000 = \frac{100}{(1+r)} + \frac{100}{(1+r)^2} + \frac{1.100}{(1+r)^3} \Rightarrow r = 10\%$$

Pero ello será cierto siempre que podamos reinvertir los dos flujos de 100 €, de los años uno y dos al tipo del 10% hasta el final de la vida del Bono en el tercer año. Supongamos que los tipos de interés tiendan a descender y que al final del primer año el tipo sea del 9% y al final del segundo del 8,5%. El cálculo real de la TIR bien podría ser el siguiente, que proporciona un valor inferior al 10% previsto inicialmente porque la estructura temporal de los tipos de interés es descendente:

$$1.000 = \frac{[1.000 \times 1,09 \times 1,085] + [1.000 \times 1,085] + 1.100}{(1+r)^3} \Rightarrow r = 9,88\%$$

Todo esto nos demuestra que el valor de la TIR deberemos tomarlo en consideración sabiendo lo que implica: la reinversión de los flujos a dicho tipo de rendimiento. Y ésta es precisamente la principal limitación de este método. La TIR asume que los flujos de caja deben ser reinvertidos a la propia TIR, pero ¿no hemos quedado que los flujos intermedios de caja deben reinvertirse al coste de oportunidad del capital del proyecto al que se destinan?, entonces ¿por qué la TIR nos propone una tasa de reinversión que en nada tiene que ver con dicho coste de oportunidad?. En resumen, la TIR realiza un supuesto sobre el coste de oportunidad totalmente inapropiado; de hecho, su valor suele ser superior al rendimiento que realmente espera proporcionar el proyecto.

## 7.2 Jerarquización de inversiones: VAN "versus" TIR

Los criterios del VAN y de la TIR suelen coincidir a la hora de determinar qué inversiones son efectuables y cuáles no (en el punto 7.3 veremos una excepción importante). Pero en el momento de decidir qué inversión es mejor que otra u otras, ambos métodos no tienen por qué coincidir y esto se produce fundamentalmente por la diferente tasa de reinversión implícita que utilizan ambos métodos de valoración.

Cuando tenemos que jerarquizar una serie de proyectos de inversión cuya TIR supera la tasa de rendimiento requerida (**k**), es decir, que son efectuables, elegiremos primeramente aquél proyecto que proporciona la mayor tasa de rendimiento, en segundo lugar situaremos al que proporciona la segunda mejor tasa de rendimiento y así sucesivamente. Si ahora jerarquizásemos dichos proyectos según el procedimiento analizado en el método VAN observaríamos cómo no ocupan necesariamente el mismo lugar en ambas listas. Veámoslo mediante un ejemplo:

Las inversiones Alfa y Beta constan de los siguientes flujos de caja:

Alfa: - 180 / 15 / 90 / 165

Beta: - 180 / 150 / 75 / 15



Si el tipo de descuento es el 10% el VAN(alfa) = 32 mientras que el VAN(beta) = 29,6 lo que parece indicar que es preferible el proyecto Alfa. Por otra parte, si los jerarquizamos según la tasa de rendimiento, la TIR(alfa) = 17,4%, mientras que la TIR(beta) = 22,8%. Esto último parece indicar que sería preferible Beta.

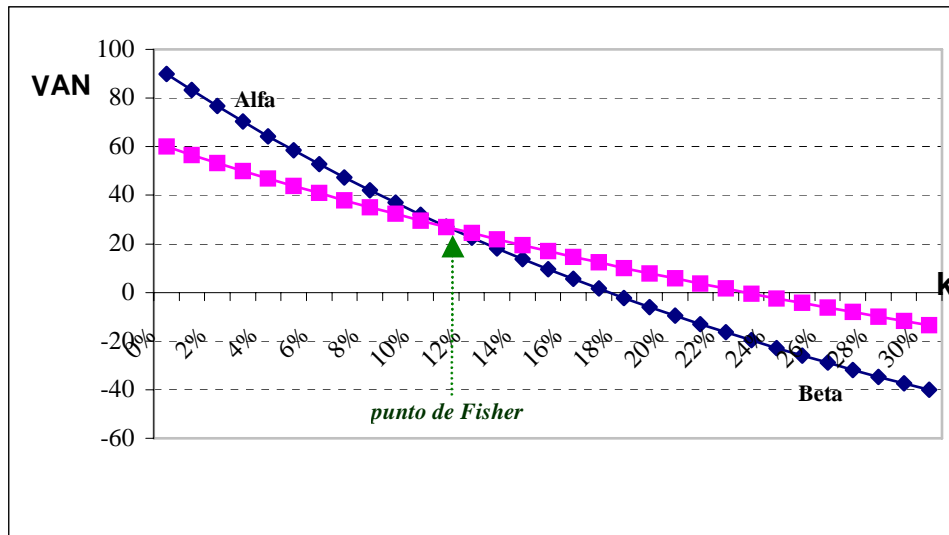


Fig. 2

En la figura 2 se puede observar el gráfico de los valores actuales netos de ambos proyectos según sea el tipo de descuento utilizado para calcularlo. Si dicho tipo de descuento es inferior al 11,1% el VAN de Alfa es superior al de Beta, mientras que si superase dicho valor ocurriría lo contrario. Por la TIR no hay discusión posible siempre será preferible el proyecto Beta. Al tipo de descuento para el que ambos valores actuales netos coinciden (el 11,1%) se le denomina *tasa de corte de Fisher*, en honor al economista norteamericano que lo señaló.

El cálculo de la tasa de corte de Fisher es muy fácil, puesto que no hay más que igualar los VAN de ambas inversiones y despejar el tipo de descuento que hace posible dicha igualdad.

$$-180 + \frac{15}{(1+f)} + \frac{90}{(1+f)^2} + \frac{165}{(1+f)^3} = -180 + \frac{150}{(1+f)} + \frac{75}{(1+f)^2} + \frac{15}{(1+f)^3}$$

despejando f obtendremos un valor igual al 11,1%.

Es importante señalar que cuando comparamos las gráficas del VAN de dos inversiones habrá al menos un punto de corte entre ambas (salvo que sean paralelas), pero eso no quiere decir que sea una tasa de corte de Fisher. Esta última sólo existirá cuando el corte se produzca en el primer cuadrante, pues podría existir una tasa de corte en el segundo cuadrante (por ejemplo para  $k = -0,5\%$ ) lo que no tendría sentido económico, o bien, en el cuarto cuadrante (para un  $k = 56\%$ , por ejemplo) que proporcionaría un valor del VAN negativo, lo que tampoco tendría sentido. Lo que sí pueden existir son varias tasas de corte de Fisher en el primer cuadrante. Así, por ejemplo, si la inversión Gamma tiene los siguientes flujos de ca-



ja: -18.658 / 23.614 / 3.500 y la inversión Delta viene definida por los flujos esperados: - 10.000 / 5.000 / 13.500, existirán dos tasas de corte de Fisher para los tipos de descuento del 5,18% y del 9,81%.

La principal razón por la que ambos métodos no coinciden en la jerarquización de los proyectos de inversión, es decir, la razón de la existencia de la tasa de corte de Fisher, estriba en que cada método parte del supuesto de que los flujos de caja se reinvierten a un tipo distinto, el VAN los reinvierte al coste de oportunidad del capital (**k**), mientras que la TIR lo hace a la tasa de rendimiento (**r**), que como acabamos de ver en el punto anterior es totalmente inadecuada. Así, si los flujos de caja de las inversiones Alfa y Beta los reinvirtiésemos a un  $k = 10\%$  y calculásemos su rendimiento veríamos como Alfa produciría un rendimiento del 16,16%, mientras que Beta generaría un 15,73%.

Otro punto importante de cara a la comparación entre los criterios VAN y TIR estriba en que éste último no cumple el *principio de aditividad del valor*, que permite comparar proyectos independientes entre sí. Así, en la tabla que se muestra a continuación se ha supuesto que los proyectos A y B son excluyentes entre sí e independientes del C. Si se cumpliera el principio de aditividad del valor deberíamos elegir el mejor de los dos proyectos excluyentes sin tener en cuenta para nada el proyecto C. Por tanto, utilizando el criterio de la TIR, el proyecto A proporciona un mayor rendimiento que el B, pero al considerarles combinados con el proyecto C resulta que es mejor la combinación B+C que la A+C. Concretando, este criterio prefiere el proyecto A en solitario, o el proyecto B si se considera combinado con el proyecto independiente, lo que no cumple la regla de la aditividad (tal y como sí hace el VAN). La implicación que esto tiene para la directiva de la compañía es que deberá tener en cuenta todas las combinaciones posibles entre proyectos con objeto de encontrar aquella que proporcione el mayor rendimiento interno.

| Año       | A      | B      | C      | A+C    | B+C    |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0         | -100   | -100   | -100   | -200   | -200   |
| 1         | 0      | 225    | 450    | 450    | 675    |
| 2         | 550    | 0      | 0      | 550    | 0      |
| VAN (10%) | 354,55 | 104,55 | 309,09 | 663,64 | 413,64 |
| TIR       | 134,5% | 125,0% | 350,0% | 212,9% | 237,5% |

Tabla 2. Principio de la aditividad del valor [Copeland y Weston, pág. 317]

### 7.3 La inconsistencia de la TIR

Hay proyectos de inversión que proporcionan varias tasas de rendimiento e incluso otros que no proporcionan ninguna. Por ejemplo, el proyecto definido como:

$$-2.000 / 12.500 / -12.500$$

que es un ejemplo típico de los denominados *proyectos de aceleración*, que son aquéllos en los que una empresa petrolera o minera invierte fondos a fin de acelerar la recuperación de un cierto yacimiento de petróleo o minerales. Dicho proyecto



tiene dos tasas de rendimiento: el 25% y el 400%. Por otra parte, el proyecto definido como:

$$-1.100 / 4.000 / -4.000$$

carece de tasa de rendimiento real (véase la figura 3). Este problema se debe a la denominada *regla de Descartes* que señala que toda ecuación puede tener tantas raíces positivas como cambios de signo existan en la misma. Así, pues, los proyectos anteriores tienen dos cambios de signo por lo que podrían tener como máximo dos raíces positivas.

En la figura 3 se muestra la gráfica del VAN del proyecto de aceleración inicial. En ella se aprecia la incongruencia de un proyecto de inversión que posee dos tasas de rendimiento internas igualmente buenas. Como comprenderá, usted no puede recibir un rendimiento del 25% que al mismo tiempo también es del 400%; o recibe uno o el otro pero no ambos. Por eso se dice que la TIR es inconsistente en este tipo de proyectos y que no tiene sentido utilizarla.

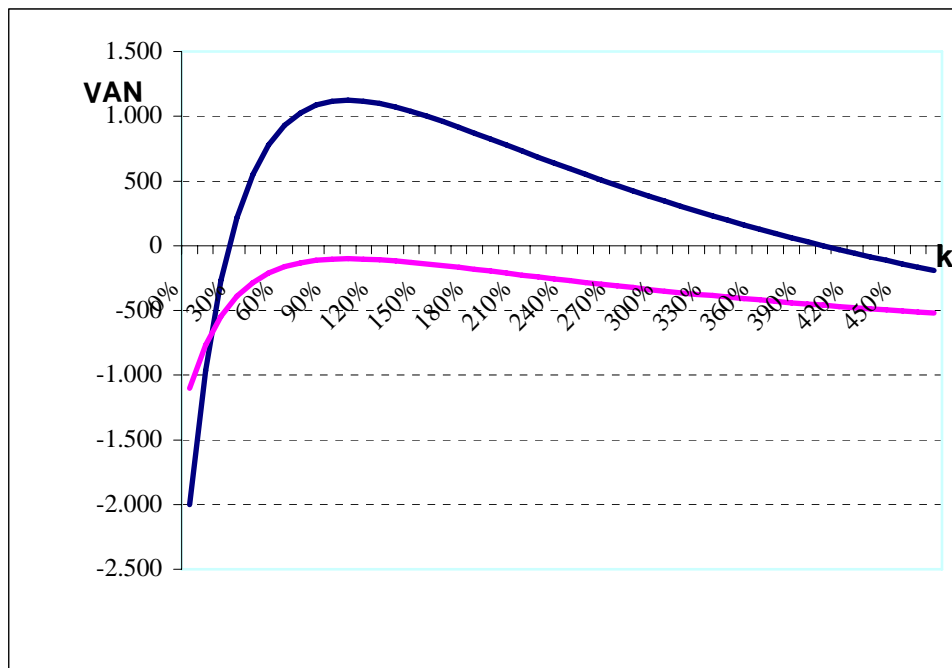


Fig. 3 Inconsistencia de la TIR

Pero, ¿qué ocurre con el VAN?. Es evidente que la curva de la figura 3 es la representación del VAN, si usted es el encargado de realizar dicha inversión comprobará que si su tipo de descuento es inferior al 25% el VAN del proyecto será negativo, pero que si dicho tipo de descuento es superior al 25% e inferior al 400%, el VAN será positivo. Es decir, cuanto mayor sea la tasa de descuento mejor será el proyecto de inversión (al menos hasta un cierto tipo de descuento  $k = 100\%$ ), lo que es algo que carece de toda lógica. El VAN también falla en este tipo de inversiones. Normalmente, es raro encontrarse con este tipo de proyectos de inversión, aunque sí es normal analizar inversiones que tienen más de un cambio de signo entre sus flujos de caja pero que sólo tienen una única TIR real positiva. Por ejemplo,



cuando una inversión promete ser rentable, sus flujos de caja serán positivos y es factible pensar que tenga que pagar impuestos por los beneficios acaecidos a lo largo de los años en los que dicha inversión tiene lugar. Los impuestos sobre los beneficios de las empresas se devengan a fin de año pero se pagan aproximadamente con un año de retraso. Esto quiere decir que los impuestos del año 1 se pagarán en el 2 y, por lo tanto, figurarán entre los pagos del flujo de caja de dicho año; los impuestos de éste se pagarán en el año 3, etc.; y los impuestos del año  $n$  se pagarán en el  $n+1$ , siendo el único flujo de caja existente en dicho año, que será obviamente negativo. Así, el último flujo de caja de una inversión empresarial rentable tenderá a ser negativo debido al pago de impuestos. Sin embargo, esto no será mayor problema de cara a la obtención de un única TIR.

En todo caso, el problema es grave pues hemos localizado unas inversiones que aunque "raras" son posibles y que sacan a luz las limitaciones e inconsistencias de los principales métodos de valoración de inversiones. En el epígrafe siguiente analizaremos un método de valoración que intenta responder a este tipo de problema con algún éxito.

## 8. La tasa interna de rendimiento modificada (TIRM)

Este método de valoración tiene en cuenta que la reinversión de los flujos de caja generados por el proyecto deberá ser al coste de oportunidad del capital y, además, proporciona siempre una única tasa de rendimiento positiva lo que es muy útil de cara a la resolución de los proyectos de aceleración que vimos en el último apartado del epígrafe anterior.

Nada mejor que un ejemplo para mostrar el procedimiento de cálculo de este método. Supongamos la siguiente inversión definida por estos flujos de caja:

-100 / 50 / 90 / -20 / 80 / -60 / 40 / 30 / 60 / -180 / 8

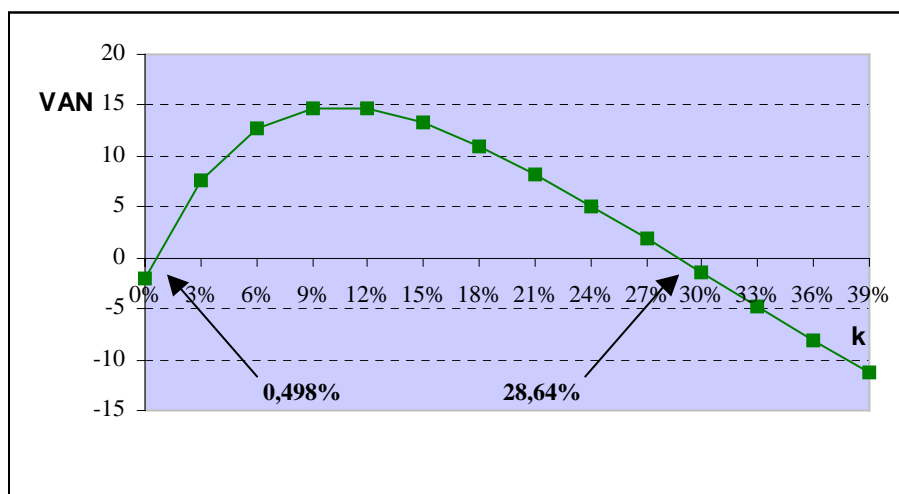


Fig. 4



Como se puede apreciar en la figura 4, donde se ha representado su VAN para diversas tasas de descuento, este proyecto de inversión tiene dos tasas de rendimiento internas  $r_1 = 0,498\%$  y  $r_2 = 28,64\%$ .

Para calcular su tasa interna de rendimiento modificada lo primero que hay que hacer es calcular el valor actual de los flujos de caja negativos descontados al coste de oportunidad del capital, por ejemplo, al 10%. Así pues:

$$VA (\text{pagos}) = 100 + 20 \times (1,1)^{-3} + 60 \times (1,1)^{-5} + 180 \times (1,1)^{-9} = 228,62$$

Seguidamente capitalizaremos hasta el final de la vida del proyecto (año 10) los flujos de caja positivos al coste de oportunidad del capital (o a otro que creamos más realista como tipo de reinversión, si consideramos que los flujos de caja se destinan a proyectos con riesgo diferente del actual).

$$VF (\text{cobros}) = 50 \times (1,1)^9 + 90 \times (1,1)^8 + 80 \times (1,1)^6 + 40 \times (1,1)^4 + 30 \times (1,1)^3 + 60 \times (1,1)^2 + 8 = 631,64$$

Ahora tenemos los pagos actualizados en el momento inicial y los cobros capitalizados en el año 10, por lo que procederemos a igualarlos:

$$\begin{aligned} 228,62 &= 631,64 \times (1 + r^*)^{-10} \\ (1 + r^*)^{10} &= 2,76 \\ (1 + r^*) &= 2,76^{(1/10)} = 1,107 \\ r^* &= 10,7\% \end{aligned}$$

Por supuesto, un proyecto de inversión será ejecutable por este método cuando  $r^* > k$ . Y entre varias inversiones será preferible la que tenga mayor TIRM.

Es evidente que este método corrige alguna de las limitaciones del criterio TIR proporcionando valores más realistas aunque no supera al VAN como método de valoración de proyectos.

## **9. Otros métodos de valoración de proyectos**

Si vuelve usted a mirar la tabla 1, observará que hay muchos más criterios de valoración de proyectos de los que aquí hemos analizado en profundidad, por ello ahora vamos a referirnos a ellos de forma somera porque en unos casos haría falta mucho espacio para describirlos detalladamente mientras que otros son redundantes con los explicados anteriormente.

### **9.1 Opciones reales**

Esta metodología, que ha comenzado a utilizarse en los últimos años del siglo XX de forma complementaria al VAN, consiste en valorar los activos (proyectos de inversión, empresas, etcétera) como si fueran opciones; esto es, el propietario tiene el derecho a realizar el proyecto, pero no la obligación, y por ello paga un precio –la





prima de la opción-. En el caso de los proyectos de inversión este método demuestra su utilidad cuando el VAN medio esperado está próximo a cero, hay una gran incertidumbre sobre su valor, y el decisor se puede aprovechar de ello. La metodología utilizada es la misma que la de la valoración de opciones financieras. Entre las opciones reales más conocidas están las de: diferir, ampliar, reducir, cerrar temporalmente, abandonar, aprendizaje, compuestas, etc<sup>8</sup>.

## 9.2 Análisis de sensibilidad

Este método consiste en estudiar cuál es el valor del VAN, de la TIR, etcétera, si vamos variando una a una todas las variables del proyecto dejando las demás constantes. Ello nos permite saber qué variables son más importantes de cara al valor esperado del proyecto lo que nos indicará que deberán ser estimadas con mayor precisión porque un error en su cálculo podría tener graves consecuencias. Por ejemplo, se puede calcular cuál es el valor del primer flujo de caja que hace nulo el VAN dejando constantes los demás flujos, lo mismo con el segundo flujo, etcétera.<sup>9</sup>

## 9.3 Múltiplo de los beneficios

Este es un método muy utilizado para calcular el valor de las acciones o el de una empresa. Por ejemplo, para calcular el precio de una acción podemos multiplicar el beneficio por acción estimado por el ratio precio-beneficio (PER) medio de las empresas del sector. O, si queremos obtener el valor de la empresa, multiplicar sus beneficios antes de intereses pero después de impuestos (BAIDT) por un múltiplo, que dependerá del sector en el que opere; así, por ejemplo, el valor del activo de una empresa puede ser igual a cinco veces su BAIDT.<sup>10</sup>

## 9.4 Tasa de rendimiento contable sobre la inversión

Conocida por sus siglas en inglés ROI (*return on investment*) o ROIC (*return on invested capital*) consiste en dividir el beneficio medio antes de intereses después de impuestos del proyecto (que se puede calcular multiplicando el beneficio antes de intereses e impuestos por  $1-t$  donde  $t$  es el tipo impositivo sobre los beneficios) entre el valor contable medio del activo durante la vida del proyecto.

$$ROI = \frac{BAIT(1-t)}{\text{Valor contable medio del capital invertido}}$$

Entre las características de este método caben destacar que no tiene en cuenta el valor temporal del dinero y que trabaja con flujos de renta (beneficios) en lugar de con flujos de caja. Por otra parte, los cambios en el sistema de amortiza-

<sup>8</sup> Sobre las opciones reales y su aplicación en la valoración de inversiones véase MASCAREÑAS, Juan, LAMOTHE, Prosper; LOPEZ, Francisco; LUNA, Walter (2004): *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Prentice Hall. Madrid. MASCAREÑAS, Juan (2007): "Opciones Reales en la Valoración de los Proyectos de Inversión". *Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas*, nº 14. <http://www.ucm.es/info/jmas/monograf.htm>

<sup>9</sup> El análisis de sensibilidad en la valoración de inversiones puede verse en SUÁREZ, Andrés: *Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa*. Pirámide. Madrid. 1996 (17ª ed.). Capítulo 10.

<sup>10</sup> Sobre valoración con múltiplos puede consultarse MASCAREÑAS, Juan: *Fusiones y Adquisiciones de Empresas*. McGraw Hill. Madrid. 2005 (4ª ed.). Capítulo 10, o DAMODARAN, Aswath: *Investment Valuation*. John Wiley. Nueva York. 1996. Capítulos 14, 15 y 16



ción afectan al beneficio operativo y, por tanto, al ROI aún cuando permanezca invariable el flujo de caja. Además, debido a que el sistema de amortización va reduciendo el valor contable de la inversión, el ROI tiende a ir aumentando a lo largo del tiempo, por lo que el uso del valor contable de los activos del proyecto puede resultar inadecuado para medir el rendimiento. Por todo esto, éste es un método cada vez menos utilizado.

Supongamos un proyecto de inversión, que implica invertir 100.000 euros en la actualidad, se extiende a lo largo de tres años al final de los cuales se pueden recuperar 10.000 euros del coste inicial del proyecto. Cada año se amortizan 30.000 euros, y el BAIDT medio es de 20.000 euros. El valor medio de la inversión a lo largo de la vida de la misma es igual a la media aritmética de su valor en el momento inicial y en el final  $(100.000 + 10.000) / 2 = 55.000$ .

La tasa de rendimiento contable será igual a:  $20.000 / 55.000 = 0,363$

Según este método si el coste de oportunidad de capital es inferior, el proyecto se llevará a cabo, en caso contrario se desechará.

### 9.5 Simulación

Fundamentalmente consiste en simular todos los posibles escenarios en los que se puede desenvolver el proyecto (varios miles de posibilidades) mediante un computador. Una vez hecho esto se puede extraer su VAN medio, su TIR media, etcétera; además, de la simulación se puede extraer el valor de la desviación típica del VAN que, indicará la medida del riesgo del proyecto<sup>11</sup>.

### 9.6 Valor actual ajustado

Este método consiste primeramente en obtener el VAN del proyecto como si fuese financiado íntegramente por capitales propios para, posteriormente, añadirle el valor actual de los efectos derivados del mismo como, por ejemplo, desgravaciones fiscales por intereses al utilizar la deuda como instrumento de financiación, aumento de costes al emitir nuevos títulos, etcétera<sup>12</sup>. Suele ser muy útil para la valoración de proyectos con financiación sin recurso (*project finance*), o compras apalancadas de empresas (LBO), es decir, donde el nivel de la deuda es muy cambiante.

### 9.7 Tasa de rendimiento mínima requerida

También denominada en inglés *hurdle rate*, es la tasa de rendimiento mínima requerida para acometer un proyecto de inversión. De tal manera que si la tasa de rendimiento esperada del proyecto supera su tasa mínima requerida, éste se podrá realizar, y en caso contrario, no. La tasa de rendimiento mínima requerida debería ser igual al coste del capital incremental, por ello, este método es similar al de la tasa de rendimiento interna de tal forma que éste último calcula las TIR de los proyectos y sólo aquellas que superen la tasa de rendimiento requerida se realizan.

---

<sup>11</sup> Un amplio tratamiento de la simulación del tipo Montecarlo en el análisis de inversiones puede verse en SUÁREZ, Andrés: *Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa*. Pirámide. Madrid. 1996 (17ª ed.). Capítulo 13. Software de simulación: Crystal Ball, @Risk, SimulAr, etcétera.

<sup>12</sup> Véase, por ejemplo, BREALEY, R. y MYERS, S.: *Fundamentos de Financiación Empresarial*. McGraw-Hill, Madrid. 1998 (5ª ed.). Capítulo 19



## **BIBLIOGRAFÍA**

- ARNOLD, Tom y SHOCKLEY, Richard (2002): "Real Options Analysis and the Assumptions of the NPV Rule". <http://www.realoptions.org/papers2002/SchockleyOptionNPV.pdf>
- BREALEY, R. y MYERS, S. (2003): *Fundamentos de Financiación Empresarial*. McGraw-Hill, Madrid. (7ª ed.)
- BRIGHAM, Eugene y GAPENSKI, Louis (1988): *Financial Management*. The Dryden Press. Nueva York.
- DAMODARAN, Aswath (1999): *Applied Corporate Finance. A User's Manual*. John Wiley. Nueva York.
- EMERY, Douglas y FINNERTY, John (1991): *Principles of Corporate Finance*. West Publishing. St. Paul (MN).
- GRAHAM, J.; HARVEY, C. (2001): "The theory and practice of corporate finance: evidence from the field ". *Journal of Financial Economics* n° 60. Págs.: 187-243.
- KEOWN, Arthur; SCOTT, David; MARTIN, John y PETTY, William (1996): *Basic Financial Management*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. (NJ).
- MASCAREÑAS, Juan y LEJARRIAGA, Gustavo (1992): *Análisis de Proyectos de Inversión*. Eudema. Madrid.
- PETERSON, Pamela (1994): *Financial Management and Analysis*. McGraw Hill. Nueva York.
- ROSS, Stephen; WESTERFIELD, Randolph y JAFFE, Jeffrey (1995): *Finanzas Corporativas*. Irwin. Madrid. (3ª ed.)
- SHOCKLEY, Richard (2007): *An Applied Course in Real Options Valuation*. Thomson. Mason (Omaha).
- SUAREZ, Andrés. (1996): *Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa*. Pirámide. Madrid. (17ª ed.).
- VAN HORNE, James (1995): *Financial Management and Policy*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. (NJ). (10ª ed.).
- WESTON, J Fred; y COPELAND, Thomas (1992): *Managerial Finance*. Dryden Press. Fort Worth (Texas). (9º ed.)