

Evaluación económica y financiera de Proyectos

Profesor: Lic. Carlos Emilio Martínez

Contenido

-  *Evaluación de proyectos*
-  *Flujos de Caja de un Proyecto básico*
-  *Valor actual neto (VAN)*
-  *Indice de Rentabilidad de un Proyecto*
-  *Indice IVAN*
-  *Flujos no periódicos*
-  *Tasa interna de retorno (TIR)*
-  *Flujos de Caja de un Proyecto*
-  *Efecto de la inflación en un Proyecto*
-  *Periodo de Recuperación del Capital o “Payback” de un Proyecto*
-  *Tasa Interna de Retorno (TIR)*
-  *Tasa Interna de Retorno modificada (TIRM)*
-  *Método relación Costo / Beneficio*

Evaluación de un Proyecto de Inversión

Toda inversión representa realizar una operación en lo inmediato, a cambio de esperar un flujo futuro del bien en el que se invierte el dinero, con el objeto de obtener un beneficio. En nuestro caso, consideraremos solamente las inversiones productivas, entre las que se distinguen las siguientes inversiones:

 *Inversiones de mantenimiento, que son aquellas que reemplazan un equipo desgastado para continuar la producción.*

 *Inversiones para reducir costos o mejorar tecnológicamente, en las que se reemplazan equipos que están obsoletos.*

 *Inversiones de ampliación en las que se aumentan las posibilidades de producción.*

 *Inversiones de ampliación para elaborar nuevos productos.*

Un proyecto de inversión evaluado desde un punto de vista económico-financiero, tiene los siguientes elementos importantes:

- 1. Inversión inicial del proyecto.*
- 2. Flujos de caja que se esperan en el proyecto.*
- 3. Herramientas de evaluación de proyectos.*

El flujo neto de caja de un momento determinado t es la diferencia entre los cobros o ingresos generados por esa inversión en el momento t , y los pagos que esa inversión requiere en ese momento t .

Notación:

 $I_0 =$ Desembolso inicial de la inversión.

 $f_t =$ Flujo neto de caja del año t

$$f_t = C_T - P_T$$

Los flujos netos de caja y su previsión en la mayoría de los proyectos de inversión resulta compleja.

Para armar el flujo de caja del proyecto, consideraremos:

✚ *En la mayor parte de los nuevos proyectos se suele estimar que los ingresos totales de cada período coincidirán con los cobros de ese período, y que todos los gastos del período con los pagos de ese período.*

✚ *Cuando se realiza una inversión en una máquina, el desgaste que va teniendo la misma a lo largo de su uso y los años, se amortiza. La amortización, que no es una salida de dinero de la empresa, sino que es una previsión contable que debe realizarse para poder comprar un nuevo equipo cuando la máquina en uso esté totalmente amortizada, se va descontando a lo largo de los sucesivos flujos de caja del proyecto. Al no ser una salida real de caja (no sale dinero de la empresa por amortizaciones), luego para la determinación del flujo neto del proyecto, se deberán sumarse nuevamente para neutralizar el efecto del descuento que fue realizado sólo a los fines impositivos. Veremos más en detalle este punto en la Clase 12.*

✚ *Los únicos cobros y pagos a tener en cuenta son los que se derivan directamente del proyecto.*

En consecuencia, básicamente en un proyecto vamos a tener:

- ✚ *Inversión inicial del proyecto en el período cero o período inicial.*
- ✚ *Ingresos del proyecto desde el año 1 al horizonte o vida útil del proyecto, por ejemplo, desde el año 1 al año 3, si el proyecto dura tres años.*
- ✚ *Egresos del proyecto desde el año 1 al horizonte del proyecto, por ejemplo año 3.*
- ✚ *Flujo del Proyecto, que es la diferencia entre Ingresos y Egresos del Proyecto.*

Como ejemplo, en principio podríamos representar un flujo básico como:

	<i>Período 0</i>	<i>Período 1</i>	<i>Período 2</i>
<i>Inversión inicial (-)</i>	-\$ 10.000		
<i>Ingresos (+)</i>		\$ 20.000	\$ 25.000
<i>Egresos (-)</i>		-\$ 10.000	-\$ 12.000
<i>Flujo proyecto</i>	-\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 13.000

Donde podemos mencionar que:

✚ *Ingresos: En general son los ingresos por ventas que genera el proyecto.*

✚ *Egresos: Se refiere a todos los costos y gastos erogables asociados al proyecto.*

✚ *Inversiones iniciales: En este punto, se consideran las inversiones en equipos, estructura, terrenos, capital de trabajo necesarios para el proyecto.*

Entre las herramientas de evaluación de proyectos, se pueden mencionar entre otras, las siguientes:

-  *Valor actual neto (VAN)*
-  *Índice de rentabilidad de la inversión (IR)*
-  *Índice IVAN*
-  *Tasa interna de retorno del proyecto (TIR)*
-  *Tasa interna de retorno del proyecto modificada (TIRM)*
-  *Período de repago del proyecto simple o Payback simple*
-  *Período de repago del proyecto descontado, o Payback ajustado*

Valor actual neto (VAN)

Para poder comparar el beneficio que se obtiene de un proyecto a varios años, dado que los flujos proyectados son de distintos años, no pueden compararse unos con otros, porque no es lo mismo \$ 10.000 generados en el año 1, que \$ 13.000 generados en el año 2. En consecuencia, para poder evaluar realmente si hubo un beneficio en la inversión realizada, deben llevarse los flujos proyectados al año cero, y entonces sí compararlos con la inversión realizada. Este es el concepto de VAN (Valor actual neto).

Siendo que habíamos dicho que:

$$C_n = C_0(1+i)^n$$

$$C_0 = \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

 *i = Interés*

 *C₀ = Capital inicial*

 *n = número de años*

Entonces, el VAN de una inversión es igual al valor actualizado de todos los flujos esperados que se generen en un futuro con esa inversión, es decir, es igual a la diferencia entre el VAN de los ingresos y el VAN de los pagos previstos.

Dicho de otra forma, el VAN es el Beneficio que queda, después de haber pagado todos los costos del proyecto.

Por lo tanto si:

i_1, i_2, \dots, i_n = “Tasa de actualización” o “Tasa de descuento” aplicable a cada uno de los flujos en esos n años de duración del proyecto. Algunos lo llaman “Costo de oportunidad” de la empresa, y otros lo llaman “Costo de Capital” de la empresa.

I_0 = Desembolso inicial de la inversión o “Inversión inicial” del proyecto.

f_j = Flujo neto de caja del año j .

n = “Vida útil del proyecto”, u “horizonte del proyecto”.

El valor actual neto de una inversión vendrá dado por:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i_1)} + \frac{f_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \dots + \frac{f_n}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_n)}$$

Si la inversión inicial hubiese sido una determinada máquina, y esa máquina tuviera un “Valor residual” o “Valor de recupero” al final de su vida útil, es decir, si después de usada la máquina en el período previsto de evaluación del proyecto, tuviera un valor residual al que podría ser comercializada en el mercado ::

$$\text{Valor actual del Valor residual de la máquina} = \frac{V_R}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_n)}$$

Entonces, si la tasa de descuento fuera constante:

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{f_j}{(1+i)^j} + \frac{VR_j}{(1+i)^j}$$

En forma general, se puede plantear:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i)} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \frac{f_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{f_n}{(1+i)^n}$$

Si además suponemos que f es igual en todos los años:

$$VAN = -I_0 + \frac{f}{(1+i)} + \frac{f}{(1+i)^2} + \frac{f}{(1+i)^3} + \dots + \frac{f}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -I_0 + f \cdot \left[\frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Resolviendo lo que está dentro del corchete, una suma de serie finita, siendo r la razón:

$$S = \frac{a_1 - a_n r}{1 - r}$$

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

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

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

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

En consecuencia podemos escribir que el VAN cuando los flujos son constantes en el tiempo:

$$VAN = -I_0 + f \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right]$$

Si los flujos fueran infinitos:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i_1)} + \frac{f_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \dots$$

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i)} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \frac{f_3}{(1+i)^3} + \dots$$

$$VAN = -I_0 + \frac{f}{(1+i)} + \frac{f}{(1+i)^2} + \frac{f}{(1+i)^3} + \dots$$

$$VAN = -I_0 + f \cdot \left[\frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \frac{1}{(1+i)^3} + \dots \right]$$

Para la suma de una serie infinita:

$$S = \frac{a_1}{1-r}$$

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

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

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

Por lo tanto:

$$VAN = -I_0 + f \cdot \left[\frac{1}{i} \right]$$

En principio, la regla de decisión de evaluación de proyectos con el VAN sería:

- 1. $VAN > 0$ se acepta el proyecto.*
- 2. $VAN < 0$ se rechaza el proyecto.*
- 3. Cuando debe elegirse entre dos o más proyectos, se elige el de mayor VAN.*

Ejemplo

Se desea evaluar el proyecto A, en el que se necesita invertir en el inicio en una máquina nueva para producir tapas plásticas, cuya inversión es de \$ 10.000, siendo los flujos proyectados por la producción de esa máquina, para los años siguientes, los indicados en la tabla. La tasa de descuento es del 12 %. Definir si es viable el proyecto.

<i>Proyecto</i>	<i>Inversión</i>	<i>Flujo en el</i>	<i>Flujo en el</i>
<i>A</i>	<i>Inicial</i>	<i>período 1 f_1</i>	<i>período 2 f_2</i>
	\$ 10.000	\$ 8.000	\$ 4.000

$$VAN = -\$10.000 + \frac{\$8.000}{(1+0,12)} + \frac{\$5.000}{(1+0,12)^2}$$

$$VAN = -\$10.000 + \$7.142,85 + 3.985,96$$

$$VAN = \$1.128,81$$

Siendo el VAN mayor a cero, puede decirse, en principio, que el proyecto es viable.

Tasa de descuento de los flujos del proyecto

También se la suele denominar (les doy todas las alternativas):

-  *Tasa de descuento*
-  *Tasa de actualización*
-  *Tasa de corte*
-  *Costo de oportunidad de la empresa*
-  *Costo de capital de la empresa*

Lo primero que hay que decir, es que la tasa de descuento de un proyecto, es el rendimiento requerido al mismo, y suele utilizarse el Costo de oportunidad de la empresa como tasa de actualización. También se utiliza el Costo de capital de la empresa como tasa de corte (su cálculo excede al curso).

Por el Teorema de Fisher se cumple que:

$$(1 + i) = (1 + k).(1 + g)$$

donde:

- ✓ $i =$ Tasa aparente de interés (algunos autores la denominan “Tasa nominal”, pero en verdad no es una Tasa nominal de contrato como vimos antes)
- ✓ $k =$ Tasa real (es la tasa de interés en un contexto sin inflación)
- ✓ $g =$ Tasa de inflación

En consecuencia podemos escribir:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+k)(1+g_1)} + \frac{f_2}{(1+k)^2(1+g_1)(1+g_2)} + \dots$$

Si se considerara g constante en el tiempo, y generalizando en n períodos:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+k)(1+g)} + \frac{f_2}{(1+k)^2(1+g)^2} + \dots + \frac{f_n}{(1+k)^n(1+g)^n}$$

En el caso que k y g no fuesen constantes:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+k_1)(1+g_1)} + \frac{f_2}{(1+k_1)(1+k_2)(1+g_1)(1+g_2)} + \dots$$

Ejemplo

Evaluar una inversión según el VAN, si la inversión inicial que debe realizarse es de \$ 2.000, y genera flujos de caja por: Año 1 = \$ 200, Año 2 = \$ 350, Año 3 = \$ 550 y Año 4 = \$ 1.000.

La tasa aplicable, si no existiera inflación, sería del 8%, pero existe una inflación del 9%.

¿Es viable, o no, el proyecto?

$$\text{✚} \quad g = 9\% = 0,09$$

$$\text{✚} \quad k = 8\% = 0,08$$

$$\text{✚} \quad I_0 = \$ 2.000$$

$$\text{✚} \quad f_1 = \$ 200$$

$$\text{✚} \quad f_2 = \$ 350$$

$$\text{✚} \quad f_3 = \$ 550$$

$$\text{✚} \quad f_4 = \$ 1.000$$

Siendo que:

$$(1+i) = (1+k).(1+g)$$

$$i = k + k.g + g$$

$$i = 0,08 + (0,08).(0,09) + 0,09$$

$$i = 0,1772 = 17,72\%$$

$$VAN = -\$2.000 + \frac{\$200}{(1+0,1772)} + \frac{\$350}{(1+0,1772)^2} + \frac{\$550}{(1+0,1772)^3} + \frac{\$1.000}{(1+0,1772)^4}$$

$$VAN = -\$2.000 + \$169,89 + \$252,56 + \$337,14 + \$520,71$$

$$VAN = -\$719,70$$

En estas condiciones, la inversión no es recuperable, no es viable.

Notas importantes

A los fines del curso, en general se considerarán:

a. *Flujos proyectados nominales o a moneda corriente, es decir, considerando ya aumentos por inflación, con lo que se descontarán los flujos con Tasas aparentes, es decir, que tienen el componente inflacionario incorporado.*

b. *La tasa de descuento de flujos a considerar, en general va a ser lo que se denomina el “Costo de oportunidad” de la inversión, es decir, la ganancia que se obtendría en otra inversión de similar riesgo, si no se pusiera el dinero en el proyecto. En principio, podría llegar a considerarse como referencia a priori, la Tasa que se paga por ejemplo en una inversión en bonos. Esto no es estrictamente así, pero a los fines del curso, en principio puede llegar a considerarse esto. En cursos más avanzados o de Posgrados, podrá verse que el cálculo de la Tasa de descuento de flujos de un proyecto es toda una materia en sí misma, es un tema que está aún en discusión, y que no ha sido resuelto.*

➤ *La Tasa de descuento es una Tasa efectiva.*

Cálculo del VAN de un Proyecto en Excel

La función financiera “**VNA**” determina el valor neto presente de una serie de flujos del proyecto a partir de una tasa de descuento. La función VNA tiene los siguientes argumentos:

-  **Tasa** : La tasa de descuento a lo largo del proyecto.
-  **Valor1; Valor2.....** Valor1 es obligatorio, los valores siguientes son opcionales.
-  VNA usa el orden de valor1; valor2; ... para interpretar el orden de los flujos del proyecto. Si un argumento es una matriz, sólo se considerarán los números de esa matriz.
-  La función VNA comienza un período antes de la fecha del flujo de caja de valor1 y termina con el último flujo de caja de la lista.

VNA es similar a la función VA (valor actual). La principal diferencia entre VA y VNA es que VA permite que los flujos de caja comiencen al final o al principio del período. A diferencia de los valores variables de flujos de caja en VNA, los flujos de caja en VA deben permanecer constantes durante la inversión.

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
<i>4</i>	<i>Método 4</i>					
<i>5</i>	<i>Inversión inicial</i>	<i>Flujo 1</i>	<i>Flujo 2</i>	<i>Flujo 3</i>	<i>Flujo 4</i>	<i>VAN Proyecto</i>
<i>6</i>	<i>\$ -10.000,00</i>	<i>\$ 2.000,00</i>	<i>\$ 3.000,00</i>	<i>\$ 3.500,00</i>	<i>\$ 4.500,00</i>	<i>\$ 378,95</i>
<i>7</i>	<i>Tasa descuento</i>					
<i>8</i>	<i>8,50%</i>					

=VNA(C28;D26:G26)+C26

Para calcular el VAN, obsérvese que la función VNA toma sólo los valores de los flujos (matriz de valores D26:G26), y luego se suma por separado la Inversión inicial (celda C26).

Vale aclarar que en la hoja de cálculo Excel en lugar de la función VNA, puede aparecer NPV “Net Present Value” en inglés.

Indice de rentabilidad de una inversión (IR)

Se define el Indice de rentabilidad de una inversión, como la relación que existe entre los flujos del proyecto actualizados a una tasa i , respecto de la Inversión inicial. Es decir, podemos escribir entonces que:

$$IR = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \frac{f_j}{(1+i)^j}}{I_0}$$

En consecuencia, un proyecto será bueno cuando: $IR > 1$

Indice IVAN

El Indice IVAN se define como:

$$IVAN = \frac{VAN}{I_0}$$

En este caso, se puede observar el peso relativo del Beneficio que genera el proyecto, respecto a la inversión inicial que se debe realizar en el mismo.

Flujos no periódicos

Los flujos de fondos que hemos estudiado hasta aquí tuvieron como característica excluyente la periodicidad o regularidad. Estos flujos, que según la posición de las cuotas, o el punto de valuación, clasificamos en adelantadas, vencidas, amortizaciones, imposiciones, anticipadas, diferidas, etc. requerían que los intervalos o períodos, tasa y cuotas sean iguales a lo largo de toda la renta financiera o proyecto. Esta regularidad de los componentes permitió encontrar fórmulas matemáticas sintetizadoras que luego aplicamos en diversos negocios financieros, tales como planes de ahorro o imposiciones, sistemas de reembolso de deudas con intereses sobre saldos como son los sistemas Francés, Alemán y Americano, bonos (que veremos más adelante).

Pero en verdad, algunos negocios financieros tienen flujos de fondos no periódicos o irregulares, tanto en las cantidades de dinero, como en su distribución en el tiempo (asincronismo), donde el tipo de problemas que plantean ya no pueden ser resueltos con fórmulas, como hemos visto cuando estudiamos Rentas financieras.

Puede presentarse un negocio cuyo flujo de dinero está compuesto por un conjunto de cantidades diferentes, que se encuentran dispersas en el tiempo en lapsos irregulares, entre las que podemos mencionar como ejemplos:

✚ *La necesidad de determinar el costo financiero en un conjunto de obligaciones de reembolso por un financiamiento mediante el sistema directo, con variantes como períodos de gracia o diferimiento, de pagos adicionales, etc.*

✚ *Un financiamiento que dependa de ingresos que son estacionales.*

✚ *Una deuda que se ofrece pagar con importes y tiempos de realización diferentes entre sí, que determinarán un flujo totalmente irregular tanto en los importes, como en sus vencimientos.*

✚ *El análisis de rentabilidad de un proyecto que tiene flujo de fondos cuya cuantía y oportunidad dependen de las circunstancias particulares que tenga el negocio.*

Ejemplo

Se desea saber qué capital nos pueden prestar, si nuestras posibilidades de pago son las siguientes:

-  *Dentro de un mes \$ 4.850*
-  *Dentro de 3 meses \$ 10.100*
-  *Dentro de 6 meses \$ 12.000*

La tasa de interés es del 3 % Tasa efectiva mensual (TEM).

Puede observarse que el problema es de valuación en el punto inicial de la operación, ya que se nos están pidiendo averiguar el capital que nos pueden llegar a prestar, es decir, el Valor actual de los flujos de todas esas cantidades futuras de pagos que podemos realizar de acuerdo a nuestras posibilidades (pagos irregulares y asincrónicos). Por lo tanto, sólo habrá valores significativos en los períodos 0, 1, 3 y 6, pero como el resto de los períodos no debe quedar sin valores, o vacío, en cada uno de ellos pondremos un 0 (cero pago o ingresos), y en 1, 3, y 6 serán negativos porque representan pagos o erogaciones.

0	1	2	3	4	5	6
?	\$ -4.850	\$ 0	\$ -10.100	\$ 0	\$ 0	\$ -12.000

El signo de interrogación colocado en el punto cero corresponde al capital contenido en los pagos futuros que se deben actualizar. Este capital es el “Valor Actual Neto” (VAN), y tal como señalamos recién, será de signo positivo puesto que asumimos ser los “tomadores del crédito”, los que recibimos el dinero.

Otra observación importante a realizar es que en aquellos periodos donde no hay flujos se ha colocado un cero, que si bien en el cálculo que haremos carece de significación, sí tendrá sentido cuando se utilicen hojas de cálculo Excel, dado que si no ponemos nada en esos periodos es como si estuviésemos indicando que son lugares “vacíos”, que no es lo mismo que contener el número de cero pago en ese periodo.

En el fondo, lo que estamos haciendo es que, por más que el flujo sea irregular, es segmentamos el tiempo en intervalos regulares que coincidan con la vigencia de la tasa de interés. Vale aclarar que el fraccionamiento puede ser en meses, días, semestres, años, etc., siendo en todos los casos condición necesaria que los lapsos que separan un flujo de otro sean cantidades enteras expresadas en magnitudes homogéneas. Todos los flujos deben estar separados entre sí por una cantidad entera de períodos iguales, cualquiera sea la magnitud que se use para expresar la extensión de dichos períodos.

*La tasa de interés que se utilice también debe estar referida a la duración del período que se haya establecido, y siempre será una **tasa efectiva**, lo que significa que la actualización de los flujos es siempre exponencial o compuesta.*

La determinación del capital prestable, para este caso el VAN:

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^1} + \frac{f3}{(1+i)^3} + \frac{f6}{(1+i)^6}$$

$$VAN = \frac{\$4.850}{(1+0,03)^1} + \frac{\$10.100}{(1+0,03)^3} + \frac{\$12.000}{(1+0,03)^6}$$

O lo que es lo mismo:

$$VAN = \$ 4.850 (1+0,03)^{-1} + \$ 10.100 (1+0,03)^{-3} + \$ 12.000 (1+0,03)^{-6}$$

$$VAN = \$ 24.000$$

Si bien en la operación tomamos todos los valores con signo positivo y por ese motivo el resultado nos dio también positivo, cabe reiterar que el signo del VAN y el de los flujos que representan los reembolsos deben ser contrarios, según desde la posición que se los mire, es decir, de “tomador”, o “prestamista o prestador del dinero”.

En consecuencia, vale ratificar que las notaciones serán:

 3 % es la “Tasa de descuento” o “Tasa de corte” “*i*”, llamada así porque es la que utilizamos para actualizar los flujos en el punto inicial cero (“cortar” significa actualizar).

 \$ 24.000 es el Valor actual neto o “VAN”. Es el flujo cero, cuya nomenclatura es “*f*₀”.

✚ \$ 4.850 ; \$ 10.100 y \$12.000, son los Flujos de caja (Cash Flow), que se identifican como “f_j” (Cash flow de orden “j”).

De modo que si lo consideramos de esta forma, y sumamos el Valor actual de todos los flujos desde “0” a “n=6”, valuando en el inicio el VAN será cero:

$$VAN = +\$24.000 + \frac{-\$4.850}{(1+0,03)^1} + \frac{-\$10.100}{(1+0,03)^3} + \frac{-\$12.000}{(1+0,03)^6}$$

O lo que es lo mismo:

$$VAN = +\$ 24.000 - \$ 4.850(1+0,03)^{-1} - \$ 10.100(1+0,03)^{-3} - \$ 12.000(1+0,03)^{-6}$$

$$VAN = 0$$

En este flujo, solamente utilizando el 3 % TEM el VAN es cero. En otras palabras, con cualquier otra tasa que se utilice no lo será, como así también que cualquier otra cifra que se ponga en el flujo inicial, si se mantiene el propósito de que el VAN sea cero, obligará a que la “tasa de descuento” o “tasa de corte” sea otra. Para que el VAN sea cero, el flujo inicial y la tasa de corte deben conservar una relación biunívoca.

Tasa interna de retorno (TIR)

Todo negocio financiero, o proyecto de inversión productiva, supone un flujo de inversiones y retornos distribuidos en el tiempo. Como la finalidad es conseguir una ganancia, se pretende que los retornos sean mayores a la inversión.

Si queremos averiguar el beneficio en términos relativos deberemos expresar esa ganancia como una tasa de interés.

En este sentido, ya sabemos que la tasa de interés que relaciona al conjunto de pagos (todos los f_j) con el capital prestado (f_0) es el 3 % TEM, porque así fue informado en el planteo del problema, pero ahora vamos a querer averiguar la tasa de descuento, suponiendo que nos han informado que se prestarán \$ 24.000, recuperando \$ 4.850 al mes, \$ 10.100 a los 3 meses y \$ 12.000 dentro de 6 meses.

La tasa de interés que estamos buscando para expresar la rentabilidad de la inversión es aquella tasa que, tomando la totalidad de los flujos comprendidos entre "0" y "6", actualizándolos al momento inicial y sumándolos, sea capaz de lograr que el VAN sea cero.

Como la distribución de los retornos o flujos se ha pautado en meses, esa tasa necesariamente será una TEM que luego, si se desea, podrá re-expresarse en otras formas equivalentes.

La tasa que hace el $VAN = 0$, se denomina **“TIR”** (Tasa Interna de Retorno):

$$- \$ 24.000 + \$ 4.850 (1 + TIR)^{-1} + \$ 10.100 (1 + TIR)^{-3} + \$ 12.000 (1 + TIR)^{-6} = 0$$

El problema que se puede observar es que se trata de una ecuación de grado múltiple (polinomio de grado 6), donde puede suceder que tenga más de una raíz real, que esas raíces a su vez sean positivas, o pueden ser negativas, o ambas a la vez, o que no tenga raíz real y sea una raíz imaginaria.

En consecuencia, para poder encontrar la TIR hay que acudir a una fórmula de aproximación interpolando entre dos valores próximos previamente encontrados por tanteo. Estos dos valores de tasas determinan a su vez dos valores de VAN, que deberán ser :

 VAN 1 = negativo cercano a cero

 VAN 2 = positivo cercano a cero

Si el tanteo anduvo bien, esos dos valores serán aceptablemente próximos a cero, y la interpolación dará una aproximación mejor a la TIR.

Definimos entonces las variables a utilizar:

✚ i_1 = tasa más baja que la TIR, que hace que el VAN sea negativo.

✚ i_2 = tasa más alta que la TIR, que hace que el VAN sea positivo.

✚ $f(i_1)$ = VAN negativo logrado con esa tasa.

✚ $f(i_2)$ = VAN positivo logrado con esa tasa.

✚ $f(i)$ = función de la TIR, cuyo valor es cero pues, por definición, es la tasa que hace que el VAN sea cero.

✚ **TIR** o Tasa Interna de Retorno.

La fórmula para buscar la TIR es:

$$TIR = i_1 + \left[\left(\frac{f(i) - f(i_1)}{f(i_2) - f(i_1)} \right) \cdot (i_2 - i_1) \right]$$

Cabe recordar que se trata de una fórmula de interpolación lineal entre dos valores de una función exponencial, por lo que el valor que se obtenga, si bien estará más cerca de la TIR, seguirá siendo una aproximación. Por lo tanto, es recomendable tomar el valor hallado como si se tratara de un nuevo tanteo, y realizar una segunda interpolación que arrojará un valor aún más cercano. Así se puede seguir sucesivamente hasta encontrar la TIR buscada.

Supongamos que hemos hecho los tanteos con las tasas del 2,90 % y del 3,10 % y logramos aproximarnos de esta manera:

$$+ 24.000 - 4.850(1+0,029)^{-1} - 10.100(1+0,029)^{-3} - 12.000(1+0,029)^{-6} = - 90,29$$

$$+ 24.000 - 4.850(1+0,031)^{-1} - 10.100(1+0,031)^{-3} - 12.000(1+0,031)^{-6} = 89,78$$

Aplicamos entonces la fórmula:

$$TIR = 0,029 + \left[\left(\frac{0 + 90,29}{89,78 + 90,29} \right) \cdot (0,031 - 0,029) \right]$$

$$TIR = 0,030002839$$

$$Desvío = 0,0002839$$

Si este desvío no fuese admisible para el análisis, se reemplaza (i_2) por 0,030002839 y se realiza la interpolación nuevamente, con lo que se logrará un resultado más cercano al 3 % mensual.

Nota: Recordar que la TIR es una Tasa efectiva.

Ahora bien, si se tratara de flujos de un proyecto de inversión productiva, los signos serían al revés. Por ejemplo:

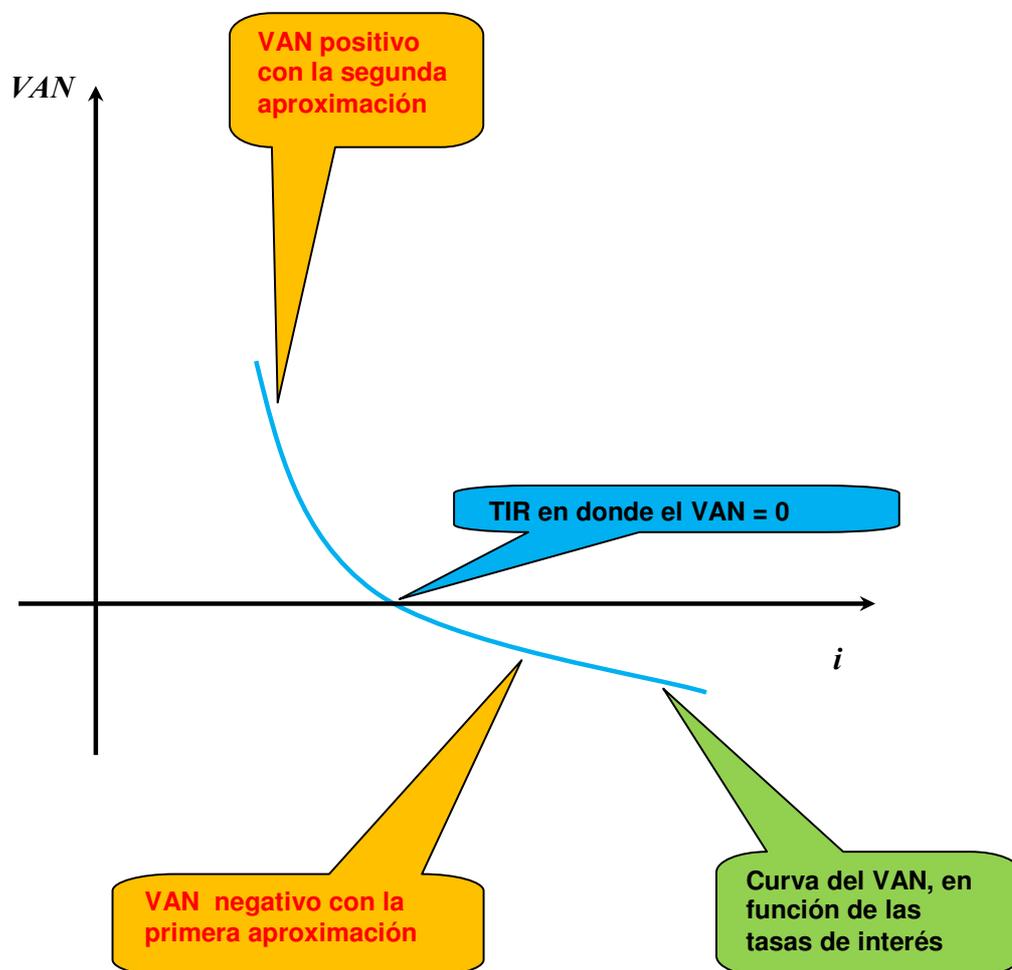
0	1	2	3	4
\$ -50.000	\$ +13.800	\$ +18.500	\$ + 25.000	\$ + 28.500

Inversión inicial en una máquina, por ejemplo

Flujos positivos del Proyecto

Nota: Es importante aclarar que no necesariamente siempre todos los flujos de un proyecto son positivos, y puede llegar a haber alguno/s negativos (por ejemplo, por reinversiones que deban realizarse a lo largo de la vida útil del proyecto).

Si graficamos el $VAN = f(i)$, se cumplirá que :



Obsérvese que cambian los signos del VAN de acuerdo a la aproximación que se intenta realizar para determinar la TIR del proyecto.

Siguiendo con el análisis, cuando se tiene un flujo del proyecto hasta dos períodos, en ese caso queda un polinomio de segundo grado:

$$VAN = -I_0 + \frac{f1}{(1+i)^1} + \frac{f2}{(1+i)^2}$$

Para calcular la TIR se cumplirá que:

$$VAN = -I_0 + \frac{f1}{(1+TIR)^1} + \frac{f2}{(1+TIR)^2} = 0$$

En consecuencia, para resolver una ecuación cuadrática:

$$a.x^2 + b.x + c = 0$$

Cuya resolución de una ecuación cuadrática:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c}}{2.a}$$

Estamos calculando las raíces del polinomio de segundo grado, y deberá tomarse el valor positivo de la resolución de la ecuación cuadrática como valor de la TIR del proyecto.

Inversión de un proyecto

En la Clase pasada habíamos hablado de Inversiones en un Proyecto de inversión, y en este sentido podemos decir que existen diferentes definiciones de inversión que han dado prestigiosos economistas. Entre ellas, podemos citar:

Según Tarragó Sabaté: "La inversión consiste en la aplicación de recursos financieros a la creación, renovación, ampliación o mejora de la capacidad operativa de la empresa".

Fundamentos de economía de la empresa - F.Tarragó Sabaté – 1986 - Página 308

Según Peumans: "La inversión es todo desembolso de recursos financieros para adquirir bienes concretos durables o instrumentos de producción, denominados bienes de equipo, y que la empresa utilizará durante varios años para cumplir su objeto social".

Valoración de proyectos de inversión - H. Peumans – 1967 - Página 21

Podemos decir entonces que las inversiones consisten en un proceso por el cual se decide aplicar ciertos recursos financieros, a cambio de expectativas de obtener beneficios futuros en dinero (cash), a lo largo de un plazo de tiempo, denominado vida útil del proyecto.

La inversión, en general, debe realizarse al inicio del Proyecto que vamos a evaluar, pues de otra forma el mismo no podría ejecutarse, con lo que este primer flujo de caja es siempre negativo (debido a la necesidad de un desembolso inicial), y se anota en el momento cero (como veremos más adelante).

En consecuencia, podemos definir la Inversión como el desembolso que hay que hacer en el momento cero para llevar adelante el proyecto. Las dos inversiones principales que deben realizarse, en general, para llevar a cabo un proyecto de inversión, son:

 *Inversión en equipos o maquinarias*

 *Inversión en Capital de trabajo*

Flujo de caja del proyecto o “cash flow” del proyecto

Como ya habíamos mencionado, realizada la inversión en el inicio del Proyecto que estamos analizando, luego tendremos un flujo de caja futuro a lo largo de la vida útil del Proyecto (Cash flow), que podemos definir conceptualmente como la diferencia entre cobros (Ingresos del Proyecto) y pagos (Egresos del Proyecto) en cada uno de los períodos del horizonte temporal del Proyecto.

La construcción de los flujos de caja del Proyecto puede basarse en la siguiente estructura general:

	<i>Ingresos afectados a impuestos</i>
	<i>Egresos afectados a impuestos</i>
	<i>Gastos no desembolsables (Amortizaciones equipos)</i>
	<i>Utilidad antes de impuesto</i>
	<i>Impuesto Ganancias</i>
	<i>Utilidad después de Impuesto</i>
	<i>Ajustes por gastos no desembolsados</i>
	<i>Egresos no afectados a impuestos</i>
	<i>Beneficios no afectados a impuestos</i>
	<i>Flujo de caja del Proyecto</i>

El flujo de fondos tendrá un horizonte de tiempo para el análisis, y su estructura simplificada puede quedar representada por el siguiente esquema:

Periodo	0	1	2	3	n
Ingresos		+	+	+	+
Egresos		-	-	-	-
Inversión inicial	-				
Flujo del Proyecto	-	+	+	+	+

Nota: Los flujos del proyecto pueden ser positivos (como en el esquema), o pueden ser algunos negativos, dependiendo de los ingresos y gastos que haya en ese período.

Con un mayor grado de detalle podemos observar a través de un ejemplo la construcción de un Flujo de Caja de un Proyecto, en donde se tiene que evaluar una inversión inicial de \$ 35.000 (en el año cero), con un horizonte de evaluación de tres años (en general, el horizonte temporal de evaluación del proyecto coincide con la vida útil del equipo, que en este caso es de 3 años, pueden ser 4 años, 5 años, etc.):

	0	1	2	3
INGRESOS				
(+) Ventas del producto		\$ 70.000,00	\$ 71.400,00	\$ 72.828,00
(+) Otros Ingresos		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Ingresos totales		\$ 70.000,00	\$ 71.400,00	\$ 72.828,00
EGRESOS				
(-) Costos variables		\$ 35.000,00	\$ 35.350,00	\$ 35.703,50
(-) Costos fijos		\$ 7.000,00	\$ 7.035,00	\$ 7.070,18
(-) Gastos de administración, ventas y comercialización		\$ 7.000,00	\$ 7.070,00	\$ 7.140,70
(-) Depreciación		\$ 8.333,33	\$ 8.333,33	\$ 8.333,33
Egresos totales		\$ 57.333,33	\$ 57.788,33	\$ 58.247,71
Utilidades antes de impuesto		\$ 12.666,67	\$ 13.611,67	\$ 14.580,29
(-) Impuesto a las Ganancias (30%)		\$ 3.800,00	\$ 4.083,50	\$ 4.374,09
Utilidad después de impuesto		\$ 8.866,67	\$ 9.528,17	\$ 10.206,20
(+) Más depreciación y amortización		\$ 8.333,33	\$ 8.333,33	\$ 8.333,33
INVERSIONES				
(-) Otras Inversiones (Por ejemplo, Licencias, mantenimiento de equipos)		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
(-) Inversión en equipos e instalaciones	\$ 25.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
(-) Capital de trabajo	\$ 10.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

(+) Valor de recupero del Capital de trabajo				\$ 10.000,00
(+) Valor de recupero de la máquina				\$ 5.000,00
FLUJO DE CAJA NETO DEL PROYECTO	-\$ 35.000,00	\$ 17.200,00	\$ 17.861,50	\$ 33.539,54

Podemos observar en la construcción del Flujo de caja del proyecto, que calculado el flujo de Impuesto a las Ganancias, luego del mismo se suman las amortizaciones, y esto se hace dado que las amortizaciones no son un flujo de dinero (se trata de un costo no erogable), no sale dinero de la empresa en efectivo por las amortizaciones, de forma tal que se vuelven a sumar para anular su efecto en el Flujo de caja del Proyecto.

Este Flujo de Caja neto del Proyecto, luego deberá descontarse a una Tasa de descuento para calcular el Van del mismo.

Los flujos de dinero que se producen en el futuro a lo largo de la vida del proyecto, los homogeneizamos a un mismo momento, al inicial u hoy, descontando los mismos a una cierta tasa de descuento:

$$VAN = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i)^1} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{f_n}{(1+i)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{f_t}{(1+i)^t}$$

FLUJO				
DE CAJA NETO	$I_0 = -\$ 35.000,00$	$f_1 = \$ 17.200,00$	$f_2 = \$ 17.861,50$	$f_3 = \$ 33.539,54$
DEL PROYECTO				

$$VAN = -35.000,00 + \frac{17.200,00}{(1+i)} + \frac{17.861,50}{(1+i)^2} + \frac{33.539,54}{(1+i)^n}$$

Recordar que la tasa de descuento que se debe aplicar se define en principio como costo de oportunidad de la inversión, que podemos definir como lo que se deja de ganar por no invertir esos recursos en otra inversión de riesgo similar.

❖ *Criterios de aceptación de un Proyecto según el VAN*

✚ *Si estamos analizando un sólo proyecto, si el VAN resulta positivo, el proyecto deberá ser aceptado. Por el contrario, si el VAN resulta negativo, el proyecto deberá ser rechazado.*

✚ *Si estamos comparando dos proyectos mutuamente excluyentes, se elegirá aquel que tenga el mayor VAN.*

Efecto de la inflación en el flujo de fondos neto

La inflación es el alza generalizada en el nivel de precios, y se habla de “inflación generalizada” cuando todos los precios aumentan en igual proporción. Se denomina “inflación no generalizada” cuando no todos los precios aumentan en igual proporción, y la “inflación no generalizada”, es problemática en la evaluación de proyectos porque implica deflactar cada rubro de ingresos y costos antes de calcular los indicadores de rentabilidad. Sin embargo, cuando la inflación se puede generalizar (lo que ocurre en muchos países), el flujo del proyecto se puede construir a “precios corrientes”, que incorporan la inflación, o a “precios constantes” que tienen deflactada la inflación en los flujos. Nosotros trabajaremos con Precios corrientes, descontados a tasas aparentes que ya tienen el componente inflacionario incorporado. Ahora bien, es igual evaluar en pesos corrientes con la Tasa de descuento corriente (sin deflactarla) que evaluar en pesos constantes con la Tasa real, o tasa deflactada.

Ejemplo: Consideremos el siguiente flujo de fondos neto:

<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>-\$</i>	<i>\$</i>	<i>\$</i>	<i>\$</i>	<i>\$</i>	<i>\$</i>
65.000,00	18.000,00	22.000,00	26.500,00	29.000,00	34.500,00

Tasa de descuento = 20 %

VAN (i=0.20) = \$ 8.463,54

Ahora, si la inflación es de 10%, la Tasa real o Tasa deflactada será, por Fisher:

$$(1 + i) = (1 + ir).(1 + \pi)$$

$$(1 + ir) = \frac{(1 + i)}{(1 + \pi)}$$

$$ir = \frac{(1 + i)}{(1 + \pi)} - 1$$

$$ir = \frac{1,20}{1,10} - 1 = 0,0909091$$

El flujo de fondos neto deflactado queda así:

<i>Periodos</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Flujo deflactado</i>	-65.000	$18.000/(1.10)$	$22.000/(1.10)^2$	$26.500/(1.10)^3$	$29.000/(1.10)^4$	$34.500/(1.10)^5$

Ahora, el VPN del flujo deflactado con la Tasa real o Tasa deflactada es:

$$VAN (i=0,090909) = \$ 8.463,54$$

Como se observa, el resultado del VAN es el mismo en ambos casos.

Período de recuperación de la inversión (Payback del proyecto)

Período de recuperación simple o “Payback” Simple

El plazo de recuperación o Pay-back es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial.

Para calcularlo se suman los primeros flujos de caja hasta que su valor iguale al desembolso inicial, y el tiempo que tarden en igualarse será el plazo de recuperación.

Si los flujos de caja “f” fuesen constantes, el plazo de recuperación se puede obtener como sigue:

$$\text{Plazo de recuperación} = \frac{I_0}{f}$$

Siendo I_0 el desembolso inicial o Inversión inicial.

Si los flujos fueran distintos en cada período, se suman simplemente los mismos hasta recuperar la inversión inicial.

Según este criterio, las mejores inversiones son las que tienen menor período de recuperación.

Los inconvenientes son:

a) *No tiene en cuenta el momento en que se producen los flujos de caja, pues se están sumando flujos de dinero de períodos de tiempo distintos (en verdad esto es un error conceptual, pues no se pueden sumar dineros de períodos distintos: \$ 100 de hoy, no es lo mismo que \$ 100 del año que viene).*

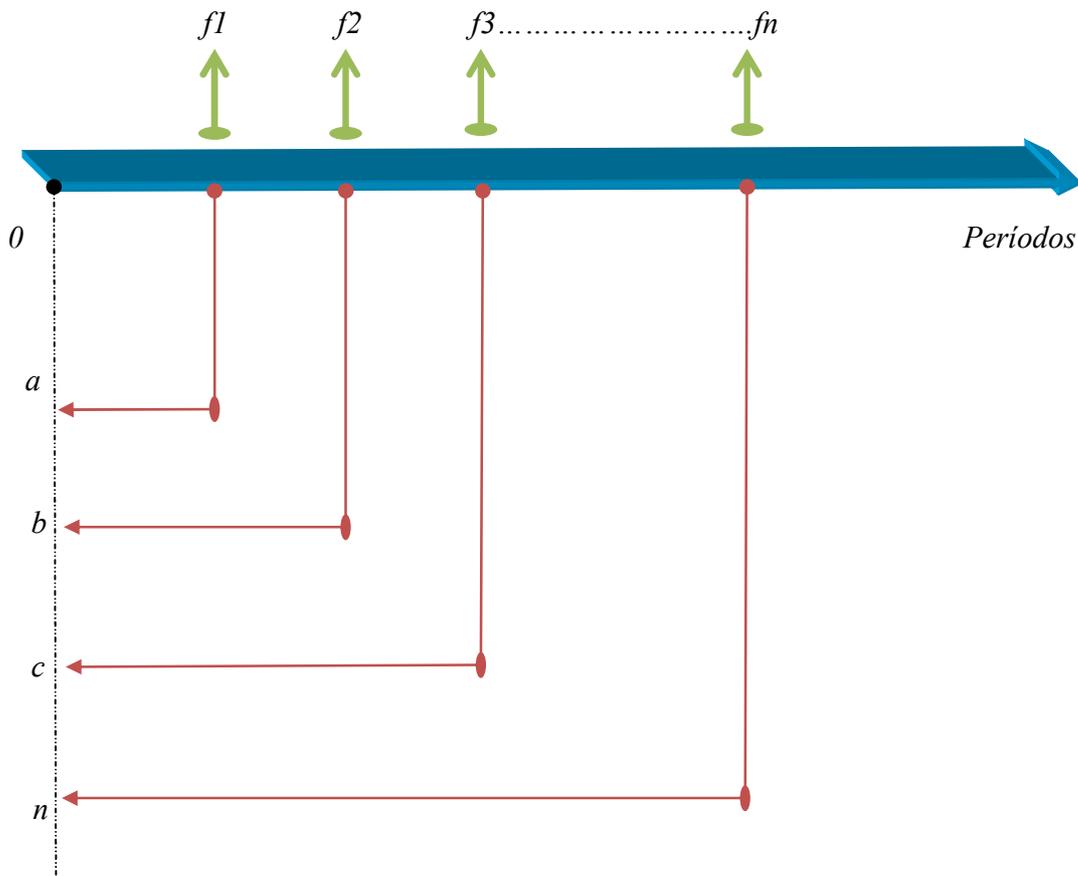
b) *Una vez alcanzado el período de recuperación, las inversiones siguen produciendo flujos que este criterio no tiene en cuenta.*

Período de recuperación ajustado o “Payback” Ajustado

Para calcular el Payback ajustado, lo que se hace es llevar cada uno de los flujos del proyecto al momento inicial, a la tasa de descuento indicada para el proyecto, y luego se van sumando estas actualizaciones hasta cubrir el desembolso inicial o Inversión inicial del proyecto.

Es decir, a diferencia del Payback simple en donde estamos sumando montos de distintos períodos, que no es lo correcto, pero que se utiliza en la práctica para tener una primera aproximación, en el caso del Payback ajustado estaremos sumando montos del mismo período, al momento inicial.

En un eje de tiempo podemos esquematisar:



$$a = \frac{f_1}{(1+i)^1}$$

$$b = \frac{f_2}{(1+i)^2}$$

$$c = \frac{f_3}{(1+i)^3}$$

$$n = \frac{f_n}{(1+i)^n}$$

Período de recuperación ajustado = a + b + c + + n

En consecuencia, cuando la sumatoria de los flujos actualizados alcance el valor de la inversión inicial, habremos recuperado el desembolso realizado para el proyecto.

Tasa interna de rentabilidad (tir)

Como ya mencionamos en la Clase pasada, la Tasa interna de rentabilidad del proyecto "Tir", es aquella tasa de descuento que aplicada al flujo del proyecto, hace que el VAN tome un valor igual a cero.

$$VAN = I_0 + \frac{f_1}{1+Tir} + \frac{f_2}{(1+Tir)^2} + \dots + \frac{f_n}{(1+Tir)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{f_t}{(1+Tir)^t} = 0$$

Entonces, podemos decir que se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. ($VAN = 0$).

Existen diversos métodos para la obtención de la TIR, entre los cuales podemos mencionar (en la clase pasada ya mencionamos algunas formas de calcular la Tir):

Método algebraico para determinar la TIR

Este método se puede usar sólo cuando el proyecto no supera los dos años de vida útil.

1) Un capital de \$100.000 invertido en determinado negocio, durante un año generó un monto (capital más intereses) de \$150.000.

$$0 = \frac{-100}{(1+i)^0} + \frac{150}{(1+i)^1}$$

$$0 = -100 - 100i + 150$$

$$0 = -100i + 50$$

Despejando el valor de i obtenemos:

$$TIR = i = \frac{50}{100} = 0.5 = 50 \%$$

2) *Un capital de \$100.000, se invirtió durante 2 años en un negocio generando un flujo de \$50.000 durante el primer año, y de \$150.000 al cabo del segundo año.*

$$0 = \frac{-100}{(1+i)^0} + \frac{50}{(1+i)^1} + \frac{150}{(1+i)^2}$$

$$0 = -100 - 200i - 100i^2 + 50 + 50i + 150$$

$$0 = -100i^2 - 150i + 100$$

$$0 = -2i^2 - 3i + 2$$

Resolviendo la ecuación usando la fórmula general de la ecuación cuadrática:

$$\text{Siendo: } x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c}}{2.a}$$

Hay dos soluciones que satisfacen matemáticamente el problema (-200% y 50%), pero se opta por la solución positiva considerando que es la solución que tiene un sentido económico, TIR = 50 %.

Las críticas a este método parten de la dificultad del cálculo de la TIR, pues si el proyecto dura 3 años o más, el cálculo algebraico resulta imposible, con lo que las hojas de cálculo y las calculadoras financieras han venido a solucionar este problema de forma fácil.

Método gráfico para encontrar la TIR

Cuando estamos hablando de flujos de 3 años, o más, puede llegar a calcularse por el método de interpolación lineal, o aproximando gráficamente.

Sea un proyecto se presenta los siguientes flujos:

<i>Año</i>	<i>Flujo Caja</i>
0	-\$ 30.000,00
1	\$ 5.000,00
2	\$ 6.000,00
3	\$ 7.000,00
4	\$ 7.500,00
5	\$ 8.000,00
6	\$ 9.000,00

 *Inversión en la máquina = \$ 30.000*

Calculamos el Valor actual para diferentes tasas de descuento, como se muestra en la siguiente tabla:

<i>Tasa Descuento</i>	<i>VAN</i>
0,0%	\$ 12.500,00
0,5%	\$ 11.701,10
1,0%	\$ 10.923,89
1,5%	\$ 10.167,64
2,0%	\$ 9.431,66
2,5%	\$ 8.715,27
3,0%	\$ 8.017,82
3,5%	\$ 7.338,69
4,0%	\$ 6.677,28
4,5%	\$ 6.033,03
5,0%	\$ 5.405,36
5,5%	\$ 4.793,76
6,0%	\$ 4.197,71
6,5%	\$ 3.616,71

7,0%	\$ 3.050,30
7,5%	\$ 2.498,01
8,0%	\$ 1.959,40
8,5%	\$ 1.434,06
9,0%	\$ 921,57
9,5%	\$ 421,53
10,0%	-\$ 66,43
10,5%	-\$ 542,67
11,0%	-\$ 1.007,56
11,5%	-\$ 1.461,43
12,0%	-\$ 1.904,61
12,5%	-\$ 2.337,41
13,0%	-\$ 2.760,15
13,5%	-\$ 3.173,12
14,0%	-\$ 3.576,60
14,5%	-\$ 3.970,87
15,0%	-\$ 4.356,19

Con estos resultados se puede calcular el VAN a diferentes tasas de rendimientos:

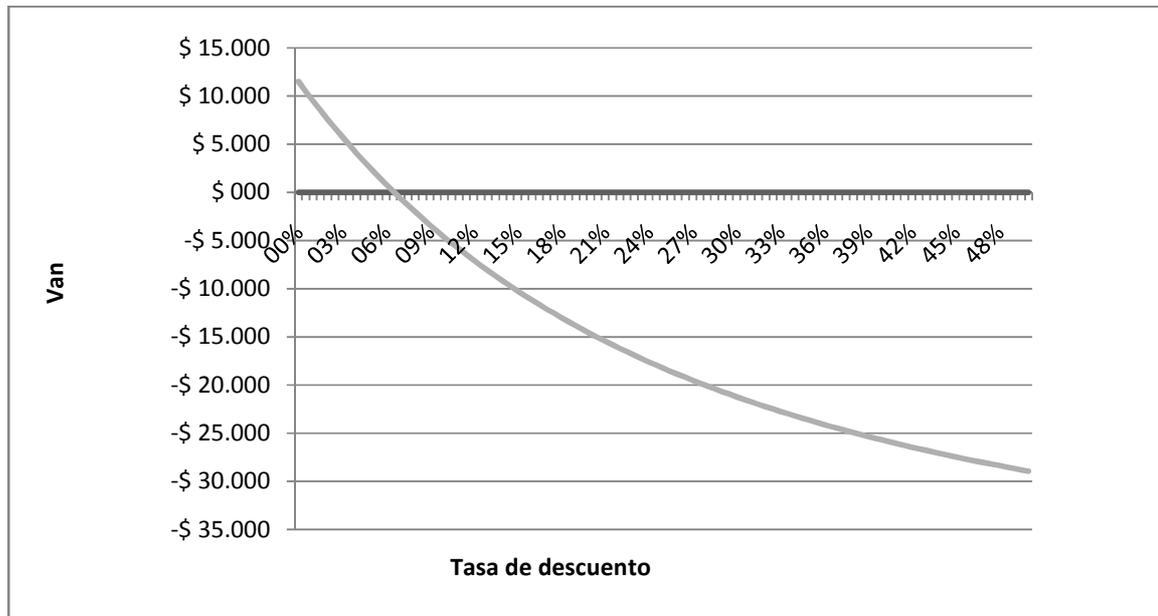
$$VAN_{8\%} = \left[-30.000 + \sum_{t=1}^6 \frac{ft}{(1+0,08)^t} \right]$$

$$VAN_{9\%} = \left[-30.000 + \sum_{t=1}^6 \frac{ft}{(1+0,09)^t} \right]$$

$$VAN_{10\%} = \left[-30.000 + \sum_{t=1}^6 \frac{ft}{(1+0,10)^t} \right]$$

$$VAN_{11\%} = \left[-30.000 + \sum_{t=1}^6 \frac{ft}{(1+0,11)^t} \right]$$

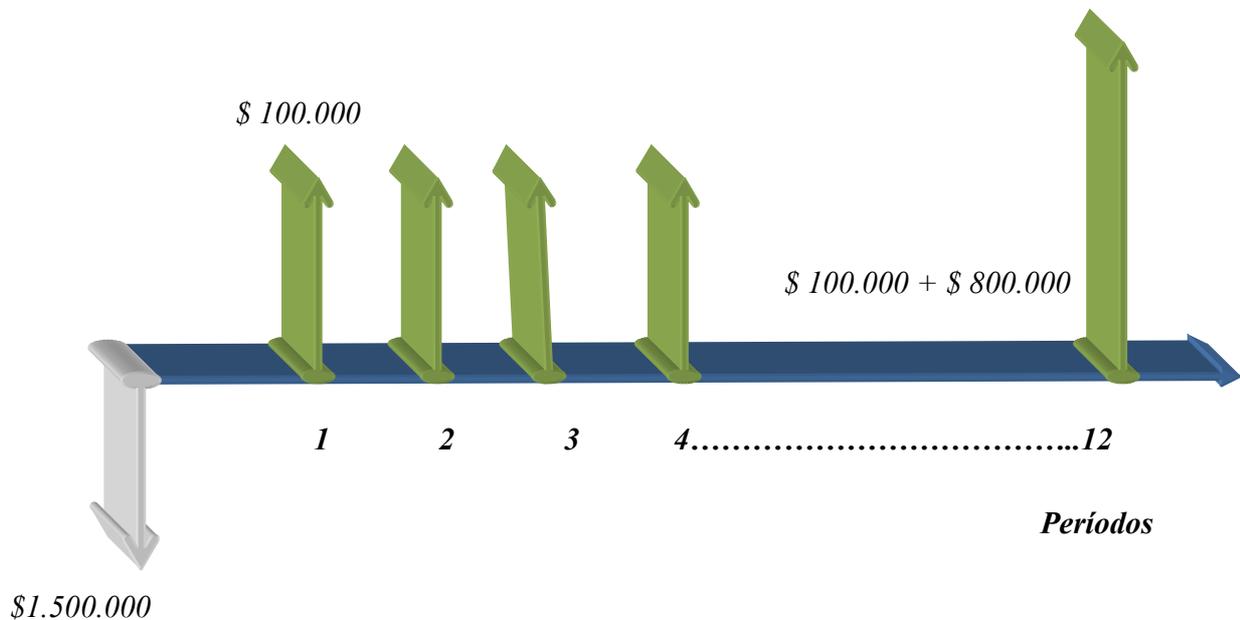
Procedemos entonces a elaborar una gráfica que muestre la tasa de interés en la que el VAN se hace cero:



Se puede observar que la TIR estimada es de aprox. 9,93 %

Interpolación para encontrar valor de la TIR

Sea un proyecto de inversión genera \$100.000 anuales, durante 12 años, y al final de este tiempo, la máquina podrá ser vendida a su Valor residual, en \$800.000 (Valor de recupero de la máquina). Si la inversión en la máquina fue de \$1.500.000, se pide hallar la Tasa Interna de Retorno (TIR).



Entonces:

$$-1.500.000 + 100.000 a_{12|i} + 800.000 (1 + i)^{-12} = 0$$

La forma más sencilla de resolver este tipo de ecuación es escoger dos valores para i no muy lejanos, de forma tal que, al hacerlos cálculos con uno de ellos, el valor de la función en uno sea positivo, y el otro sea negativo.

Tomamos al azar una tasa de interés $i = 3\%$ y se reemplaza en la ecuación de valor, y otra del 4% :

$$-1.500.000 + 100.000 a_{12|3\%} + 800.000 (1 + 0.03)^{-12} = 56.504,30$$

$$-1.500.000 + 100.000 a_{12|4\%} + 800.000 (1 + 0.04)^{-12} = - 61.814,98$$

Ahora se sabe que el valor de la tasa de interés se encuentra entre los rangos del 3% y el 4% , se realiza entonces la interpolación matemática para hallar el valor que se busca.

Si el 3% produce un valor del $\$56.504$, y el 4% un valor de $- 61.815$, la tasa de interés para cero:

$$\left[\begin{array}{l} 3 \text{ ---- } 56.504 \\ i \text{ ---- } 0 \\ 4 \text{ ---- } - 61.815 \end{array} \right]$$

Se utiliza la proporción entre diferencias que se correspondan:

$$\frac{3 - 4}{3 - i} = \frac{56.504 - (-61.815)}{56.504 - 0}$$

Despejando,

$$i = 3.464\% = \text{TIR del Proyecto}$$

Entonces, como ya dijimos la TIR es la tasa “i” tal que $VAN(i) = 0$. Ahora bien, en la realidad no existe una fórmula que permita hacer el cálculo de la TIR directamente, pues normalmente resultan ecuaciones de grado superior a 2 que no se pueden solucionar con una fórmula, quedan planteados polinomios de grado 3 en adelante.

Ya mencionamos que lo que se hace habitualmente es un proceso de tanteo, también llamado de “Prueba y error”, de tal manera que el valor presente neto del flujo del proyecto sea positivo, calculado con una determinada tasa, y negativo cuando se calcula con otra. Esto garantiza que entre estas dos tasas esté la TIR, con la cual el valor presente neto del flujo del proyecto es cero. Es decir, se buscarán i_1 , i_2 , tales que $VAN(i_1) > 0$ y $VAN(i_2) < 0$.

Entonces, $i_1 < TIR < i_2$.

Podemos escribir entonces, en forma general:

$$TIR = i_1 + \left[\frac{VAN(i_1)}{VAN(i_1) + |VAN(i_2)|} \right] \cdot (i_2 - i_1)$$

✓ Criterio de aceptación de un Proyecto según la TIR

Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, también llamada "Tasa de corte", y entre varios proyectos alternativos, el mejor será aquel que ofrezca una TIR mayor.

En consecuencia, se cumple que:

✚ Si Tasa de corte $>$ TIR, el proyecto no conviene, no es bueno económicamente pues significa que la rentabilidad del proyecto es inferior a la tasa de oportunidad de la empresa o el inversor.

✚ Si Tasa de corte $<$ TIR, el proyecto es bueno económicamente, es decir, tiene una rentabilidad mayor que la tasa de oportunidad del inversionista.

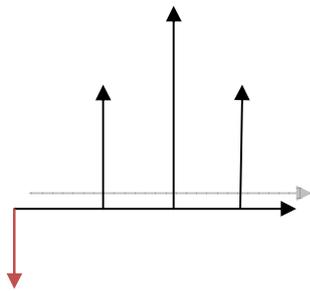
✓ *Inconvenientes con la TIR*

Cuando los proyectos son independientes, los criterios del VAN y del TIR conducen a la misma conclusión. Hay situaciones en las que el criterio del TIR no es válido, y esto sucede cuando los proyectos son mutuamente excluyentes (hay que elegir entre un proyecto u otro) o cuando aparecen tasa de rentabilidades o TIR múltiples. En este caso, el criterio de selección según el VAN lleva a mejores decisiones.

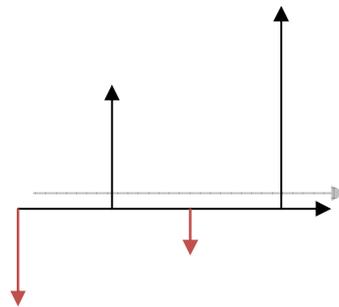
La utilización del método de la TIR, implica resolver la ecuación $VAN(i) = 0$ y puede ocurrir que dicha ecuación tenga varias raíces diferentes o que no tenga raíces reales. Ello quiere decir que un proyecto puede tener varias TIR o no tener TIR.

Si los valores del flujo de fondos neto cambian de signo una sola vez, el proyecto tiene una única TIR, y estos se llaman “flujos convencionales”. Si los valores del flujo de fondos neto cambian de signo varias veces, el proyecto tiene una varias TIR y, si los valores del flujo de fondos neto no cambian de signo, el proyecto no tiene TIR.

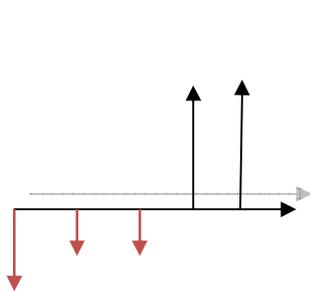
Gráficamente:



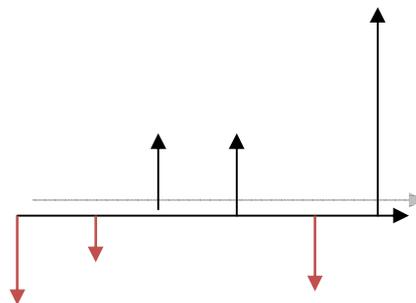
Tiene una sola TIR



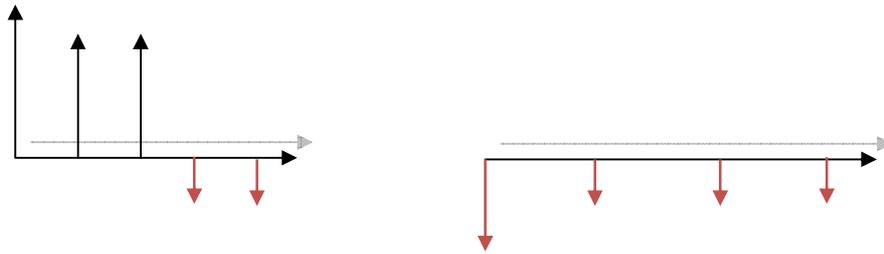
Tiene varias TIR



Tiene una sola TIR



Tiene varias TIR



Tiene una sola TIR

No tiene TIR

✓ *Proyectos mutuamente excluyentes*

El VAN es mejor criterio para selección de proyectos mutuamente excluyentes que la TIR, porque está midiendo el aumento de riqueza de quien invierte. La discrepancia se debe a que ambos criterios miden cosas diferentes. El criterio de la TIR mide la rentabilidad relativa y el criterio del VAN mide la rentabilidad absoluta.

 *El VAN mide las ganancias obtenidas por una inversión, mientras que la TIR mide la rentabilidad del proyecto de inversión en términos porcentuales.*

✚ *El VAN es dependiente del tipo de descuento, y será tanto mayor cuanto menor sea éste. La TIR, por el contrario, es independiente del costo de capital.*

✚ *El conflicto entre estos métodos se debe a diferentes suposiciones con respecto a la tasa de reinversión de los fondos que se van liberando en cada inversión, los fondos que se van liberando del flujo del proyecto. Mientras la TIR supone que los fondos liberados por el proyecto, se reinvierten a la misma TIR durante el resto de vida del proyecto, el VAN supone que la reinversión de los fondos liberados por el proyecto, se hace a la Tasa de corte, o Costo de oportunidad de la empresa o inversionista escogida para evaluar el VAN. Esto puede hacer que las decisiones a tomar respecto de dos proyectos mutuamente excluyentes, sean distintas evaluando por el VAN, que por la TIR. Esto sugiere que es preferible a evaluar con el VAN que con la TIR, pues la reinversión solamente se puede garantizar a una tasa igual al Costo de oportunidad de la empresa, y esto lo incorpora automáticamente el VAN.*

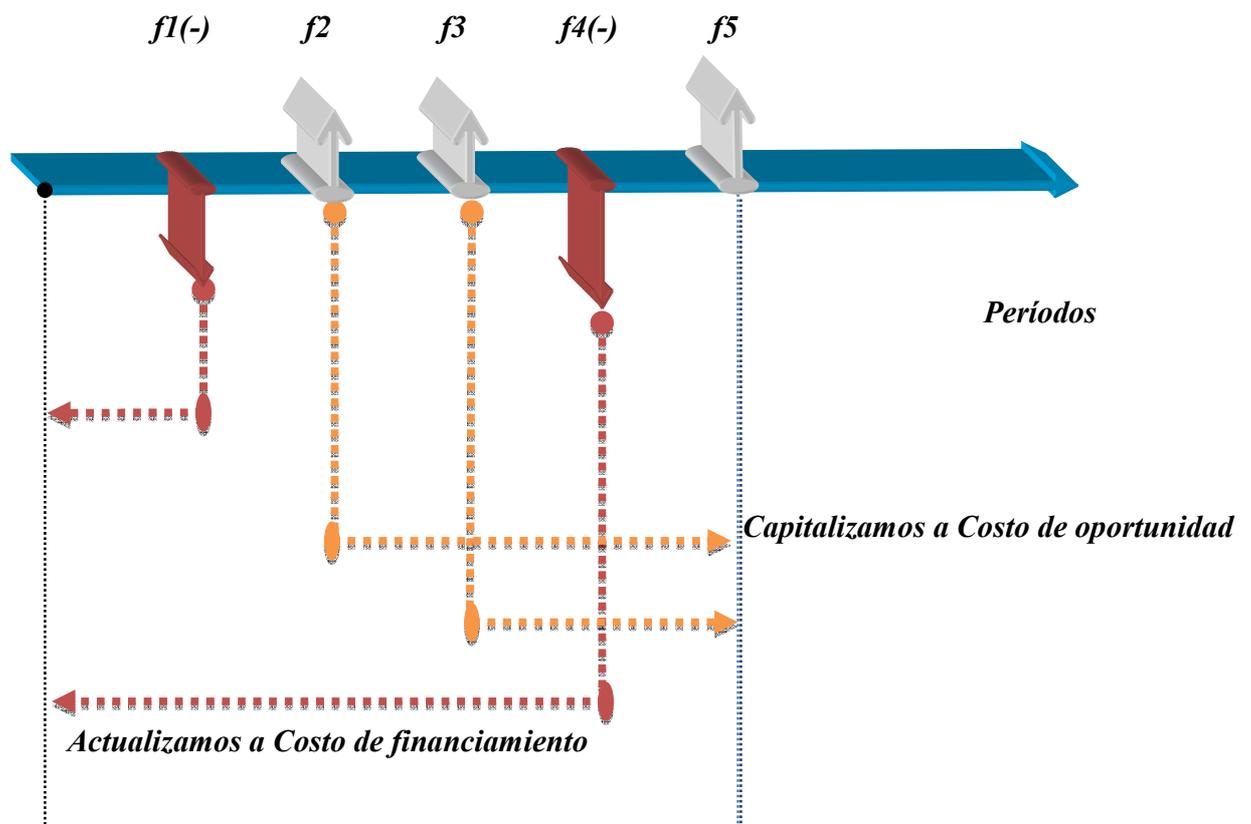
Tasa interna de retorno modificada (tirm)

Cuando se tienen proyectos con flujos negativos y flujos positivos, se tienen tantas TIR como cambios de signos hay en el flujo del proyecto, es decir, se tienen TIR múltiples. Como la toma de decisiones no es posible en el caso de tener múltiples TIR, lo que puede hacerse es transformar los flujos negativos del proyecto en flujos positivos, y luego calcular una única TIR del proyecto, que se la denomina TIR modificada.

*Para construir la TIR modificada se parte de la operación financiera de inversión, que tendrá tanto flujos de caja positivos como negativos. Los flujos negativos se descuentan hasta el origen ($t=0$), a cierta tasa, y los positivos se capitalizan hasta el valor final ($t=n$), a otro tipo de interés. Los flujos negativos se identifican con gastos del proyecto, que se han de financiar a cierta tasa (**tasa de financiamiento "id"**), y los flujos positivos se identifican con ingresos, que son susceptibles de ser invertidos en otros proyectos de inversión, obteniéndose por ello una rentabilidad a cierto tipo de interés (**tasa de reinversión o Costo de oportunidad de la empresa "ir"**).*

Al realizar estos movimientos de capital nos encontramos con una operación compuesta, donde únicamente tenemos un “capital a invertir” en $t=0$ y un único capital C_n en $t=n$. Para calcular la TIR de esta operación se aplica la Ley de Capitalización Compuesta, y despejando el tipo de interés i .

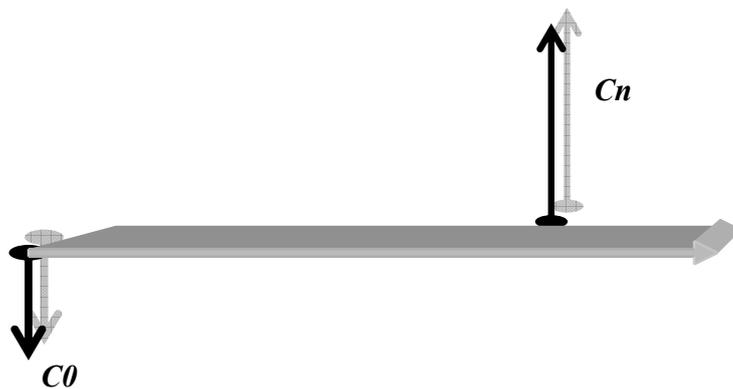
En un eje de tiempo podemos esquematisar un ejemplo con flujos (+) y flujos (-):



$$C_0 = \frac{f_1}{(1+id)} + \frac{f_4}{(1+id)^4}$$

$$C_n = f_2.(1+ir)^3 + f_3.(1+ir)^2 + f_5$$

En consecuencia, podríamos esquematizar en un eje de tiempo:



De aquí despejamos i , que resulta ser la TIR modificada.

$$C_n = C_0 \cdot (1+i)^n$$

$$\frac{C_n}{C_0} = (1+i)^n$$

$$\sqrt[n]{\frac{C_n}{C_0}} = (1+i)$$

$$\left(\sqrt[n]{\frac{C_n}{C_0}} \right) - 1 = i = TIRM$$

Otra forma de calcular la TIRM

Consiste en aplicar directamente la función de Excel.

`=TIRM(flujos;tasa financiamiento;tasa reinversión)`

Lo complicado es determinar la tasa de financiamiento y la tasa de reinversión. Al respecto existen diversas posiciones:

Si el proyecto se financia con recursos de Terceros (Bancos o Entidades financieras) se puede utilizar como tasa de financiamiento la correspondiente al costo aplicado por la entidad financiera que nos está financiando. La tasa de reinversión se correspondería con la rentabilidad obtenida al invertir los flujos de caja positivos, en proyectos alternativos cuya rentabilidad es bien conocida, o el Costo de oportunidad de la empresa.

En ocasiones no están tan claras las tasas de financiamiento y reinversión ya que la empresa no acude al mercado financiero para financiar sus proyectos, sino que se financia con recursos propios. En este caso se utilizará la tasa de descuento que proviene del costo promedio ponderado de los Pasivos de la empresa, y se reinvertirá a la tasa promedio de rentabilidad que se obtenga con los proyectos en marcha de la compañía.

Otra alternativa indica que puede tomarse como referencia, las tasas de financiamiento y reinversión que aplique la competencia (empresas del mismo sector).

La divergencia en las opiniones sobre que tasas aplicar al calcular la TIRM no está terminada. Lo complicado a la hora de calcular la TIR modificada no es la parte técnica, sino la decisión sobre las tasas que se deberían aplicar.

*Cuando los flujos son **todos positivos**, la TIRM puede calcularse como:*

$$TIRM = \left[\sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n ft.(1+ir)^{n-t}}{I_0}} \right] - 1$$

Método de relación “Costo / Beneficio” (b/c)

EN este método se calcula el valor presente neto o valor actual neto de los ingresos (beneficios de proyecto), y el valor presente neto o valor actual neto de los egresos (costos del proyecto), estableciéndose la siguiente relación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{\text{VAN de los Ingresos}}{\text{VAN de los Egresos}}$$

Por lo tanto, se decide sobre un proyecto de la siguiente forma:

 Si $\frac{B}{C} > 1$

El proyecto es conveniente, pues son mayores los beneficios que los costos.

 Si $\frac{B}{C} = 1$

El proyecto es indiferente, o sea que no produce ni ganancia ni pérdida.

 Si $\frac{B}{C} < 1$

El proyecto no conviene, son mayores los costos que los beneficios.

En la siguiente tabla se hace una comparación entre la evaluación financiera-económica y la evaluación social de proyectos, y la decisión posible a cada una de las alternativas.

<i>Proyecto</i>	<i>Evaluación económico-financiera</i>	<i>Evaluación social</i>	<i>Decisión</i>
<i>A</i>	<i>Positiva</i>	<i>Positiva</i>	<p><i>Inversor privado e inversor público interesados en el proyecto.</i></p> <p><i>Estado puede asumir papel de regulador a las iniciativas privadas.</i></p>

			<i>Estado puede imponer niveles impositivos bajos para incentivar al sector privado.</i>
B	Positiva	Negativa	<i>Interés para el sector privado, pues puede obtenerse un rendimiento financiero atractivo.</i>
			<i>Estado debe imponer impuestos y normas que impidan la realización del proyecto, o en su defecto, normas que modifiquen el proyecto, como por ejemplo, una regulación ambiental, o sobre el empleo, entre otras.</i>
C	Negativa	Positiva	<i>No es interesante para los inversores privados.</i>
			<i>Estado puede proponer estrategia de subsidios, o de incentivos para hacerlo atractivo para el sector privado.</i>

			<p><i>Estado puede modificar precios, impuestos, para que el proyecto genere rendimiento atractivo para el sector privado.</i></p>
			<p><i>Ejecución directa del proyecto por parte del Estado.</i></p>
D	Negativa	Negativa	<p><i>No es atractivo para inversor privado.</i></p>
			<p><i>El aporte al bienestar nacional es negativo.</i></p>
			<p><i>Se descarta la búsqueda de los objetivos planteados en el proyecto.</i></p>