

Séptima Unidad

Evaluación del Proyecto

Competencia a formar

- Utilizar las herramientas para establecer la conveniencia de un proyecto desde el punto de vista financiero, asimilándolas de una manera integral, y no interpretarlas como elementos aislados de evaluación.
- Aplicar los criterios de evaluación económica necesaria para la toma de decisiones en cuanto a la conveniencia del proyecto.
- Emplear los criterios que desde el punto de vista social se tienen para evaluar un proyecto, estableciendo su conveniencia para la comunidad.
- Utilizar los mecanismos que, desde el punto de vista ambiental, se deben tener en cuenta para la evaluación del proyecto.

7. LA EVALUACIÓN

La evaluación es la medición de factores concurrentes y coadyuvantes cuya naturaleza permite definir la factibilidad de ejecución del proyecto (Graterol, 2010). La evaluación de un proyecto se fundamenta en la necesidad de establecer las técnicas para determinar lo que está sucediendo y cómo ha ocurrido y apuntar hacia lo que encierra el futuro si no se interviene.

La evaluación de proyectos puede hacerse desde dos puntos de vista no opuestos, pero sí distintos: el criterio privado y el criterio social. De la perspectiva que se tome en la evaluación dependerá la decisión que se tome sobre la realización del proyecto.

7.1 ASPECTOS GENERALES

La evaluación de un proyecto significa analizar el proceso de transformación, de cambio o de mudanza y valorar su significado. En este análisis es necesario obtener y comparar magnitudes, someterlas a juicio y conseguir resultados concretos que señalen cómo se debe proseguir en la transformación de una situación y a costa de qué esfuerzo.

Objetivos de la evaluación

La evaluación de un proyecto persigue los siguientes objetivos:

- Examinar los proyectos vigentes y definir con precisión lo que se pretende con la evaluación y lo que es susceptible de corrección o ajuste a una nueva situación (las prioridades, los objetivos, las estrategias, las asignaciones de recursos y los costos).
- Medir con indicadores los resultados (progresos o retrocesos) de los programas y proyectos, con base en los objetivos inicialmente formulados, controlando su ejecución y ajustando acciones para corregir el desarrollo del programa.
- Determinar la eficacia de las actividades utilizadas y eficiencia de los recursos, en función de los indicadores, de la cantidad empleada de los mismos y de sus costos.

Los elementos principales que la evaluación aporta son:

- *Averiguar*: descubrir y determinar con precisión lo que debe conocerse y medirse.
- *Medir*: utilizar instrumentos de medida (indicadores) para determinar las magnitudes que han de evaluarse.

- *Enjuiciar*: comparar con modelos y extraer el significado cualitativo del hecho comparado.
- *Establecer*: su valor favorable o desfavorable, aceptable o no aceptable.
- *Asegurar*: con certeza y resolución lo que se ha logrado con la evaluación.

De la evaluación de un proyecto se pueden obtener los siguientes resultados:

- Su pertinencia respecto del fin al cual se aplica, en los que se destacan la coherencia y la factibilidad de la relación entre los fines y los medios comprometidos en ese uso.
- La suficiencia y amplitud de los medios empleados para lograr el fin propuesto cuando éste ha sido debidamente valorado.
- El progreso de acción de acuerdo con la medición de los recursos empleados.
- La eficiencia o medida y análisis crítico de los recursos empleados en función de los resultados obtenidos.
- La eficacia o análisis crítico del resultado obtenido en función de los objetivos propuestos.
- El efecto o impacto que ha producido la acción emprendida en función del desarrollo de la población interesada.

Evaluación de las fases

Las fases de un proyecto (diseño, ejecución y término) están sujetas a evaluación, así:

- En el diseño, esta tarea consiste en evaluar alternativas de proyectos para la selección más adecuada.
- La evaluación durante la ejecución (evaluación de procesos) consiste en el seguimiento de la marcha del programa tanto en el aspecto financiero, administrativo, como en lo referente a los sistemas de entrega, con la finalidad de determinar las modificaciones que deben hacerse para que la marcha del proyecto se adecue a los objetivos.
- La valuación al término del proyecto (ex-post), consiste en determinar la eficacia y la eficiencia del proyecto. Cabe señalar que el esfuerzo en desarrollar estrategias evaluativas se concentra en esta etapa.

Estrategias

En la evaluación, al término de un proyecto predominan dos estrategias:

- La *primera* es la que tiene que ver con la detección y cuantificación de impactos (eficacia) del proyecto y proponer diseños que usan indicadores de bienes físicos, entrega de servicios, en que se busca evaluar el cambio establecido en

una o más variables independientes como variable de intervención y actuando con refuerzos positivos o negativos en la población beneficiaria.

- La *segunda* estrategia tiene que ver con la medición de la eficiencia de los proyectos con base en modelos de costo – beneficio y costo – efectividad.

Sin embargo, toda esta información, por sí sola, no permite resolver dos cuestiones importantes:

- Evaluar si el proyecto es conveniente desde un punto de vista financiero, económico, social y ambiental.
- Seleccionar la mejor alternativa entre varios proyectos posibles.

Estas dos cuestiones implican:

- Comparar entre sí los costos, beneficios e inversiones del proyecto.
- Comparar varios proyectos, todos igualmente bien formulados. Ahora bien, *estas comparaciones deben hacerse utilizando criterios uniformes*.

El *primer criterio* de uniformidad es el de utilizar una unidad de medida común para todos los costos y beneficios. Ésta es el dinero, lo cual supone definir cuáles son los *precios relevantes* para cada ítem. El *segundo criterio* a emplear es el supuesto básico de una elección racional: que el dinero de hoy vale más que el dinero de mañana. Dicho razonamiento, conocido como *valor tiempo del dinero*, se justifica en:

- El hecho de que la demora en recibir un dólar representa un costo: si hubiéramos recibido el dinero hoy, podríamos haberlo invertido en alguna colocación que hubiera generado un interés; en consecuencia, recibirlo mañana equivale a la pérdida del interés potencial. La demora tiene un costo de oportunidad que debe valorarse.
- La disposición a ahorrar de los agentes económicos se basa en el principio de que el consumo no realizado en el presente dará la posibilidad de consumir más en el futuro.

Este principio que rige el comportamiento supone un pago por el no consumo presente. Traducido a los proyectos significa que los recursos empleados hoy darán mayor riqueza en el futuro; por lo tanto, el resultado es que los flujos obtenidos en el futuro deberían superar a los recursos que se utilizan hoy para obtenerlos.

La evaluación permite establecer la conveniencia del proyecto desde el punto de vista financiero, económico, social y ambiental.

7.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

El estudio de evaluación económica – financiera es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto para ver si la inversión propuesta será económicamente rentable (Escalona, 2010).

Con la finalidad de determinar las bondades del proyecto, como base para la toma de decisiones de inversión, se deben presentar en primer lugar las proyecciones de los estados financieros —ganancias y pérdidas, flujo de caja para planificación financiera, balance general y flujo neto de efectivo— para medir la rentabilidad de la inversión. Las proyecciones pueden realizarse a precios constantes y/o corrientes; para las últimas deben establecerse y justificarse previamente las hipótesis asumidas para la escalada interna de precios en los diversos componentes de inversión, costos e ingresos.

La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en tiempo que demora la recuperación de la inversión. Todas ellas se basan en el concepto del valor del dinero en el tiempo, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad (otros usos) o financiero (préstamo).

(Complementar con la conversión de tasas de interés en el Complemento Virtual del SIL (Sistema de Información en Línea), numeral 7.1)



Equivalencias entre valor presente y valor futuro

Como se ha establecido, el dinero de hoy vale más que el dinero del futuro, o \$1.000 invertidos al 10% anual es equivalente a \$1.100 dentro de un año. Por otra parte, el pago de \$1.000 dentro de un año, hoy sólo representa \$909.

El valor futuro (VF) de un valor presente (VP) se calcula:

$$VF = (1+i)^n ; VP = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde i es la tasa de interés o costo del dinero y n es el número de periodos.

Ejemplo: VF de un VP

Una empresa debe usar la línea de crédito automático por sobregiro que le ofrece el banco para financiar un proyecto de \$10.000. Si $i=10\%$ y las proyecciones indican que este sobregiro se cubrirá recién al cuarto año, el monto adeudado en ese momento será de:

$$VF(4) = \$10.000 (1+0,1)^4 = \$14.641$$

El valor presente (VP) de un valor futuro (VF) se calcula:

$$VP = VF / (1+i)^n$$

Ejemplo: VP de un VF

Para determinar cuánto se debe depositar hoy para lograr acumular \$18.000 al final de cuatro años si un banco ofrece una tasa de interés del 10%:

$$VP(4) = \$18.000 / (1+0,1)^4 = \$12.294$$

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

Ejemplo: VF de una anualidad

Si en c/u de los siguientes 4 años se depositara \$1.000 a una tasa de interés del 10%, al final del período se tendrá un valor acumulado de \$4.641:

ÍTEM	0	1	2	3
Saldo inicial		1.000	2.100	3.310
Interés		100	210	331
Saldo capitalizado		1.100	2.310	3.641
Depósito	1.000	1.000	1.000	1.000
Saldo final	1.000	2.100	3.310	4.641

Cuando todos los flujos son iguales, el valor actual se puede calcular alternativa-mente por la siguiente ecuación en Excel:

$$= VF (10\%, 4, -1.000) = \$4.641$$

Ejemplo: VP de una anualidad

Si se busca calcular el valor actual de cuatro pagos futuros iguales de \$1.000 c/u, a una tasa del 10%, se obtiene un equivalente actual de \$3.169,87.

La ecuación a usar es:

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

Donde R es el valor del flujo neto de caja, uniforme anualmente, llamado *anualidad*.

$$P = 1.000 \times \frac{1 - (1 + 0,10)^{-4}}{0,10} = \$3.169,87$$

$$\text{O bien, } =VP(10\%,4,-1.000) = \$3.169,87$$

Ejemplo: VP de una serie de pagos no uniformes

Si un proyecto genera cinco flujos de \$2.000, \$2.600, \$3.200, \$3.200, y \$3.200, el valor presente del flujo indicaría, a una tasa de actualización del 10%, un resultado positivo de \$10.544.

Esto se obtiene de actualizar individualmente el valor de cada flujo actual, multiplicándolo por $1/(1+i)^n$. Una alternativa es poner los cinco flujos en cinco celdas de Excel, y usar la fórmula VPN.

$$=VPN(10\%,B1:B5) = \$10.544$$

ÍTEM	1	2	3	4	5	Total
Flujo	2.000	2.600	3.200	3.200	3.200	
Tasa	10%	10%	10%	10%	10%	
Factor actualización	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62	
Valor actual	1.818	2.149	2.404	2.186	1.987	10.544

Técnicas de evaluación financiera

En el marco financiero se estudian los elementos financieros a ser considerados en un proyecto de inversión como resultado de operaciones netamente contables, mostrando las proyecciones del proyecto en materia de ingresos y egresos a través del tiempo e inclusive planteándose necesidades de financiamiento.

Sin embargo, se hace una evaluación financiera de esta información para conocer el valor del proyecto en el tiempo a pesos de hoy (valor presente neto) —o su expectativa de rentabilidad para que un inversionista tome decisiones—. De igual forma, se revelan los índices financieros más significativos para el tratamiento operativo del proyecto en el tiempo.

Entre las técnicas de evaluación financiera de proyectos están: el período de recuperación de la inversión, valor presente neto, razón beneficio costo y tasa interna de retorno.

Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

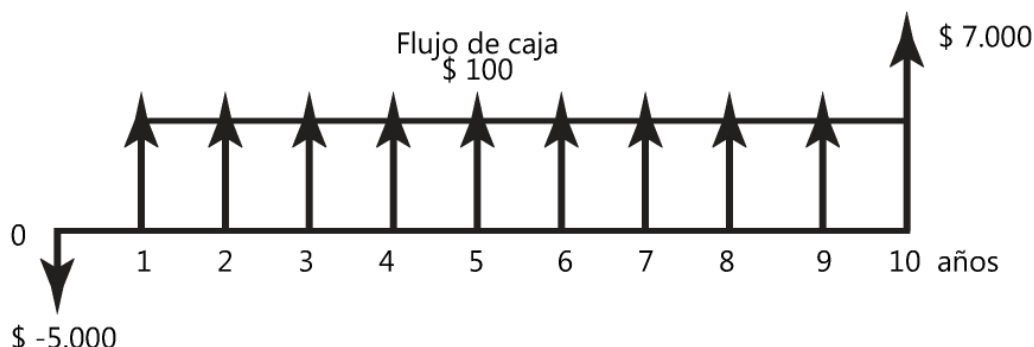
Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial (Vaquiro, 2010). El proceso es muy sencillo: se suman los flujos futuros de efectivo de cada año hasta que el costo inicial del proyecto de capital quede por lo menos cubierto. La cantidad total de tiempo que se requiere para recuperar el monto original invertido, incluyendo la fracción de un año en caso de que sea apropiada, es igual al período de recuperación.

Este indicador presenta las siguientes características:

- Se interpreta como el tiempo necesario para que el proyecto recupere el capital invertido.
- Mide la rentabilidad en términos de tiempo.
- No considera todos los flujos de fondos del proyecto, ya que ignora aquellos que se producen con posterioridad al plazo de recuperación de la inversión.
- No permite jerarquizar proyectos alternativos.
- No considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- La regla de decisión es la siguiente: aceptar los proyectos con $PRI < p$, siendo p el plazo máximo de corte previamente definido.

Para su cálculo se puede dividir la inversión inicial entre los ingresos promedios de caja obtenidos en la vida útil del proyecto.

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ingresos promedios}}$$

*Ejemplo:*

Un inversionista aporta en una sociedad de muebles \$5.000 hoy y espera que le produzcan \$100 anuales durante 10 años y \$7.000 al final de los 10 años. Calcular el período de recuperación de la inversión.

$$\text{PRI} = \frac{\$5.000}{\frac{\$100 \times 10 + \$7.000}{10}} = \frac{\$5.000}{\$8.000} = \frac{\$5.000}{\$800} = 6.25 \text{ años}$$

Teniendo en cuenta la rentabilidad promedio en valores actuales se tiene que:

El período de recuperación de la inversión, PRI, se calcula dividiendo la inversión (\$10.000) por la rentabilidad promedio, en valores actuales (\$2.109), así:

$$\text{PRI} = \$10.000 / (\$2.109) = 4.74 \text{ años}$$

Es un método sencillo que maneja el riesgo de inversión eficazmente; su desventaja radica en que generalmente se desconoce el valor del dinero en el tiempo e ignora el impacto de los ingresos de cajas recibidos después del período de recuperación de la inversión. Por este método se prefieren los proyectos de menor período de recuperación de la inversión.

Valor Presente Neto (VPN)

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión¹⁵. También se conoce como el valor actual neto (VAN), definiéndose como la diferencia entre los ingresos y egresos (incluida como egreso la inversión) a valores actualizados o la diferencia entre los ingresos netos y la inversión inicial. En los programas Excel y Calcule esta función financiera se llama VNA.

En otras palabras, el valor presente neto es simplemente la suma actualizada al presente de todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto. A efectos prácticos, es la suma actualizada de los flujos netos de cada período.

El valor presente neto es el método más conocido y el más aceptado. Mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Interpretación

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{F_n}{(1+r)^n} + I_0$$

¹⁵ De acuerdo al Diccionario Enciclopédico Wikipedia.

Donde:

F_n : flujo de beneficios (o costos) netos para el período t .

i : la tasa de descuento pertinente.

t : el horizonte del proyecto.

I_0 : la inversión inicial (las inversiones que se realizan en un período t están incluidas).

F_t : éste es un término que resta, pues representa una *salida de recursos*.

En resumen, se actualizan todos los flujos netos al momento 0 y se restan las inversiones (que ya están expresadas en moneda del momento 0).

Matemáticamente la ecuación del valor presente se define como:

$$VPN(i) = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t) (1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1+i)^{-t}$$

Donde:

I_t = ingreso efectivamente de caja en el período t .

E_t = egresos pagados de caja en el período t .

i = tasa de interés de actualización.

K_t = inversión realizada en el período t .

n = vida útil del proyecto.

VPN = valor presente neto.

Igualmente, $VPN = \Sigma(VP \text{ Ingresos netos (TIO)} - \text{Inversión inicial})$

$$VPN = \sum \frac{F_n}{(1+i)^{-n}} - \text{Inversión inicial}$$

$$V.P.N. = R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} - \text{Inversión inicial}$$

Donde:

TIO = i = Tasa de interés de oportunidad del inversionista o costo del dinero.

F_n = Futuros flujos netos de efectivo durante la vida útil del proyecto.

R = Futuros flujos netos de efectivo iguales.

Ejemplo para el cálculo del VPN

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

Cálculo del VAN de un proyecto con flujo periódico no uniforme

ÍTEM	0	1	2	3	4	5	VAN
Flujo anual	-10000	2000	2600	3200	3200	3200	
Tasa		10%	10%	10%	10%	10%	
Factor actuali- zación		0.91	0.83	0.75	0.68	0.62	
Valor actual	-10000	1818	2149	2404	2186	1987	544

Hay que tener la precaución de colocar el monto de la inversión en el momento cero, y contabilizar los flujos después del período cero, es decir, al inicio de cada período. Esto es porque las inversiones se realizan por adelantado, mientras que los flujos por lo general se perciben al final de cada año. Lo ideal es construir una tabla como la anterior para asegurarse que cada valor esté en el lugar que corresponda.

En el ejemplo anterior, si la tasa de interés de oportunidad del inversionista es del 5%, calcular el valor presente neto del proyecto.

Como se puede notar, los \$100 recibidos en el año diez no son los mismos \$100 del año uno, implicando una actualización de éstos a la tasa de interés de oportunidad (i), la cual depende de consideraciones económicas contempladas por el mercado de capitales y por el inversionista.

$$\text{VPN (5\%)} = -5.000 + 100 (\text{P/A, 5\%, 10}) + 7.000 (\text{P/F, 5\%, 10})$$

Donde:

(P/A, 5%, 10) = Valor Presente de la anualidad al 5%, durante 10 años.

(P/F, 5%, 10) = Valor Presente de un Valor Futuro del año 10 al 5%.

Los factores se sacan de las tablas de interés, operación que también se puede realizar suministrando los datos a una calculadora financiera, obteniéndose los resultados directamente.

$$\begin{aligned} &= -5.000 + 100 (7,7216) + 7.000 (0,6139) \\ &= -5.000 + 772,16 + 4.297,30 = \$ 69,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De otra forma VPN} &= \$100 \frac{1 - (1 + 0,05)^{-10}}{0,05} + \frac{\$ 7.000}{(1 + 0,05)^{10}} - \$ 5.000 \\ &= \$ 772,16 + \$ 4.297,30 - \$ 5.000 = \$ 69,46 \end{aligned}$$

Esto quiere decir que la inversión real del inversionista con sus rendimientos, retiros y beneficios, equivale en valor de hoy a \$ 69,46.

¿Por qué aceptar los proyectos con VAN positivo? Porque un VAN positivo significa que la suma de los beneficios actualizados del proyecto (en \$ del momento 0) es superior a la suma de los costos actualizados y de las inversiones del proyecto: esto es, *el VAN es una medida de la riqueza acumulada luego del proyecto por encima de su mejor alternativa.*

¿Qué representa exactamente el Valor Presente Neto? El VAN es una medida de la conveniencia de un proyecto porque:

- Toma en cuenta el valor tiempo del dinero:* como en el cálculo del VAN se debe descontar cada flujo, para expresarlo en \$ de hoy, se considera explícitamente el valor del dinero en el tiempo.
- Expresa todos los flujos en valores homogéneos:* al considerar flujos actualizados, se comparan valores homogéneos, no sólo expresados en alguna unidad monetaria sino también en moneda de un solo momento (el presente).
- Incluye todos los beneficios, costos e inversiones en el cálculo, incluso el costo de oportunidad del capital invertido:* este aspecto es sumamente importante para una correcta interpretación del VAN. El flujo de fondos de un proyecto representa lo que queda para el dueño del mismo luego de que a los beneficios del proyecto se le descontaron todos los costos e inversiones: los costos de producción, de administración, de comercialización, los impuestos, etc.

Más aun, la tasa de descuento que se aplica para actualizar los flujos del proyecto representa *el costo de oportunidad del capital (valores monetarios invertidos en el proyecto)*. Esto significa que dicha tasa introduce en el VAN la *tasa alternativa para la colocación de los recursos*, es decir, la rentabilidad que el "dueño" del proyecto toma como referencia.

Ejercicio: Valor Actual Neto (VAN)

(En miles)

Año	Ingreso	Egreso	Flujo Neto	Factor	Van
0	-.-	-.-	-.-	-.-	(12,845.40)
1	5,322.1	3,049.9	2,272.0	0.840	1,908.60
2	6,386.4	3,424.4	2,962.0	0.706	2,091.10
3	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.593	2,204.29
4	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.498	1,851.16
5	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.149	1,557.50
6	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.352	1,308.45
7	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.296	1,100.00
8	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.248	921.80
9	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.208	773.20
10	7,451.0	3,733.8	2,717.2	0.175	650.50
					1,521.4

Para el caso de la tabla anterior, con una tasa de descuento de aproximadamente 19% el resultado es un VAN positivo, por lo que se acepta la ejecución del proyecto. En el año cero (0) aparece la inversión inicial, y a partir del año 1 los flujos resultaron ser positivos, entonces la suma de todos los flujos se le resta a la inversión inicial de \$12,845.4 por ser desembolso, lo que brinda un valor positivo final.

Razón Beneficio Costo (RBC)

La razón beneficio costo, también llamada índice de productividad, es la razón presente de los flujos netos a la inversión inicial. Este índice se usa como medio de clasificación de proyectos en orden descendente de productividad. Si la razón beneficio costo es mayor que 1, entonces acepte el proyecto.

$$RBC = \frac{\sum VP \text{ Ingresos Netos (TIO)}}{\text{Inversión Inicial}}$$

Como puede verse, en este cálculo se utiliza la misma información del valor presente neto.

Siguiendo el ejemplo anterior para el cálculo de la RBC tenemos:

$$RBC (5\%) = (100 (P/A, 5\%, 10) + 7.000 (P/F, 5\%, 10)) / 5.000$$

Donde:

(P/A, 5%, 10) = Valor presente de la anualidad al 5%, durante 10 años.

(P/F, 5%, 10) = Valor presente de un Valor Futuro del año 10 al 5%.

Los factores se sacan de las tablas de interés, operación que también se puede realizar suministrando los datos a una calculadora financiera, obteniéndose los resultados directamente.

$$\begin{aligned} &= (100 (7,7216) + 7.000 (0,6139)) / 5.000 \\ &= (772,16 + 4.297,30) / 5.000 = 5.069,46 / \$ 5.000 = 1,014 \end{aligned}$$

Ejercicio: Relación Beneficio Costo

Relacion B/C (Miles)

Año	Valor de la producción	Factor	Valor actual	Costos totales	Valor actual
0	5,322.1	0.54	4,470.56	12,845.40	12,845.40
1	6,386.4	0.706	4,508.09	3,099.95	2,603.95
2	7,451.0	0.593	4,418.44	5,424.4	3,829.62
3	7,451.0	0.498	3,710.59	3,733.8	2,214.14
4	7,451.0	0.419	3,121.96	3,733.8	1,859.43
5	7,451.0	0.352	2,622.75	3,733.8	1,572.84
6	7,451.0	0.296	2,205.49	3,733.8	1,314.29
7	7,451.0	0.248	1,847.84	3,733.8	1,105.20
8	7,451.0	0.208	1,549.80	3,733.8	925.98
9	7,451.0	0.175	1,303.82	3,733.8	776.63
10				3,733.8	653.41
			29,759.44		16,855.49

Cálculo del índice:

$$BIC = 29.759,44 / 16.855,49$$

$$BC = \underline{1.77}$$

Entonces, por cada dólar que se invierte, se obtiene una ganancia de \$ 0.77 centavos de dólar.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, conocida como la TIR, refleja la tasa de interés o de rentabilidad que el proyecto arrojará período a período durante toda su vida útil.

La TIR se define, de manera operativa, como *la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero*. La relación entre el VAN y la tasa de descuento es una relación inversa, como surge de la fórmula del VAN: un aumento de la tasa disminuye el valor actual neto. Esto, en particular, en los proyectos "bien conformados", es decir, en aquellos que tienen uno o varios períodos de flujos negativos al inicio y luego generan beneficios netos durante el resto de su vida.

¿Cuál es el *criterio* de aceptación/rechazo de proyectos que propone la TIR? La TIR se compara con la tasa de interés relevante (es decir, con la rentabilidad de la mejor alternativa de uso de los recursos que se emplean en el proyecto) y se aceptan todos aquellos en los que la TIR es igual o superior: Así:

- Si un proyecto tiene $TIR > \text{Tasa de interés de oportunidad}$, entonces se puede aceptar.
- Si la $TIR < \text{Tasa de interés de oportunidad}$, se rechaza.
- Si la $TIR = \text{Tasa de interés de oportunidad}$, hay indiferencia frente al proyecto.

Tal como puede apreciarse, en la mayoría de los casos, la condición de elegibilidad es similar a la que surgiría con el uso del VAN, ya que si la TIR es la tasa que hace que $VAN = 0$, entonces cualquier tasa que sea menor o igual que la TIR hará que el VAN sea mayor que 0. Ésta es sólo una consecuencia lógica del criterio: en los proyectos "bien conformados", si se cumple que la TIR es mayor o igual que la tasa relevante, el VAN será mayor o igual a cero.

Sin embargo, a pesar de que en esos casos ambos criterios llevan a la misma (y correcta) decisión, la TIR tiene algunas limitaciones que la hacen menos apta como criterio para seleccionar proyectos. Entre ellas se pueden mencionar:

- *El significado de la TIR puede llegar a ser más confuso que el del VAN a pesar de su aparente simpleza:* si bien desde el punto de vista matemático su significado es claro, conceptualmente hay menos precisión. La TIR puede interpretarse como un promedio ponderado de rentabilidad. Esto implica que al interpretarse su resultado algunos la vean como la máxima tasa que soporta el proyecto, otros como la rentabilidad de los fondos que permanecen invertidos en él (y es un poco ambas cosas).

- *Es posible que aparezca más de una TIR:* en efecto, debido a la lógica matemática implícita en el cálculo de la TIR, un proyecto que no sea “bien conformado” (esto es, que tenga flujos netos negativos intercalados con flujos netos positivos) puede tener tantas tasas internas de retorno como cambios de signo tenga el flujo. Esto implica que es posible la existencia de más de una tasa que haga que el VAN = 0. El problema en ese caso es cuál de las TIR existentes es la relevante para comparar con el costo de oportunidad del capital.
- *La TIR no proporciona buenas indicaciones para el caso de decidir entre dos proyectos alternativos.* En ese caso, guiarse solamente por la TIR puede llevar a seleccionar el peor proyecto, debido a que la conveniencia del mismo puede depender de la tasa relevante.

Una inversión se considera aceptable si la tasa interna de retorno es mayor o igual a la tasa de rendimiento esperada por el inversionista. Se debe calcular para la inversión total, para el proyecto financiado y para los accionistas:

- Tasa interna de retorno de la inversión total: se estima con base en el flujo de efectivo obtenido de las inversiones derivadas de las operaciones normales de la empresa. Puede calcularse antes de impuesto y después de impuesto.
- Tasa interna de retorno del proyecto financiado: se calcula a partir del flujo de efectivo, incluyendo los intereses y la cuota de amortización a pagar por el préstamo solicitado, y se toma en cuenta la inversión realizada con aporte de los accionistas.
- Tasa interna de retorno de los accionistas: se calcula a partir del flujo de efectivo de los accionistas; incluye aporte accionario, dividendos percibidos y valor de salvamento.

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad como un porcentaje. En el primer caso de VAN, cuando se exigía el 10% de retorno a la inversión, el VAN mostró que el proyecto rendía eso y \$544 más. Es decir, daba al inversionista una rentabilidad superior al 10% exigido. Si se quiere conocer la tasa de retorno a la inversión de este proyecto, se obtendrá cuando el valor del VAN sea cero. Esto se puede lograr escribiendo el valor de la inversión más los cinco flujos en celdas de Excel, y usando la ecuación financiera TIR:

$$=TIR = 11,95\%$$

Cálculo de la TIR de un proyecto

ITEM	0	1	2	3	4	5	TIR
Flujo anual	-10000	2000	2600	3200	3200	3200	11.85%

Cuando todo proyecto inicia, se llevan a cabo egresos que se denominan inversiones, las cuales se esperan recuperar en la medida que los ingresos del proyecto así lo permitan; por ello es común escuchar la expresión "todo negocio al principio da pérdidas" y realmente lo que sucede es que se está recuperando la inversión sin que se obtengan grandes beneficios (utilidades).

De allí que sea necesario conocer la tasa de interés con que el inversionista estaría recuperando su inversión para que tome la decisión de invertir en el proyecto o si, por el contrario, esa tasa es tan baja que le conviene dejar su dinero en un banco ganando interés o en otras inversiones.

Matemáticamente se define como aquella tasa que se aplica a los valores presentes netos de la inversión, o sea, a las diferencias entre los ingresos y egresos de cada período de vida útil del proyecto.

Dada la ecuación:

$$\sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t) (1 + TIR)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1 + TIR)^{-t} = 0$$

Donde:

- I_t = ingresos efectivamente entrados en caja en el período t.
- E_t = egresos efectivamente pagados en el período t.
- K_t = monto de la inversión realizada en el período t.
- TIR = tasa interna de retorno.
- n = vida útil del proyecto, incluido el período de la inversión.

Es conveniente considerar la inversión como realizada en una misma fecha con el propósito de facilitar el cálculo. Sin embargo, si la inversión se define durante un período bastante largo, por ejemplo la financiación de una máquina en cuotas a pagar, sumará egresos y sólo contemplará como inversión la cuota inicial.

La ecuación quedará:

$$\sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t) (1 + TIR)^{-t} - K = 0$$

Hasta aquí se ha enmarcado la TIR dentro de un contexto general y cualitativo que dificulta su cálculo; de allí que se deba recordar cómo un proyecto de inversión tiene, además de su TIR, dos tasa de interés que son objeto de análisis antes de su evaluación. Todo inversionista tiene una tasa superior que le ayuda a definir la rentabilidad promedio de un proyecto dentro de un sector específico. Es así como se dice que un proyecto puede tener más de una tasa de retorno, las cuales

deben ser consideradas como resultado de hacer análisis matemático a la ecuación anterior; de tal forma que la TIR aproximadamente será:

$$\text{TIR (aproximada)} = j + \text{Dsj} \frac{\sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t)}{\text{VPN}(j) \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t) - \text{VPN}(j) \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t)}$$

Donde:

j: tasa inferior. Contemplada por el inversionista como mínima para recuperar su inversión.

s: tasa superior. La cual es conocida como rentable para los proyectos similares de inversión.

Podemos entonces decir que:

$$\text{VPN (TIR)} = 0 = \sum (\text{VP Ingresos netos (TIR)} - \text{Inversión inicial}) = 0$$

La TIR se puede conseguir ensayando con diferentes tasas de interés hasta conseguir aquella con la que se cumpla la ecuación anterior o también utilizando una calculadora financiera a la cual se le suministra la información arrojando el resultado directamente.

En el ejemplo anterior, al calcular la tasa interna de retorno del proyecto, se tiene que:

La tasa interna de retorno (i) será aquella con la que se cumpla que:

$$0 = -5.000 + 100 (P/A, i\%, 10) + 7.000 (P/F, i\%, 10)$$

El inversionista considera como mínima una tasa del 5%; de allí que:

$$\begin{aligned} 0 &= -5.000 + 100 (772,16) + 7.000 (0,6136) \\ 69,46 &= -5.000 + 772,16 + 4.297,30 \end{aligned}$$

Se acerca a cero, requisito para encontrar la TIR; sin embargo, hay unidades a considerar en una tasa superior, la cual se estima en 6%.

$$\begin{aligned} 0 &= -5.000 + 100 (P/A, 6\%, 10) + 7.000 (P/F, 6\%, 10) \\ -355,20 &= -5.000 + 100 (7,36) + 7.000 (0,5584) \end{aligned}$$

Se aleja el cálculo de cero pero por debajo. Si se aplica la ecuación se encontrará:

$$\begin{aligned} \text{TIR (aproximada)} &= 0,05 + (0,06 - 0,05) * 69,46 / 69,46 - (-355,20) \\ &= 0,05 + 0,01 * 69,46 / 89,46 + 355,20 = 0,05 + 0,01 * 69,46 / 424,66 \\ &= 0,05 + 0,01 (0,16) = 0,0516 \end{aligned}$$

O sea que:

$$\$ 100 \frac{1 - (1 + 0.0516)^{-10}}{0.0516} + \frac{\$ 7.000}{(1 + 0.0516)^{10}} - \$ 5.000 = 0$$

Lo que significa que la TIR equivale a 5,16%, de manera que el inversionista recibirá ese dinero con un interés del 5,16%, superior al que considera atractivo.

Adicionalmente, la TIR suele interpretarse erróneamente. Si a un inversionista se le pregunta qué significa que un proyecto tenga una TIR del 10%, seguramente señalará que su inversión le dará una rentabilidad similar a ese porcentaje. Si bien esto es cierto, no significa que si el inversionista coloca 100 pesos en el año cero, tenga 121 en el año 2. ¿Por qué razón? Porque la TIR, tal como lo señala su propio nombre, es una tasa interna, es decir, representa la rentabilidad de los fondos invertidos en el proyecto y no la rentabilidad de la inversión inicial.

Ésta es una diferencia sustancial con el VAN. Mientras que éste indica cuánto más rico se puede llegar a ser con respecto a la inversión alternativa, la TIR arroja una medida extraña de la rentabilidad de los flujos invertidos.

Para saber en realidad cuánto más próspero se puede llegar a ser, se debe realizar una combinación entre los flujos que se mantienen dentro del proyecto y los que salen de él y se aplican en una inversión alternativa.

Ejercicio: Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, o es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Para aplicar la TIR se parte del supuesto que el VAN=0, entonces se buscará encontrar una tasa de actualización con la cual el valor actualizado de las entradas de un proyecto se haga igual al valor actualizado de las salidas.

La ecuación de la TIR es la siguiente: