# III. Métodos de Evaluación

En el capítulo anterior se presento el concepto de equivalencia, en donde se convertía una serie de flujo de caja en una cantidad o en otra serie de flujo equivalente, lo que creaba la necesidad de desarrollar formulas de interés compuesto.

En el presente capítulo se explican cuatro formas posibles de comparar las alternativas propuestas que implican distintas series de flujo de caja. Estas formas son:

1. Método del Valor Presente Neto

2. Método del Valor Anual Equivalente

3. Método de la Tasa Interna de Rendimiento

4. Método de la Relación Beneficio-Costo

Los métodos anteriores son equivalentes, es decir, se llegará a la misma decisión al utilizar cualquiera de ellos. La selección de cuál método usar dependerá del problema que se vaya a analizar, de las preferencias del analista y, de cuál arroja los resultados en una forma fácilmente comprendida.

## 3.1. Método del Valor Presente Neto (VPN)

Este Método consiste en determinar una cantidad equivalente en el momento actual ($t=0$) de una serie de flujo de caja que genera una alternativa. La Figura 3.1. muestra el diagrama de flujo de caja para el Valor Presente Neto.

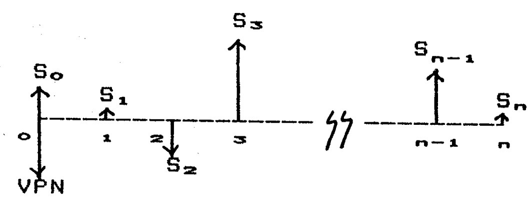



Figura 3.1. Diagrama de flujo de caja para VPN

El Valor Presente Neto se puede expresar de la siguiente forma:

$$VPN = S_o + S_1(P/F,i,1) + \ldots + S_n(P/F,i,n)$$

$$= S_o + \sum_{t=1}^{n} S_t(P/F,i,t)$$

Pero como, $(P/F,i,t) = 1 / (1+i)^t$

$$VPN = S_o + \sum_{t=1}^{n} \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Donde,
- $VPN$ = Valor Presente Neto
- $S_o$ = Inversión inicial
- $S_t$ = Flujo de caja neto del período t
- $n$ = Número de períodos de vida de la alternativa
- $i$ = Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TRMA)

La tasa de recuperación mínima atractiva (TRMA) la puede establecer fácilmente la empresa al considerar factores tales como la disponibilidad de dinero, el riesgo que representa un determinado proyecto y la tasa de inflación prevaleciente en la economía nacional.

El método del valor presente neto presenta las siguientes características:

1. Seleccionando un valor adecuado de "i" se considera el valor del dinero a través del tiempo.

2. Es siempre único, independientemente del comportamiento que siga la serie de flujo de caja de la alternativa.

3. En la mayoría de los casos, el valor presente neto con respecto al interés se comporta como se muestra en la Figura 3.2.

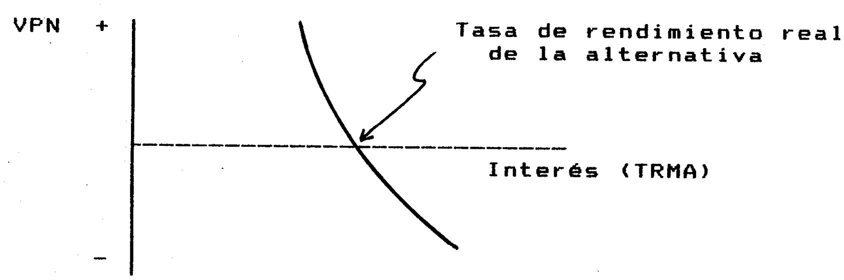
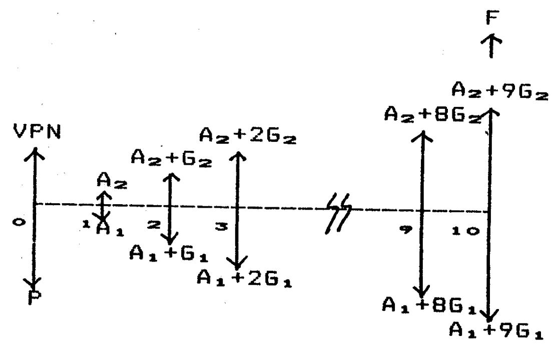



Fig. 3.2. Comportamiento VPN-TRMA

### 3.1.1. Evaluación de un proyecto individual

Cuándo el valor presente neto es positivo, significa que el rendimiento que se espera obtener del proyecto es mayor a la tasa de recuperación mínima atractiva (TRMA) requerida por la empresa.

**3.1.** Suponga que cierto proyecto de inversión requiere de una inversión inicial de 10 millones. Sus gastos de operación y mantenimiento son de 2 millones para el primer año, y se espera que estos costos crezcan en el futuro a una razón 200 mil anuales. La vida estimada del proyecto es de 10 años al final de los cuales su valor de rescate se estima de 5 millones. Finalmente, suponga que los ingresos que genera este proyecto son de 5 millones, el primer año y se espera en lo sucesivo que éstos aumenten a una razón constante de 400 mil/año. Si la TRMA es de 25%, ¿Debería este proyecto ser aceptado?




P = 10'000,000
F = 5'000,000
$A_1$ = 2'000,000
$G_1$ = 200,000
$A_2$ = 5'000,000
$G_2$ = 400,000
i = 0.25
n = 10 años

$$VPN = -P - A_1*(P/A,i,n) - G_1*(P/G,i,n) + F*(P/F,i,n)$$
$$+ A_2*(P/A,i,n) + G_2*(P/G,i,n)$$

$$(P/F,i,n) = \frac{1}{(1+0.25)^{10}} = 0.1074$$

$$(P/A,i,n) = \left[\frac{(1+0.25)^{10} - 1}{0.25*(1+0.25)^{10}}\right] = 3.5705$$

$$(P/G,i,n) = \frac{1}{0.25}*\left[\frac{(1+0.25)^{10} - 1}{0.25} - 10\right]*\left[\frac{1}{(1+0.25)^{10}}\right]$$
$$= 9.9870$$

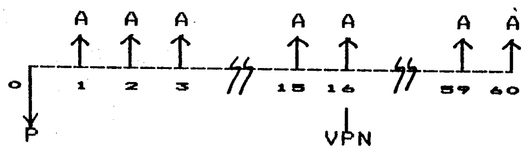
$$VPN = -10'000 - 2'000*(3.5705) - 200*(9.9870)$$
$$+ 5'000*(0.1074) + 5'000*(3.5705) + 400*(9.9870)$$

$$= -10'000,000 - 7'141,000 - 1'997,400 + 537,000$$
$$+ 17'852,500 + 3'994,800$$

$$VPN = 3'245,900$$

Como el Valor Presente de la propuesta de inversión es mayor que cero, entonces se recomienda emprender el proyecto.

**3.2.** Una persona ha solicitado un préstamo de 60 millones a una tasa de interés de 1.5% mensual y a un plazo de 5 años. Esta persona desea devolver el préstamo en 60 mensualidades iguales. Si esta persona después de haber hecho 15 pagos mensuales, decide pagar en un solo pago (al final del mes 16) el saldo de la deuda, ¿Cuánto tendría que pagar?




P = 60'000,000
i = 0.015

Amortizaciones para n = 60 mensualidades:

$$A = P*(A/P,i,n)$$

$$A = 60'*\left[\frac{0.015*(1+0.015)^{60}}{(1+0.015)^{60} - 1}\right] = 60'*(0.02539)$$

$$= 1'523,400$$

Valor Presente Neto para 45 mensualidades restantes:

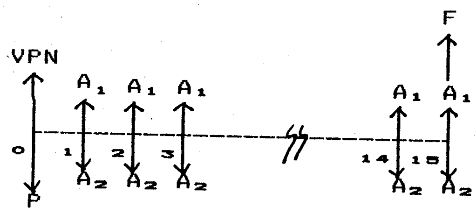
$$VPN = A*(P/A,i,n)$$

$$VPN = 1'523,400*\left[\frac{(1+0.015)^{45}-1}{0.015*(1+0.015)^{45}}\right]$$

$$= 1'523,400*(32.5523) = 49'590,174$$

Se tendría que pagar la cantidad de \$49'590,174 para saldar la cuenta en el mes 16.

**3.3.** Un inversionista está considerando la compra de un edificio con seis departamentos, que se ofrece en venta por 400 millones. Debido a su proximidad a una universidad local, se espera que el edificio esté siempre ocupado. Los ingresos mensuales se estiman en 4.2 millones y los egresos por mantenimiento se estiman en 800 mil. El inversionista estima que la propiedad se puede vender en 850 millones al final de 15 años. Use una TRMA del 9% anual para determinar si el inversionista le conviene comprar la propiedad.




P = 400'000,000
F = 850'000,000
$A_1$ = 50'400,000
$A_2$ = 9'600,000
i = 0.09
n = 15 años

$$VPN = F*(P/F,i,n) + A_1*(P/A,i,n) - A_2*(P/A,i,n) - P$$

$$(P/F,i,n) = \frac{1}{(1 + 0.09)^{15}} = 0.2745$$

$$(P/A,i,n) = \frac{(1 + 0.09)^{15} - 1}{0.09*(1 + 0.09)^{15}} = 8.0607$$

$$VPN = 850'000*(0.2745) + 50'400*(8.0607)$$
$$- 9'600*(8.0607) - 400'000,000$$
$$= 233'325,000 + 406'259,280 - 77'382,720$$
$$- 400'000,000$$
$$= 162'201,560$$

Como el Valor Presente Neto de la propuesta de inversión es mayor que cero, entonces se recomienda emprender la inversión.

### 3.1.2. Evaluación de proyectos mutuamente exclusivos

El significado de proyectos mutuamente exclusivos quiere decir que la selección de una alternativa impide seleccionar cualquier otra.

Existen varios métodos equivalentes para la selección de proyectos mutuamente exclusivos, estos son:

- Valor presente neto de la inversión total

- Valor presente neto del incremento de la inversión

- **Valor presente neto de la inversión total**

En este método se determina el valor presente neto de la serie de flujo de caja que genera cada alternativa y entonces se selecciona aquella que cumpla en base a nuestro criterio de eficiencia económica.

Conviene señalar que el valor presente neto de la alternativa seleccionada deberá ser mayor que cero, ya que se obtiene un rendimiento mayor que la TRMA; si en todas las alternativas existen valores presentes negativos se puede considerar la alternativa "no hacer nada". Si en las alternativas que se tienen solamente se conocen los gastos, la alternativa "no hacer nada" no se puede considerar, forzosamente se tendrá que seleccionar la alternativa que tenga el menor valor presente neto.

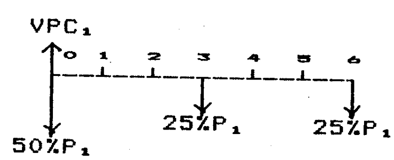
3.4. Un contratista obtuvo cotizaciones para una pavimentación de asfalto de acuerdo con una especificación. Tres subcontratistas dieron los siguientes precios y términos de pago:

| | |
|---|---|
| Subcontratista 1. | Precio: $ 700'000,000<br>Calendario de pagos:<br>50% de inmediato<br>25% dentro de 3 meses<br>25% dentro de 6 meses |
| Subcontratista 2. | Precio: $ 675'000,000. Pago inmediato |
| Subcontratista 3. | Precio: $ 690'000,000<br>Calendario de pagos:<br>25% de inmediato<br>75% dentro de 3 meses |

El contratista usa una tasa de interés nominal de 12% anual capitalizado cada mes, en este tipo de análisis. ¿Qué subcontratista debe obtener el trabajo?

Como tenemos una situación en la que hay una tarea que debe lograrse el criterio para la eficiencia económica es el de minimizar el valor presente de los costos.

Subcontratista 1:




interés mensual

$$= \frac{0.12}{12} = 0.01$$

$$VPC_1 = 0.50P_1 + 0.25P_1(P/F,i,3) + 0.25P_1(P/F,i,6)$$

$$VPC_1 = P_1 * \left[0.50 + 0.25*\frac{1}{(1+0.01)^3} + 0.25*\frac{1}{(1+.01)^6}\right]$$

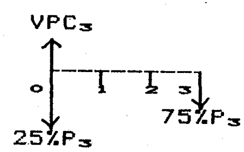
$$= 700' * (0.50 + 0.2426 + 0.2355)$$

$$= 700' * 0.9781 = 684'670,000$$

Subcontratista 2:

$$VPC_2 = P_2 = 675'000,000$$

Subcontratista 3:




$$VPC_3 = 0.25P_3 + 0.75P_3(P/F,i,3)$$

$$VPC_3 = P_3 * \left[0.25 + 0.75*\frac{1}{(1+0.01)^3}\right]$$

$$= 690' * (0.25 + 0.7279)$$

$$= 690' * 0.9779 = 674'751,000$$

Como el menor Valor Presente de los costos es el de la Subcontratista 3 es la que escogemos como la mejor alternativa.

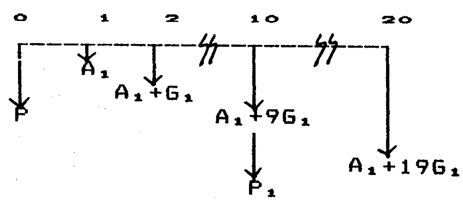
**3.5.** Se están considerando dos sistemas alternativos de abastecimiento de agua para una pequeña comunidad. Compare los valores presentes de los costos de 20 años de servicio usando una TRMA de 10%.

El sistema A requiere una inversión inicial de 250 millones con reposición de ciertos elementos al final de 10 años a un costo esperado de 70 millones. Los costos anuales de operación y mantenimiento se espera que sean de 50 millones el primer año y se espera que aumenten en 2 millones cada año posterior.

El sistema B requiere una inversión inicial de 300 millones y se espera que dure los 20 años completos sin reposiciones de importancia. Los egresos anuales de operación y mantenimiento se espera que sean de 40 millones el primer año y aumenten a 1.5 millones cada año posterior. Ninguno de los sistemas tendrá valor residual neto al final del período de 20 años.

Como tenemos una situación en la que hay una tarea que debe lograrse el criterio para la eficiencia económica es el de minimizar el valor presente de los costos.

Sistema A




$P_A$ = 250'000,000
$P_1$ = 70'000,000
$A_1$ = 50'000,000
$G_1$ = 2'000,000

$$VPC_A = P + P_1(P/F,i,n) + A_1(P/A,i,n) + G_1(P/G,i,n)$$

$$(P/F,i,10) = 1/(1+0.10)^{10} = 0.3855$$

$$(P/A,i,20) = \left[\frac{(1+0.10)^{20}-1}{0.10*(1+0.10)^{20}}\right] = 8.5136$$

$$(P/G,i,20) = \frac{1}{0.10} * \left[\frac{(1+0.10)^{20} - 1}{0.10} - 20\right] * \left[\frac{1}{(1+0.10)^{20}}\right]$$

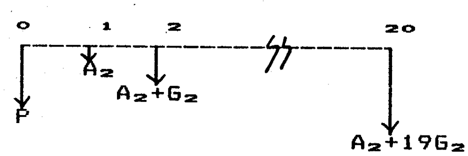
$$= 55.4069$$

$$VPC_A = 250' + 70'*(0.3855) + 50'*(8.5136) + 2'*(55.4069)$$

$$= 250'000,000 + 26'985,000 + 425'680 + 110'813,800$$

$$= 813'478,800$$

Sistema B




P = 300'000,000
$A_2$ = 40'000,000
$G_2$ = 1'500,000

$$VPC_B = P + A_2(P/A,i,n) + G_2(P/G,i,n)$$

$= 300'000 + 40'000*(8.5136) + 1'500*(55.4069)$

$= 300'000 + 340'544,000 + 83'110,350$

$= 723'654,350$

Como la alternativa B resulta la de menor costo presente, esta es la elegida.

**- Valor presente neto del incremento de la inversión**

En este método se determina si se justifica el incremento de inversión que demandan las alternativas de mayor inversión.

Lo primero que se debe de hacer es justificar la alternativa base y determinar la serie de flujo de caja de la diferencia entre las dos alternativas analizadas. Enseguida se determina si el incremento en la inversión se justifica. El incremento en la inversión se considera aceptable si su rendimiento excede la TRMA.

El procedimiento a seguir para la aplicación de este método sería:

1. Poner las alternativas en orden ascendente de acuerdo a su inversión inicial.

2. Seleccionar como la mejor alternativa aquella de menor costo.

3. Comparar la mejor alternativa con la siguiente de acuerdo al ordenamiento del paso 1. La comparación entre estas dos alternativas se basa en determinar el valor presente neto del incremento de la inversión. Si este valor presente neto es mayor que cero, entonces la alternativa retadora se transforma en la mejor alternativa. Por el contrario, si el valor presente neto del incremento en la inversion es negativo, entonces la mejor alternativa sigue siendo la defensora y la retadora se elimina de posterior consideración.

4. Repetir el paso 3 hasta que todas las alternativas disponibles hayan sido analizadas. La alternativa que maximiza el valor presente neto y proporciona un rendimiento mayor que la tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA), es la alternativa de mayor inversión cuyos incrementos de inversión se justifican.

3.6. Un inversionista pagó 12 millones a una compañía consultora para analizar lo que podía hacer con una pequeña área de tierra en las afueras de un pueblo que podía comprar por 120 millones. En su informe, los consultores le sugieren cuatro alternativas:

| Alternativa | Inversión total | Beneficio anual neto uniforme | Valor terminal después de 20 años |
|---|---|---|---|
| A: No hacer nada | 0 | 0 | 0 |
| B: Comercio | 200' | 12' | 530' |
| C: Gasolinera | 380' | 38' | 530' |
| D: Pequeño motel | 600' | 42' | 1,500' |

La inversión total incluye terreno y las estructuras, pero no incluye los 12 millones de honorarios a la compañía consultora.

Suponiendo que la tasa rendimiento mínima atractiva (TRMA) es del 10% ¿Qué debe hacer el inversionista?

La alternativa A representa la alternativa "no hacer nada". Por lo general, una de las alternativas factibles en cualquier situación es permanecer en el estado actual y no hacer nada. En este problema, el inversionista podría decidir que la alternativa más atractiva es no comprar la propiedad para desarrollarla. Es claro que ésta es una decisión de "no hacer nada". Obsérvese, sin embargo que aun cuando no haga nada, el resultado total no será muy satisfactorio. Esto se debe al hecho de que el inversionista gastó 12 millones por el consejo profesional sobre los posible usos de la propiedad.

Si se aplican los pasos para el criterio del valor presente del incremento en la inversión a las alternativas mostradas, los cálculos que resultan son los siguientes:

$$(P/A,i,n) = \frac{(1+0.10)^{20} - 1}{0.10(1+0.10)^{20}} = 8.5136$$

$$(P/F,i,n) = 1/(1+0.10)^{20} = 0.1486$$

$$\begin{aligned} VPN_B &= -P_B + A_B(P/A,i,n) + F_B(P/F,i,n) \\ &= -200' + 12'*(8.5136) + 530'*(0.1486) \\ &= -200'000,000 + 102'163,200 + 78'758,000 \\ &= -19'078,800 \end{aligned}$$

Puesto que el valor presente neto de la alternativa de menor inversión es negativa, entonces es eliminada, la alternativa A sigue siendo hasta el momento la mejor. Analizando la alternativa C tenemos:

$$VPN_C = -P_C + A_C(P/A,i,n) + F_C(P/F,i,n)$$

$$= -380' + 38' * (8.5136) + 530' * (0.1486)$$

$$= -380'000,000 + 323'516,800 + 78'758,000$$

$$= 22'274,800$$

Puesto que el valor presente neto es positivo, entonces, esta alternativa es mejor que la alternativa "no hacer nada". Por consiguiente, la mejor alternativa hasta el momento es la C, la cual pasa a ser considerada como la alternativa defensora y la alternativa D pasa a ser la alternativa retadora, es decir, la alternativa D se va a comparar con la C de acuerdo a una base incremental:

$$VPN_{D-C} = -P_{D-C} + A_{D-C}(P/A,i,n) + F_{D-C}(P/F,i,n)$$

$$= \left[-600' - (-380')\right] + (42' - 38') * (8.5136)$$

$$+ (1,500' - 530') * (0.1486)$$

$$= -220'000,000 + 34'054,400 + 144'142,000$$

$$= -41'803,600$$

Puesto que el valor presente neto es negativo, entonces, la alternativa D es eliminada. La alternativa C se transforma en la mejor alternativa. De acuerdo al paso 4 cuando todas las alternativas has sido consideradas, la mejor alternativa es la que maximiza el valor presente y proporciona un rendimiento mayor que TRMA. Por consiguiente, la alternativa C es la óptima del conjunto de alternativas mostradas. La decisión recomendada al aplicar este criterio será igual a la obtenida al utilizar el valor presente de la inversión total. Lo anterior significa que ambos criterios son equivalentes.

3.7. Una contratista ha ganado el concurso para construir un túnel en las montañas, de 10 kms. de largo. Durante el período de cinco años de construcción, necesitará agua de un río cercano. Construirá una tubería para traer el agua hasta el área principal de construcción. El siguiente es un análisis de los costos de los diferentes tamaños de tubería:

| | Tamaño de la tubería | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2" | 3" | 4" | 6" |
| Alternativa | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Costo de tubería y bombas instaladas | - 66'000 | - 69'000 | - 75'000 | - 90'000 |
| Costo por hora bombeo | - 3'600 | - 2,000 | - 1,500 | - 1,200 |

La tubería y la bomba tendrán un valor de recuperación, después de los cinco años, igual al costo de removerlas. La bomba opera durante 2,000 horas al año. La tasa de interés más baja a la que el contratista está dispuesto a invertir su dinero, es de 7% anual. Puede calcularse el valor presente del incremento de los costos de bombeo por 5 años.

Como la alternativa "no hacer nada" no es considerada, entonces la alternativa 1 se transforma en la mejor alternativa, es decir, inicialmente la alternativa 1 es la defensora y la alternativa 2 la retadora. Aplicando el valor presente sobre una base incremental a estas alternativas se obtiene:

$$VPC_{3"-2"} = (P_{3"}-P_{2"}) + (A_{3"}-A_{2"})(P/A,i,n)$$

$$(P/A,i,n) = \frac{(1+0.07)^5 - 1}{0.07(1+0.07)^5} = 4.10$$

Amortizaciones = Costo por hora*Número de horas de bombeo al año

$$= \left[-69'-(-66')\right] + \left[-2,000-(-3,600)\right]*2,000*(4.10)$$

$$= -\ 3'000,000 + 13'120,000 = 10'120,000$$

Puesto que el valor presente del costo es positivo, la alternativa 1 se elimina de posterior consideración. Por consiguiente, la alternativa 2 se convierte en la defensora y la alternativa 3 pasa a ser la retadora. Ahora, si se comparan estas alternativas sobre una base incremental se obtiene:

$$VPC_{4"-3"} = (P_{4"}-P_{3"}) + (A_{4"}-A_{3"})*(P/A,i,n)$$

$$= \left[-75'-(-69')\right] + \left[-1,500-(-2,000)\right]*2,000*(4.10)$$

$$= -\ 6'000,000 + 4'100,000 = -\ 1'900,000$$

Puesto que el valor presente del costo es negativo, la alternativa 3 se elimina de posterior consideración. Por consiguiente, la alternativa 2 seguirá siendo la defensora y la alternativa 4 pasa a ser la retadora. Ahora, comparando las alternativas sobre una base incremental:

$$VPC_{6''-4''} = (P_{6''}-P_{4''}) + (A_{6''}-A_{4''}) * (P/A,i,n)$$

$$= \left[-90'-(-75')\right] + \left[-1,200-(-1,500)\right] * 2,000 * (4.10)$$

$$= -\ 15'000,000 + 2'460,000 = -\ 12'540,000$$

Como el valor presente del costo es negativo, la alternativa 4 es desechada. Puesto que ya no existen más alternativas, entonces la alternativa 2 es la selección óptima.

### 3.1.3. Período de análisis

En los análisis económicos es necesario analizar las diferentes alternativas sobre el mismo período de análisis, para que las comparaciones sean válidas.

Existen tres situaciones diferentes encontradas en los problemas de análisis económico, respecto al período de análisis.

- La vida útil de cada alternativa es igual al período de análisis.
- Las alternativas tienen vidas útiles distintas al período de análisis.
- Existe un período de análisis infinito.

El período de análisis para un estudio económico debe determinarse a partir de una situación especifica de la empresa.

**- Vida útil de cada alternativa igual al período de análisis**

Cuándo el período de análisis coincide con la vida útil de cada una de las alternativas se tiene una situación ideal. El estudio económico esta basado en este período de análisis.

**- Alternativas con vidas útiles diferentes al período de análisis**

Si las alternativas no tienen la misma vida útil, debe emplearse alguna de las siguientes técnicas para alcanzar un período de análisis:

1. Supuesto de proyectos repetidos. Se basa en que la alternativa de menor vida útil será sustituida por un modelo idéntico que tenga la misma serie de flujo de caja. El período de análisis resulta de comparar la serie de flujo de caja durante un período divisible por igual entre las vidas útiles de las alternativas (mínimo común múltiplo).

2. Supuesto del período de servicio. Se basa en que las alternativas tendrán un período de análisis igual al período de servicio requerido para dicho análisis. Se prescindirá del servicio al final del período de análisis.

3. Supuesto de la mejor sustitución posible. Se basa en el reemplazo de un modelo idéntico de la mejor alternativa en las alternativas analizadas cuándo estas llegan al final de su vida útil.

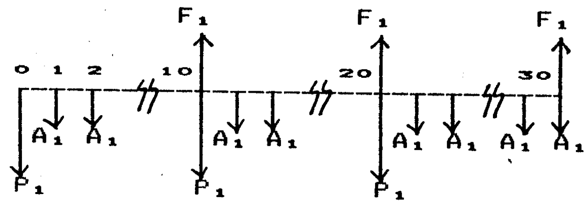
3.8. Un ingeniero cuenta con dos cotizaciones para la instalación de un ascensor en un nuevo edificio. Las cotizaciones, además de su propia evaluación son las siguientes:

| | Cotizaciones | | Estimaciones del ingeniero | |
|---|---|---|---|---|
| Alt. | Costo con instalación | Vida de Servicio | Costo anual de operación y reparación | Valor de recuperación al final de la vida de servicio |
| 1 | 350'000 | 10 años | 20'000 | 25'000 |
| 2 | 420'000 | 15 años | 22'000 | 35'000 |

El ingeniero hará un análisis de valor presente neto usando una tasa de interés del 10%. Prepárese el análisis y determinese que cotización debe aceptarse.

- Método de proyectos repetidos (Mínimo Común Múltiplo igual a 30 años).

Alternativa 1:




$P_1 = 350'000,000$
$F_1 = 25'000,000$
$A_1 = 20'000,000$

$$(P/F,i,10) = 1/(1+0.10)^{10} = 0.3855$$

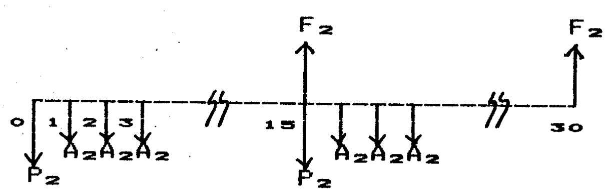
$$(P/F,i,20) = 1/(1+0.10)^{20} = 0.1486$$

$$(P/F,i,30) = 1/(1+0.10)^{30} = 0.0573$$

$$(P/A,i,30) = \left[\frac{(1+0.10)^{30} - 1}{0.10*(1+0.10)^{30}}\right] = 9.4269$$

$$VPN_1 = P_1 + (P_1-F_1)(P/F,i,10) + (P_1-F_1)(P/F,i,20)$$
$$- F_1(P/F,i,30) + A_1(P/A,i,30)$$
$$= 350' + (350'-25')*(0.3855) + (350'- 25')*(0.1486)$$
$$- 25'*(0.0573) + 20'*(9.4269)$$
$$= 350'000,000 + 125'287,500 + 48'295,000$$
$$- 1'432,500 + 188'538,000$$
$$= 710'688,000$$

Alternativa 2:




$P_2 = 420'000,000$
$F_2 = 35'000,000$
$A_2 = 22'000,000$

$$(P/F,i,15) = 1/(1+0.10)^{15} = 0.2394$$

$$VPN_2 = P_2 + (P_2-F_2)(P/F,i,15) - F_2(P/F,i,30)$$
$$+ A_2(P/A,i,30)$$

$= 420' + (420'-35')(0.2394) - 35'(0.0573)$

$+ 22'(9.4269)$

$= 420'000,000 + 92'169,000 - 2'005,500$

$+ 207'391,800$

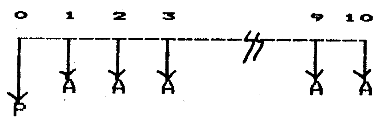
$= 717'555,300$

La ventaja del valor presente neto de la alternativa 1 sobre la alternativa 2 durante 30 años de servicio es:

$717'555,300 - 710'688,000 = 6'867,300$

- Comparación del período de servicio.

Suponiendo valores de recuperaciones iguales a cero para ambas alternativas, después de 10 años de servicio:




$$(P/A,i,10) = \left[\frac{(1+0.10)^{10} - 1}{0.10(1+0.10)^{10}}\right]$$

$= 6.1446$

Alternativa 1:

$VPN_1 = P_1 + A_1(P/A,i,10)$

$VPN_1 = 350' + 20'(6.1446) = 350'000 + 122'892$

$= 472'892,000$

Alternativa 2:

$VPN_2 = P_2 + A_2(P/A,i,10)$

$VPN_2 = 420' + 22'(6.1446) = 420'000 + 135'181$

$= 555'181,000$

El valor de recuperación "S" correspondiente a la alternativa 2 que haría $VP_2$ igual a $VP_1$ es:

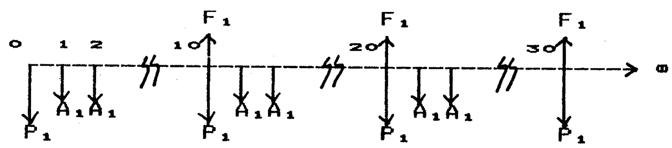
$VPN_1 = VPN_2 - S(P/F,i,10)$

$$S = \frac{555'181 - 472'892}{0.3855} = 213'460,441$$

Lo que indica que la alternativa 2 es preferible a la alternativa 1 cuando el valor de reventa de 2 al final de los 10 años es más de "S" más elevado que el valor de reventa de 1 en el mismo momento. La ventaja de calcular este nivel de aspiración consiste en evitar hacer estimaciones de "S"; solamente se requiere un juicio acerca de si "S" excederá una determinada cantidad, el valor de aspiración.

– La sustitución mejor posible para $A_2$ es $A_1$, como resulta evidente por los cálculos anteriores, a menos de que se sepa que pasados 15 años habrá una sustitución disponible todavía mejor (siendo 15 años la vida económica de $A_2$). Suponiendo que $A_1$ es lo mejor disponible, el valor presente neto puede calcularse para cualquier período de estudio que conceda un servicio equivalente para las dos alternativas. Un período de estudio infinito resuelve el caso de todos los múltiplos de vidas posibles, así

Alternativa 1:

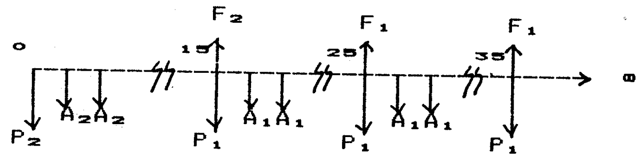



$(P/A,i,\infty) = 1/i$
el cuál se demuestra en la sección del período de análisis infinito

$$(A/P,i,10) = \frac{0.10(1+0.10)^{10}}{(1+0.10)^{10} - 1} = 0.1627$$

$$VPN_1 = P_1 + (P_1 - F_1)(A/P,i,10)(P/A,i,\infty)(P/F,i,10)$$
$$+ A_1(P/A,i,\infty)$$
$$= 350' + (350' - 25')(0.1627)(1/0.10)(0.3855)$$
$$+ 20'(1/0.10)$$
$$= 350'000 + 203'840 + 200'000 = 753'840,000$$

Alternativa 2:




$$(P/A,i,15) = \frac{(1+0.10)^{15} - 1}{0.10(1+0.10)^{15}} = 7.6061$$

$$(P/F,i,25) = 1/(1+0.10)^{25} = 0.0923$$

$$\begin{aligned}
VPN_2 &= P_2 + A_2(P/A,i,15) - F_2(P/F,i,15) \\
&\quad - F_1(A/P,i,10)(P/A,i,\infty)(P/F,i,25) \\
&\quad + P_1(A/P,i,10)(P/A,i,\infty)(P/F,i,15) \\
&\quad + A_1(P/A,i,\infty)(P/F,i,15) \\
&= 420' + 22'(7.6061) - 35'(0.2394) \\
&\quad - 25'(0.1627)(1/0.10)(0.0923) \\
&\quad + 350'(0.1627)(1/0.10)(0.2394) \\
&\quad + 20'(1/0.10)(0.2394) \\
&= 420'000,000 + 167'334,200 - 8'379,000 \\
&\quad - 3'754,303 + 136'326,330 + 47'880,000 \\
&= 759'407,227
\end{aligned}$$

La diferencia entre el valor presente neto del servicio perpetuo de las alternativas 1 y 2, indica que si las alternativas futuras no son mejores que los que actualmente están disponibles, la ventaja de 1 sobre 2 no puede ser mayor de

$$759'407,227 - 753'840,000 = 5'567,227.$$

Los tres métodos para evaluar las alternativas de vida diferente muestran la misma preferencia entre ellas mismas, pero el valor numérico de la ventaja depende de cual supuesto de sustitución se utilice:

- Supuesto de proyectos repetidos.
- Supuesto del período de estudio.
- Supuesto de la mejor sustitución posible.

### 3.1.3. Período de análisis infinito

Algunas veces se encuentran en la práctica proyectos cuyas vidas se puede considerar indefinidas, o más específicamente, infinitas. Ejemplos de estos tipos podrían ser las presas, los puentes, etc.

Este análisis se le conoce como costo capitalizado. Costo capitalizado es la suma presente de dinero que será necesario invertir ahora para que proporcione, a alguna tasa de interés, los fondos necesarios para dar un servicio u otro, por un tiempo indefinido. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo capitalizado} = VPN = A\ (P/A,i,\infty)$$

Pero como,

$$(P/A,i,\infty) = \frac{(1+i)^{\infty} - 1}{i\ (1+i)^{\infty}}$$

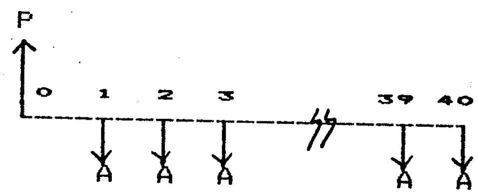
y si se divide el numerador y denominador por $(1+i)^{\infty}$, obtenemos

$$\text{Costo capitalizado} = A \left[\frac{1 - 1/(1+i)^{\infty}}{i}\right]$$

Lo cual se reduce a

$$\text{Costo capitalizado} = A\ /\ i$$

**3.9.** Cuesta 350 millones construir un edificio que tiene una vida útil estimada de 40 años. Su mantenimiento cuesta 7 millones anuales. Al final de su vida útil se demolerá y se construirá otro edificio. Se supone que la construcción que lo reemplace tiene el mismo costo inicial, el mismo costo anual de mantenimiento y la misma vida útil que el edificio original. Empleando una tasa de interés del 8%, calcúlese el costo capitalizado.




$$\text{Costo capitalizado} = \frac{A}{i} = \frac{7'000,000}{0.08}$$

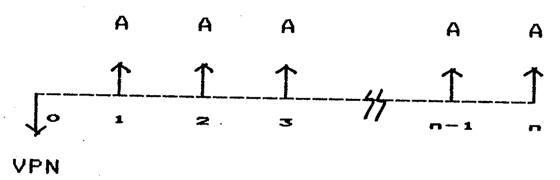
$$= 87'500,000$$

## 3.2. Método del Valor Anual Equivalente (VAE)

El objetivo de este método será convertir una serie de flujo de caja en otro equivalente que tenga costo o beneficio anual equivalente.

En los cálculos del VAE existen algunos puntos esenciales:

1. Existe una relación directa entre el VPN y el VAE. En la Figura 3.3. se muestra del diagrama de flujo para este cálculo.




donde A representa el Valor Anual Equivalente

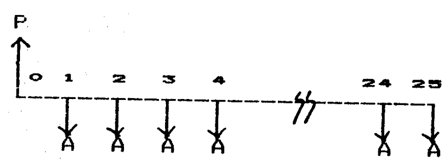
Figura 3.3. Diagrama de flujo de caja que relaciona el VPN y el VAE

2. En un problema, un gasto de dinero hace que aumente el costo del VAE, mientras que un ingreso hace que aumente el beneficio del VAE.

3. Cuándo existe una serie de flujo de caja irregular durante el período de análisis, conviene resolver el problema determinando primero el VPN y después calcular el VAE.

### 3.2.1. Evaluación de un proyecto individual

**3.10.** Una cierta compañía requiere de un nuevo almacén. El almacén puede ser construido a un costo de 80 millones. Si el horizonte de planeación es de 25 años, ¿Cuál es el costo del valor anual equivalente, tomando una tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) del 9%?.

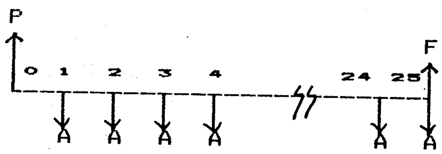



$$(A/P,i,n) = \frac{0.09(1+0.09)^{25}}{(1+0.09)^{25} - 1} = 0.1018$$

VAE costos = A = P*(A/P,i,n)

= 80'*(0.1018) = 8'144,000

**3.11.** Del mismo ejemplo 3.10., si suponemos que existe un valor de recuperación de 340 millones al final del horizonte de planeación, ¿Cuál es su costo del valor anual equivalente?




$$(A/F,i,n) = \frac{0.09}{(1+0.09)^{25} - 1} = 0.0118$$

$$\text{VAE costos} = A = P*(A/P,i,n) - S*(A/F,i,n)$$

$$= 80'*(0.1018) - 340'*(0.0118)$$

$$= 8'144,000 - 4'012,000 = 4'132,000$$

### 3.2.2. Evaluación de proyectos mutuamente exclusivos

Los tipos de problemas a resolver para la selección de una alternativa por este Método, se pueden presentar en diferentes formas:

- Los ingresos y gastos son conocidos

- Solamente los gastos son conocidos

**- Los ingresos y gastos son conocidos**

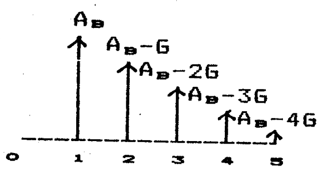
La alternativa seleccionada será aquella que maximice el beneficio anual equivalente menos el costo anual equivalente, siempre y cuando esta anualidad sea positiva.

3.12. Una empresa está tratando de decidir cuál de un par de alternativas se debe instalar para reducir sus costos en una situación particular. Las dos alternativas cuestan 3.5 millones y tienen vidas útiles de cinco años, sin valor de recuperación. Se espera que la alternativa A se obtengan ahorros anuales de 1 millón. La alternativa B proporcionará ahorros de 1.24 millones el primer años, pero disminuirá 150 mil cada año, de modo que los ahorros del segundo año sean de 1.09 millones, los del tercer año de 940 mil, etc. ¿Qué alternativa debe comprar la empresa si la tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) es de 7% ?.

Alternativa A:

$\text{VAE benef.}_A = A_A = 1'000,000$

Alternativa B:




$$VAE\ benef._B = A_B - G*(A/G,i,n)$$

$$(A/G,i,n) = \frac{1}{0.07} * \left[ 1 - 5*\frac{0.07}{(1+0.07)^5 - 1} \right]$$

$$VAE\ benef._B = 1'240,000 - 150,000*(1.8650)$$

$$= 1'240,000 - 279,750 = 960,250$$

Para maximizar el VAE de los beneficios debe seleccionarse la alternativa A.

Es fácil convertir los resultados del método del valor anual equivalente en resultados de valor presente. Se podría convertir un flujo de caja anual en un valor presente de manera sencilla usando el factor del valor presente de una serie.

$$(P/A,i,n) = \frac{(1+0.07)^5 - 1}{0.07(1+0.07)^5} = 4.1002$$

$$VP\ benef._A = A_A*(P/A,i,n) = 1'000,000*(4.1002)$$

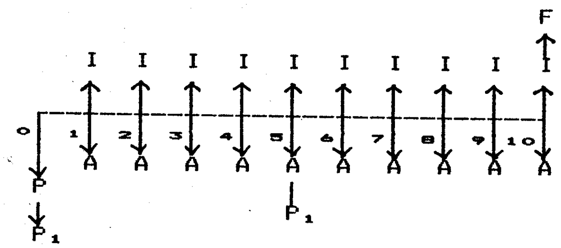
$$= 4'100,200$$

$$VP\ benef._B = A_B*(P/A,i,n) = 960,250*(4.1002)$$

$$= 3'937,217$$

La alternativa A es la que maximiza el valor presente de los beneficios.

**3.13.** Una compañía hotelera está considerando la posibilidad de construir un nuevo hotel en un complejo turístico. El costo inicial de este hotel de 200 cuartos se estima en 8,800 millones y la amueblada, la cual es conveniente realizar cada cinco años se estima en 880 millones. Los costos anuales de operación se estima que serían del orden de 1,760 millones, y la cuota diaria que se piensa cobrar es de 70 mil. Por otra parte, esta compañía utiliza un período de análisis de 10 años para evaluar sus proyectos de inversión. Por consiguiente, para este problema en particular la compañía estima que el valor de rescate del hotel después de 10 años de uso es de 880 millones y el valor de rescate de los muebles después de 5 años de uso es prácticamente nulo. Estimando una razón de ocupación diaria de 50%, 70%, 80% y 90%, una tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) de 20% y 365 días de operación al año, ¿debería el hotel ser construido?.




$P$ = 8,800'000,000
$P_1$ = 880'000,000
$A$ = 1,760'000,000
$I$ = Beneficios según ocupación diaria
$F_1$ = 880'000,000

Valores anuales equivalentes de los costos (VAEcostos):

$$\text{VAE costos} = P*(A/P,i,10) + P_1*(A/P,i,10) + P_1*(P/F,i,5)*(A/P,i,10) + A$$

$$(P/F,i,5) = 1/(1+0.20)^5 = 0.4019$$

$$(A/P,i,10) = \frac{0.20(1+0.20)^{10}}{(1+0.20)^{10} - 1} = 0.2385$$

$$\text{VAE costos} = 8{,}800'(0.2385) + 880'(0.2385) + 880'(0.4019)*(0.2385) + 1{,}760'$$

$$= 2{,}098'800{,}000 + 209'880{,}000 + 84'350{,}772 + 1{,}760'000{,}000$$

$$= 4{,}153'030{,}772$$

Valores anuales equivalentes de los beneficios (VAE beneficios):

$$\text{VAE benef.} = I + F*(A/F,i,10)$$

$$(A/F,i,10) = \frac{0.20}{(1+0.20)^{10} - 1} = 0.0385$$

VAE benef. = I + 880'(0.0385) = I + 33'880

Donde I = % de Ocupación*No. de Cuartos*Cuota diaria*Días al año

= % de Ocupación*200*70,000*365

= % de Ocupación*(5,110'000,000)

El criterio para la eficiencia económica corresponde maximizar (VAE benef. - VAE costos).

Ocupación diaria del 50% :
(VAEbenef. - VAEcostos) = 0.50*(5,110'000,000)

- 4,153'030,772

= - 1,598'030,772

Ocupación diaria del 70% :
(VAEbenef. - VAEcostos) = 0.70*(5,110'000,000)

- 4,153'030,772

= - 576'030,772

Ocupación diaria del 80% :
(VAEbenef. - VAEcostos) = 0.80*(5,110'000,000)

- 4,153'030,772

= - 65'030,772

Ocupación diaria del 90% :
(VAEbenef. - VAEcostos) = 0.90*(5,110'000,000)

- 4,153'030,772

= 445'969,228

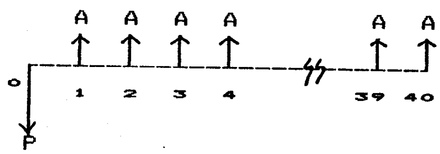
El hotel debería ser construido si se presentara una ocupación diaria del 90%.

**3.14.** Se desea determinar la altura óptima de un edificio cuya vida esperada es de 40 años al término del cual su valor de rescate se considera despreciable. La información que se tiene disponible es la siguiente:

| | Número de pisos | | |
|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 |
| Inversión inicial | 240’ | 300’ | 380’ |
| Ingresos netos/año | 55’ | 70’ | 85’ |

Si la tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) es de 20%, seleccione la altura óptima del edificio.

El criterio para la eficiencia económica será el de maximizar (VAE benef. - VAE costos).



VAE costos = A = P*(A/P,i,n)

$$(A/P,i,n) = \frac{0.20(1+0.20)^{40}}{(1+0.20)^{40} - 1} = 0.2001$$

$(VAEb - VAEc)_{3\ pisos}$ = 55’000 - 240’000*(0.2001)

= 55’000 - 48’024 = 6’976,000

$(VAEb - VAEc)_{4\ pisos}$ = 70’000 - 300’000*(0.2001)

= 70’000 - 60’030 = 9’970,000

$(VAEb - VAEc)_{5\ pisos}$ = 85’000 - 380’000*(0.2001)

= 85’000 - 76’038 = 8’962,000

Como la cantidad que maximiza (BAUE - CAUE) es la alternativa para 4 pisos, esta es la escogida.

**- Solamente los gastos son conocidos**

Cuándo cada una de las alternativas que se están analizando producen los mismos beneficios, y los cuáles son muy difíciles de estimar, entonces las alternativas deberán ser juzgadas de acuerdo a sus costos anuales equivalentes.

En el caso de conocer solamente los gastos, se deberá seleccionar la alternativa de menor costo. La alternativa "no hacer nada" no se puede considerar.

**3.15.** Un servicio de estimaciones para contratista se propone suministrar un servicio adicional a sus clientes. Además de la rutina normal de realización de estimaciones, se ofrecerá un servicio adicional de seguimiento consistente en revisar los registros de cada proyecto, y analizar los costos reales en relación con los costos estimados. Con base en la carga de trabajo que se espera para los tres años próximos, la proposición podría ser llevada a cabo por:

a). Una secretaria y un empleado, con un total de salarios directos e indirectos de 2.4 millones por mes, y usando equipo manual, cuyo costo inicial es de 2.8 millones.

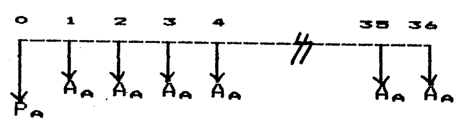
b). Una secretaria, con salario mensual total de 1.25 millones usando equipo computarizado cuyo precio es de 16 millones, y tiene un costo de mantenimiento de 300 mil por mes.

c). Subcontratando parte del trabajo a un costo mensual de 1.4 millones, y contratando una secretaria en tiempo parcial por 850 mil por mes.

Cualquiera de las inversiones debe ser cancelada en 3 años sin valor de recuperación, y se requiere una recuperación sobre inversión del 8%. Suponiendo que las tres alternativas den un trabajo de calidad equivalente, ¿Cuál de ellas deberá seleccionarse?.

El criterio para la eficiencia económica será minimizar el valor anual equivalente de los costos (VAE costos).

1. $\text{VAE costos}_A = P_A * (A/P,i,n) + A_A$



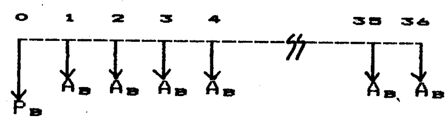

$P_A$ = 2'800,000
$A_A$ = 2'400,000

$$(A/P,i,n) = \frac{0.08(1+0.08)^{36}}{(1+0.08)^{36} - 1} = 0.0853$$

$$\text{VAE costos}_A = 2'800,000 * (0.0853) + 2'400,000$$

$$= 238,840 + 2'400,000 = 2'638,840$$

2. VAE costos $_B$ = $P_B$*(A/P,i,n) + $A_B$



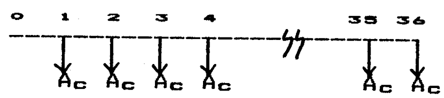

$P_B$ = 16'000,000
$A_B$ = 1'250,000
+ 300,000
= 1'550,000

VAE costos $_B$ = 16'000,000*(0.0853) + 1'550,000

= 1'364,800 + 1'550,000 = 2'914,800

3. VAE costos $_C$ = $A_C$ = 1'400,000 + 850,000

= 2'250,000

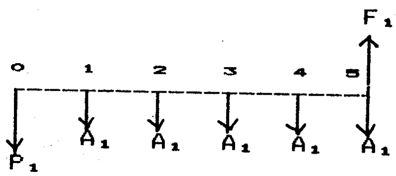



Como la cantidad que minimiza el valor anual equivalente de los costos (VAE costos) es la alternativa C, entonces esta es la escogida.

**3.16.** Una compañía está considerando la posibilidad de arrendar o comprar una computadora. Si la computadora es comprada, su costo sería de 8 millones, sus gastos anuales de operación y mantenimiento serían de 2.4 millones y su valor de rescate al final de un horizonte de planeación de 5 años sería de 1.6 millones. Si la computadora es arrendada, tanto los gastos de operación como de mantenimiento serían de X y la renta anual sería 320 mil mayor que los gastos de mantenimiento. Si la tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) es de 25%, ¿Cuál es el valor de la renta anual que hace indiferente la selección entre estas dos alternativas?

El criterio para la eficiencia económica será minimizar el valor anual uniforme de los costos (VAEcostos).

1. Alternativa de comprar:




$P_1 = 8'000,000$
$F_1 = 1'600,000$
$A_1 = 2'400,000$

$$\text{VAE costos}_1 = P_1 * (A/P,i,n) + A_1 - F_1 * (A/F,i,n)$$

$$(A/P,i,n) = \frac{0.25(1+0.25)^5}{(1+0.25)^5 - 1} = 0.3718$$

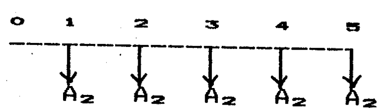
$$(A/F,i,n) = \frac{0.25}{(1+0.25)^5 - 1} = 0.1218$$

$$\text{VAE costos}_1 = 8'000 * (0.3718) + 2'400 - 1'600 * (0.1218)$$

$$= 2'974,400 + 2'400,000 - 194,880$$

$$= 5'179,520$$

2. Alternativa de arrendar:




$VAEc_2 = A_2 = X + 320,000$

$VAEc_2 = VAEc_1$

$VAEc_1 \geq X + 320,000$

$$X \leq VAEc_1 - 320,000 = 5'179,520 - 320,000$$

$$= 4'859,520$$

Conviene rentar la computadora si la renta anual es menor de \$4'859,520.

### 3.2.3. Período de análisis

Al igual que en el método del valor presente neto existen tres situaciones diferentes respecto al período de análisis:

- Período de análisis igual a la vida de las alternativas.
- Vidas útiles diferentes al período de análisis.
- Período de análisis infinito.

**- Vidas útiles diferentes al período de análisis**

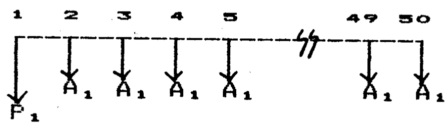
El método del Valor Anual Equivalente permite alguna flexibilidad en el período de análisis, el cuál puede ser diferente a las vidas útiles de las alternativas, siempre y cuando se cumplan las siguientes suposiciones:

1. Cuándo la alternativa alcanza su vida útil se reemplaza por un modelo idéntico que tenga la misma serie de flujo de caja.

2. El período de análisis es un múltiplo común de las vidas útiles de las alternativas, de otra manera, existe un requerimiento perpetuo para la alternativa seleccionada.

3.17. Un fabricante se propone construir una nueva bodega. Una construcción de concreto reforzado costará 350 millones en tanto que se puede obtener la misma cantidad de espacio con una estructura metálica y láminas galvanizadas por 18 millones. La vida de construcción de concreto se estima en 50 años, el costo promedio anual de mantenimiento en 3 millones. La vida de la estructura metálica se estima en 25 años y el costo promedio anual de mantenimiento se estima en 5.4 millones. Se adquirirá un seguro contra incendio sobre edificio y contenido, en cualquiera de los casos. La prima anual de seguro será de 1.5 al millar para el edificio de concreto, y de 4 al millar para la estructura metálica. Suponga que la cantidad promedio de seguro sea de 1,200 millones sobre el contenido, más el 75% del costo inicial de las construcciones. Encuentre los costos anuales uniformes equivalentes comparados para los dos tipos de bodega, usando una tasa de rendimiento mínima atractiva de 9%. No considere valor de rescate al final de las vidas de los edificios.

1. Edificio de concreto:




$P_1$ = 350'000,000
$A_1$ = 3'000,000 + 0.0015*(1'200 + 0.75*350')
= 3'000,000 + 2'193,750
= 5'193,750

$n_1$ = 50 años

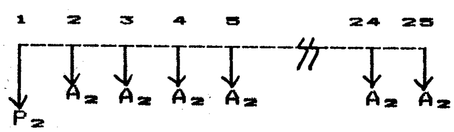
VAE costos $_1$ = $P_1$*(A/P,i,n) + $A_1$

$$(A/P,i,n) = \frac{0.09(1+0.09)^{50}}{(1+0.09)^{50} - 1} = 0.0912$$

= 350'000,000*(0.0912) + 5'193,750

= 31'920,000 + 5'193,750 = 37'113,750

2. Estructura metálica:




$P_2$ = 180'000,000
$A_2$ = 5'400,000 + 0.004*(1'200 + 0.75*180')
= 5'400,000 + 5'340,000
= 10'740,000
$n_2$ = 25 años

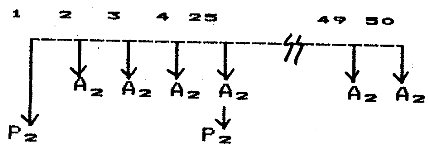
VAE costos $_2$ = $P_2$*(A/P,i,n) + $A_2$

$$(A/P,i,n) = \frac{0.09(1+0.09)^{25}}{(1+0.09)^{25} - 1} = 0.1018$$

= 180'000,000*(0.1018) + 10'740,000

= 18'324,000 + 10'740,000 = 29'064,000

Para un período de análisis común de 50 años es necesario tomar en cuenta un reemplazo de servicio para la estructura metálica después de los 25 años de la vida útil, el flujo de caja será el siguiente:




$$VAEc_2 = P_2 * \left[ 1 + (P/F,i,25) \right] * (A/F,i,50) + A_2$$

$$(P/F,i,n) = 1/(1+0.09)^{25}$$

$$= 180' * (1+0.1160) * (0.0912) + 10'740,000$$

$$= 18'320,256 + 10'740,000 = 29'060,256$$

Para esta alternativa, el costo anual en el período de análisis de 25 años, es el mismo que el costo anual para el período de análisis de 50 años. Esta no es una conclusión sorprendente si se reconoce que el costo anual del primer período de 25 años se repite en el segundo período. El Método del Valor Anual Equivalente presenta la ventaja de que se evita el problema del período de análisis, siempre y cuándo las alternativas tengan un mínimo común múltiplo.

Elíjase la alternativa de estructura metálica, ya que tiene menor costo anual uniforme equivalente.

**- Período de análisis infinito**

Cuándo varias alternativas de este tipo van a ser comparadas, es conveniente saber a que converge el factor (A/P,i,n) cuándo "n" tiende a infinito.

$$\lim_{n \to \infty} (A/P,i,n) = \frac{i\,(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dividiendo el numerador y denominador por el factor $(1+i)^n$

$$\lim_{n \to \infty} (A/P,i,n) = \frac{i}{1 - 1/(1+i)^n} = i$$

Podemos concluir que el factor (A/P,i,n) cuando n tiende a infinito es igual a la tasa de interés "i".

3.18. En el diseño de un acueducto, que se supone tendrá un período perpetuo o infinito, se proponen dos ubicaciones alternativas para determinada sección.

La ubicación A comprende un túnel de acceso. Se estima que el túnel tendrá un costo inicial de 620 millones y se supone va a ser permanente. Sus costos anuales de conservación se estiman en 1.5 millones. La acequia costará 280 millones, tiene una vida estimada de 20 años y se espera que sus costos anuales de mantenimiento sean de 6.2 millones.

La ubicación B comprende una tubería de acero y varios kilómetros de canal de tierra revestido de concreto. La tubería tiene un costo inicial estimado de 220 millones, una vida estimada de 50 años y un costo anual de mantenimiento estimado de 2.2 millones. El canal de tierra costará 250 millones y se supone será permanente. Durante los 5 primeros años, se estima que el mantenimiento del canal de tierra será de 15.5 millones al año, de ahí en adelante, se estima en 3 millones al año. El revestimiento de concreto costará 125 millones, tiene una vida estimada de 25 años y un costo de mantenimiento de 1 millón anuales.

Todos los valores de rescate se supone que son insignificantes. La tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) estipulada es del 8%.

Ubicación A

Túnel

Interés = A*i = 620'000*0.08 = 49'600,000

Mantenimiento = 1'500,000

Acequia

Recuperación de capital = $A_{acequia}$ = P*(A/P,i,20)

$$(A/P,i,20) = \frac{0.08(1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} = 0.1019$$

$A_{acequia}$ = 280'000*(0.1019) = 28'532,000

Mantenimiento = 6'200,000

$VAEc_A$ = 49'600 + 1'500 + 28'532 + 6'200 = 85'832,000

Ubicación B

Tubería

Recuperación de capital = $A_{tubería}$ = P*(A/P,i,50)

$$(A/P,i,50) = \frac{0.08(1+0.08)^{50}}{(1+0.08)^{50} - 1} = 0.0817$$

$$A_{tubería} = 220'000*(0.0817) = 17'974,000$$

Mantenimiento = 2'200,000

Canal de tierra

Interés sobre el costo inicial

= 250'000*0.08 = 20'000,000

Interés sobre el VP del mantenimiento extra inicial

= A*(P/A,i,5)*i

$$(P/A,i,5) = \frac{(1+0.08)^{5} - 1}{0.08(1+0.08)^{5}} = 3.9927$$

= (15'500 - 3'000)*(3.9927)*0.08 = 3'992,700

Mantenimiento = 3'000,000

Revestimiento de concreto

Recuperación de capital

= $A_{rev.\ conc.}$ = P*(A/P,i,25)

$$(A/P,i,25) = \frac{0.08(1+0.08)^{25}}{(1+0.08)^{25} - 1} = 0.0937$$

= 125'000*(0.0937) = 11'712,500

Mantenimiento = 1'000,000

$VAEc_{B}$ = 17'974,000 + 2'200,000 + 20'000,000

+ 3'992,700 + 3'000,000 + 11'712,500

+ 1'000,000 = 59'879,200

La elección de la ubicación B resultará en un ahorro de $25'952,800 anuales.

## 3.3. Método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Se define como la tasa de interés en la que los beneficios son equivalentes a los costos. La TIR es un índice, medida de equivalencia, o base de comparación capaz de resumir las diferencias de importancia de las series de flujo de caja entre las alternativas analizadas.

Para una inversión, la TIR es la tasa de interés que se obtiene sobre la inversión no recuperada, de tal manera que el plan de pagos hace que la inversión no recuperada sea cero al final de la vida de la inversión.

El saldo no recuperado de una inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto, puede ser visto como la porción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese tiempo. Se puede encontrar de acuerdo a las siguientes expresiones, como el valor futuro de la propuesta en ese tiempo.

$$F_t = \sum_{j=0}^{t} S_j \ (1+i)^{t-j} \qquad ó \qquad F_t = F_{t-1} \ (1+i) + St$$

Donde $S_j$ = Flujo de caja del período j
$t$ = Tiempo de análisis

**3.19.** Dos proyectos de inversión son analizados, sus tasas internas de rendimiento son de 15%. Cada uno de estos proyectos de inversión puede ser interpretado como un acuerdo en el que una persona ha pedido prestado un millón comprometiéndose a pagar un 15% sobre el saldo, y reducirlo a cero al final del plazo del crédito. Obtenga los saldos no recuperados del proyecto de inversión.

| Año | Propuesta A | Propuesta B |
|---|---|---|
| 0 | - 1'000,000 | - 1'000,000 |
| 1 | 350,000 | 150,000 |
| 2 | 350,000 | 150,000 |
| 3 | 350,000 | 150,000 |
| 4 | 350,000 | 1'150,000 |

Propuesta A:

La tasa interna de rendimiento de 15% no significa un rendimiento anual del 15% sobre la inversión de $1'000,000 ni de $150,000 al final de cada uno de los 4 años. Más bien, representa un rendimiento sobre la inversión no recuperada, más la recuperación parcial de esa inversión. Esto se puede tabular de la siguiente forma:

| Año | Flujo de caja | (1) | (2) | (3) | (4) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | -1'000 | | | | |
| 1 | 350 | - 1'000 | - 150 | 200 | - 1'000 |
| 2 | 350 | - 800 | - 120 | 230 | - 800 |
| 3 | 350 | - 570 | - 85.5 | 264.5 | - 570 |
| 4 | 350 | - 305.5 | - 45.8 | 304.2 | - 305.5 |
| | | | | | ≈ 0 |
| | | | - 401.3 | | |

(1) Inversión no recuperada al principio del año
(2) 15% de rendimiento sobre la inversión no recuperada
(3) Pago de la inversión al final del año
(4) Inversión no recuperada al final del año

Este flujo de caja representa una situación en la que la inversión de $1'000,000 tiene beneficios que producen una tasa de rendimiento del 15%. Pero en el período de 4 años, el rendimiento total es sólo de $401,300, o sea mucho menos que $150,000 al año durante 4 años. Puede observarse que esto se debe a que la tasa de rendimiento se define como la tasa de interés que se gana sobre la inversión no recuperada.

Propuesta B:

| Año | Flujo de caja | (1) | (2) | (3) | (4) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | -1'000 | | | | |
| 1 | 150 | - 1'000 | - 150 | 0 | - 1'000 |
| 2 | 150 | - 1'000 | - 150 | 0 | - 1'000 |
| 3 | 150 | - 1'000 | - 150 | 0 | - 1'000 |
| 4 | 1'150 | - 1'000 | - 150 | 1'000 | - 1'000 |
| | | | | | ≈ 0 |

Una de las equivocaciones más comunes que se cometen con el significado de la TIR, es considerarla como la tasa de interés que se gana sobre la inversión inicial requerida por la propuesta. Sin embargo, lo anterior es correcto solamente en el caso de propuestas cuyas vidas sean de un período. Para el caso de esta propuesta la tasa interna de rendimiento sí indica el rendimiento obtenido sobre la inversión inicial.

### 3.3.1. Cálculo de la tasa interna de rendimiento

Primeramente deben de convertirse todos los costos y beneficios de la alternativa en un flujo de caja, y después despejarse de este el valor desconocido de i*, que representa la TIR; y la cuál se puede obtener de las siguientes formas de ecuaciones de un flujo de caja:

Valor Presente Neto = 0

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{S_t}{(1+i^*)^t} = 0$$

Valor Futuro Neto = 0

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

Valor Anual Equivalente = 0

$$\sum_{t=0}^{n} S_t \, (P/F, i^*, t) \, (A/P, i^*, n) = 0$$

donde

$S_t$ = Flujo de caja neto del período t

n = Número de períodos de vida de la alternativa

En la Figura 3.4. se ilustra la forma más común de las gráficas de VPN, VFN y VAE en función de la tasa de interés para una inversión. Se puede observar que todas las curvas pasan a través del punto que corresponde a la TIR, lo cual indica que las ecuaciones anteriores representan el mismo concepto pero en diferentes formas.

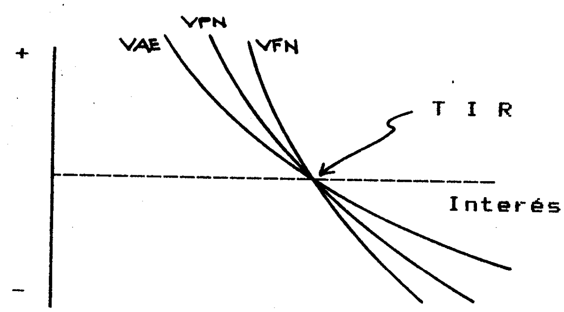


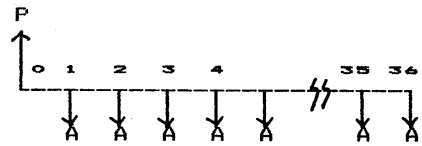

Fig. 3.4. Gráfica típica del VPN, VFN y VAE en función de la tasa de interés para una inversión

**3.20.** Una persona pidió prestado a un banco la cantidad de 20 millones. Deberá pagar 700 mil al final de cada mes durante los próximos 36 meses.

a). ¿Cuál es la tasa efectiva de interés que está pagando?

b). Calcúlese la tasa de interés nominal que se está pagando.

a).




$$V\,P\,N = P - A*(P/A,i,n) = 0$$

$$P\,/\,A = (P/A,i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i*(1+i)^n}$$

P = 20'000,000
A = 700,000
n = 36 meses

$$P\,/\,A = 20'000,000\,/\,700,000 = 28.5714$$

Proponiendo valores de "i" en (P/A,i,n)

| i(%) | (P/A,i,n) |
|---|---|
| 1.00 | 30.1075 |
| 1.50 | 27.6607 |

Interpolando para P/A = 28.5714, obtenemos que la tasa de interés efectiva es i = 1.31% mensual.

b). $i_{nominal} = 1.31*12 = 15.72$ % anual

**3.21.** Una compañía esta analizando la tasa interna de rendimiento que generará un determinado proyecto de inversión. El flujo de caja para este proyecto será el siguiente:

| Año | Flujo de caja |
|---|---|
| 0 | - 20'000,000 |
| 1 | 4'500,000 |
| 2 | 1'000,000 |
| 3 | 5'000,000 |
| 4 | 11'000,000 |
| 5 | 6'000,000 |
| 6 | 4'000,000 |
| 7 | 8'000,000 |

$$VPN = -20' + 4.5' * (P/F,i,1) + 1' * (P/F,i,2) + 5' * (P/F,i,3) + 11' * (P/F,i,4) + 6' * (P/F,i,5) + 4' * (P/F,i,6) + 8' * (P/F,i,7)$$

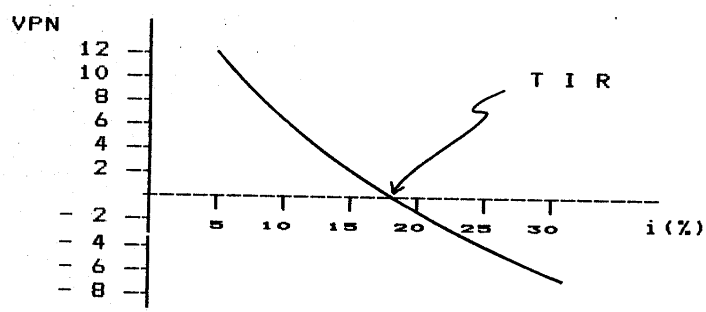
$$(P/F,i,n) = 1 / (1+i)^n$$

Proponiendo valores de "i" en (P/F,i,n) :

| i (%) | VPN |
|---|---|
| 5 | 11,933.13 |
| 10 | 6,275.77 |
| 15 | 1,965.92 |
| 20 | - 1,373.74 |
| 25 | - 4,002.02 |
| 30 | - 6,099.90 |

Interpolando para VPN = 0, obtenemos una tasa interna de rendimiento del 17.94%.

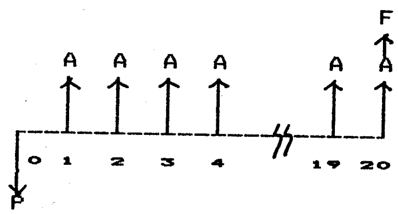
En la siguiente gráfica se ilustra el valor presente neto (VPN) contra la tasa de interés.



## 3.3.2. Análisis de la tasa interna de rendimiento

El Método de la Tasa Interna de Rendimiento presenta la ventaja de que puede calcularse una sola cifra, la cuál se comprende fácilmente. Por otra parte, no se introduce ninguna tasa de interés en los cálculos, esta es calculada a partir del flujo de caja, y será la TIR; la cuál se compara con la TRMA. Cuándo la TIR sea mayor que la TRMA, conviene que el proyecto sea emprendido.

3.22. Se tiene a la venta un centro comercial en 600 millones. Un inversionista potencial estima que los ingresos anuales derivados de la renta serán de unos 100 millones y que los egresos anuales serán de 35 millones. También estima que el centro se podrá vender en 1,100 millones netos al final de 20 años. Si la tasa de rendimiento mínima requerida es del 10%, conviene emprender la inversión.




P = 600'000,000
F = 1,100'000,000
A = 100' - 35
= 65'000,000
n = 20 años

$$\text{VAE beneficios} - \text{VAE costos} = 0$$

$$(100' - 35') + 1{,}100' * (A/F,i,n) - 600' * (A/P,i,n) = 0$$

$$(A/P,i,n) = \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$(A/F,i,n) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

Proponiendo valores de "i" en (A/P,i,n) y (A/F,i,n):

| i(%) | (BAUE - CAUE) |
|---|---|
| 10 | 102.03 |
| 15 | - 134.70 |

Interpolando para (VAEbenef. - VAEcostos) = 0 obtenemos que la tasa interna de rendimiento es del 12.15%, la cuál es mayor que la TRMA, por lo que se recomienda llevar a cabo la inversión.

3.23. Se está estudiando la factibilidad económica de un proyecto inmobiliario para la venta de departamentos, determine la tasa interna de rendimiento para dicho proyecto, con los siguientes datos:

Número de departamentos = 16

Valor actual de venta por unidad = 130'000,000

Valor actual del condominio = 16 (130'000,000)

= 2,080'000,000

Valor de la construcción = 1,200'000,000

Tiempo de construcción = 10 meses

Crédito bancario para la construcción

= 85 % del valor de la construcción
= 0.85 (1,200'000,000) = 1,020'000,000

Enganches = 20 % del precio de venta
= 0.20 (2,080'000,000) = 416'000,000

Crédito hipotecario para individualizaciones
= 80 % del precio de venta
= 0.80 (2,080'000,000) = 1,664'000,000

Licencias y derechos = 1 % del precio de venta

Gastos administrativos = 4.5 % del precio de venta

Ventas y publicidad = 3 % del precio de venta

Estudio de factibilidad = 2 % del crédito para construcción

Supervisión bancaria = 1.50 % del crédito para construcción

Interés = 30 % anual = 2.50 % mensual

La siguiente tabla nos muestra el flujo de caja mostrándonos los ingresos y egresos mensuales del proyecto inmobiliario.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA DE UN PROYECTO INMOBILIARIO DE DEPARTAMENTOS
FLUJO DE CAJA (MILLONES DE PESOS)

| | M E S | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | TOTAL |
| I N G R E S O S | | | | | | | | | | | | |
| 40% PV ENGANCHE | | | | | | 25 | 50 | 70 | 105 | 92 | 74 | 416 |
| 80% PV INDIVIDUALIZACIONES | | | | | | | 98 | 317 | 402 | 103 | 744 | 1,664 |
| 85% C CREDITO BANCARIO | | 306 | 306 | 153 | 153 | 102 | | | | | | 1,020 |
| TOTAL INGRESOS | | 306 | 306 | 153 | 153 | 127 | 148 | 387 | 507 | 195 | 818 | 3,100 |
| E G R E S O S | | | | | | | | | | | | |
| TERRENO | 230 | | | | | | | | | | | 230 |
| EDIFICACIONES (CD) | | 360 | 360 | 180 | 180 | 120 | | | | | | 1,200 |
| 1% PV LICENCIAS Y DERECHOS | 20.8 | | | | | | | | | | | 20.8 |
| 4.5% PV GASTOS ADMINISTRATIVOS | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 93.5 |
| 3% PV VENTAS Y PUBLICIDAD | | | | | | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | | 62.5 |
| 3.5% C COMISIONES Y SUPERVISION | 15.3 | | 6.12 | 6.12 | 3.06 | 3.06 | 2.04 | | | | | 35.7 |
| INTERESES | | 7.65 | 15.30 | 19.13 | 22.95 | 25.50 | 25.50 | 21.75 | 16.25 | 13.50 | | 167.53 |
| C CREDITO BANCARIO | | | | | | | | 150 | 220 | 110 | 540 | 1,020 |
| TOTAL EGRESOS | 274.60 | 376.15 | 389.92 | 213.75 | 214.51 | 169.56 | 48.54 | 192.75 | 257.25 | 144.50 | 548.50 | 2,830.03 |
| INGRESOS - EGRESOS | 274.60 (-) | 70.15 (-) | 83.92 (-) | 60.75 (-) | 61.51 (-) | 42.56 (-) | 99.46 (+) | 194.25 (+) | 249.75 (+) | 50.50 (+) | 269.50 (+) | 269.97 (+) |

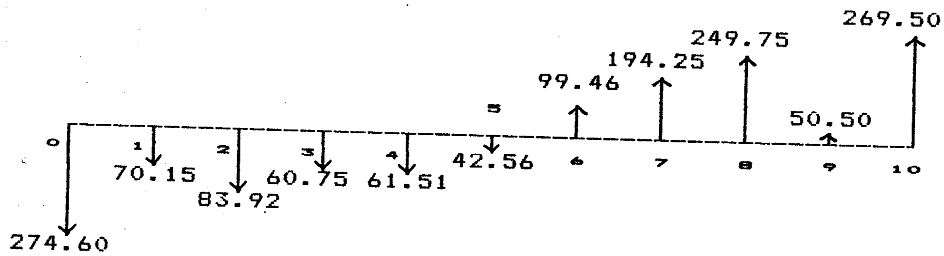
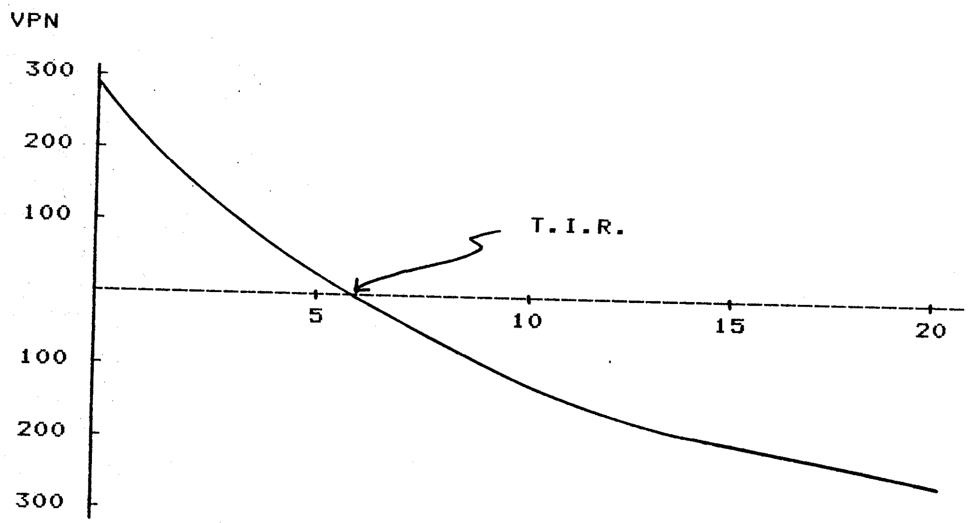



Diagrama de flujo de caja

$$
\begin{aligned}
VPN = & -274.60 - 70.15\,(P/F,i,1) - 83.92\,(P/F,i,2) \\
& - 60.75\,(P/F,i,3) - 61.51\,(P/F,i,4) - 42.56\,(P/F,i,5) \\
& + 99.46\,(P/F,i,6) + 194.25\,(P/F,i,7) + 249.75\,(P/F,i,8) \\
& + 50.50\,(P/F,i,9) + 269.50\,(P/F,i,10)
\end{aligned}
$$

donde $(P/F,i,n) = 1 / (1+i)^n$




Gráfica V P N - Tasa de interés

La tasa interna de rendimiento para el proyecto es de 5.69% mensual equivalente a 68.28 % anual.

### 3.3.3. Evaluación de proyectos mutuamente exclusivos

Para la selección de una alternativa entre varias, el análisis de la TIR se lleva a cabo calculando la TIR incremental sobre las diferencias entre las alternativas.

Al igual que en el método del VPN, se debe justificar la alternativa base y determinar si cada incremento de inversión es justificado. La alternativa de mayor inversión se considera aceptable si su TIR incremental es mayor que la TRMA. Se puede llevar el mismo procedimiento que se siguió en el método del VPN del incremento de la inversión.

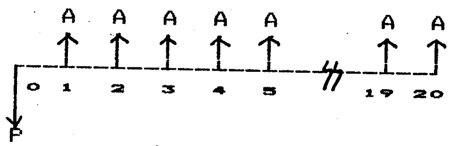
**3.24.** Un hombre es propietario de un terreno en una esquina. Si de cualquier forma la persona debe invertir, entonces debe seleccionar una alternativa entre varias tratando de obtener un rendimiento adecuado sobre su inversión con una tasa de rendimiento mínima atractiva (TRMA) del 10%. Después de un detenido estudio y de algunos cálculos, decidió que las dos mejores alternativas eran:

| | construir gasolinera ( 1 ) | Construir un quiosco de helados ( 2 ) |
|---|---|---|
| Costo inicial | 360'000,000 | 240'000,000 |
| Impuestos anuales sobre la propiedad | 15'000,000 | 10'000,000 |
| Ingreso anual | 50'000,000 | 35'000,000 |
| Vida de la construcción | 20 años | 20 años |
| Valor de recuperación | 0 | 0 |

Se seleccionará la alternativa menos costosa, la 2, a menos que se encuentre que el costo adicional de la alternativa 1 produce beneficios adicionales que la hicieran preferente.

La elección entre las dos alternativas se reduce a un examen de las diferencias entre ellas. Se puede calcular la tasa interna de rendimiento sobre estas diferencias. Escribiendo de nuevo las alternativas:

| | Alt. 1 | Alt. 2 | Alt. (1-2) |
|---|---|---|---|
| Costo inicial | - 360' | - 240' | - 120' |
| (VAEb - VAEc) | (50'-15') | (35'-10') | (35'-25') = 10' |




$P = P_1 - P_2$
$= - 120'000,000$

$(VAEb - VAEc)_{1-2}$
$= 10'000,000$

VP de los beneficios − VP de los costos = 0

$P / A = (P/A,i,n)$ $\qquad P/A = 120'/10 = 12$

$$(P/A,i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i*(1+i)^n}$$

Proponiendo valores de "i" en (P/A,i,n) :

| i(%) | (P/A,i,n) |
|---|---|
| 5 | 12.4622 |
| 10 | 8.5136 |

Interpolando para P/A = 12 obtenemos que la tasa interna de rendimiento incremental es del 5.59%, la cuál es menor que la TRMA, por lo tanto se seleccionará la alternativa 2, que presenta menor costo.

### 3.3.4. Período de análisis

Cuándo se tienen varias alternativas, el método de solución es considerar las diferencias entre ellas. El análisis deberá cubrir el mismo período para todas las alternativas.

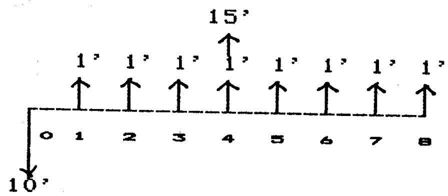
**3.25.** Dos alternativas están bajo consideración.

| | A | B |
|---|---|---|
| Costo inicial | − 25' | − 15' |
| Beneficio anual uniforme | 6' | 5' |
| Vida útil en años | 8 | 4 |

Los cálculos deben basarse en una TRMA del 7% y un período de análisis de ocho años. ¿Que alternativa debe seleccionarse si se supone un reemplazo idéntico?

La solución está basada en un período de análisis de 8 años y un reemplazo de la alternativa B idéntica a la actual. El flujo de caja para las diferencias entre las alternativas es el siguiente.

| Año | Alt. A | Alt. B | (Alt. A - Alt. B) |
|---|---|---|---|
| 0 | - 25' | - 15' | - 10' |
| 1-3 | 6' | 5' | 1' |
| 4 | 6' | (-15'+ 5') | (15'+ 1') |
| 5-8 | 6' | 5' | 1' |




VP beneficios - VP costos = 0

$$1'*(P/A,i,8) + 15'*(P/F,i,4) - 10' = 0$$

$$(P/A,i,8) = \frac{(1+i)^8 - 1}{i*(1+i)^8}$$

$$(P/F,i,4) = 1 / (1+i)^4$$

Proponiendo valores para "i" en (P/A,i,8) y en (P/F,i,4)

| i(%) | (VP beneficios - VP costos) |
|---|---|
| 20 | 1'070,956 |
| 25 | - 527,089 |

Interpolando para (VP beneficios - VP costos) = 0, obtenemos que la tasa interna de rendimiento incremental es de 23.35%, la cual resulta mayor que la TRMA por lo que se recomienda elegir la alternativa "A" de mayor costo.

### 3.3.5. Clasificación de los proyectos

Los proyectos según su número de tasas internas de rendimiento (TIR) pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Proyectos sin tasas de rendimiento. Se presentan cuando el flujo de caja esta formado en su totalidad, ya sea por ingresos o egresos, o cuándo los egresos son mayores que los ingresos.

- Proyectos con una sola tasa de rendimiento. Por lo regular, en el flujo de caja, existen egresos en los primeros períodos de vida del proyecto, seguido de ingresos en períodos posteriores.

- Proyectos con múltiples tasas de rendimientos. Existe en el flujo de caja una serie irregular de ingresos y egresos.

Para poder llegar a esta clasificación utilizaremos la regla de los signos de Descartes para un flujo de caja.

Regla de los signos para un flujo de caja:

> Puede haber tantos valores positivos de "i*" como cambios de signo haya en el flujo de caja.

Un cambio de signo se produce cuando valores sucesivos diferentes de cero en el flujo de caja tienen otros signos (es decir, cambian de + a - ó viceversa). Un flujo de caja igual a cero se ignora.

Existen tres posibilidades que se pueden presentar en la regla de los signos para un flujo de caja:

- Cero cambios de signo. Se presentaría un proyecto sin tasas de rendimiento.

- Un cambio de signo. Daría lugar a un proyecto con una sola tasa de rendimiento.

- Dos ó más cambios de signo. Existe en el proyecto múltiples tasas rendimiento, dependiendo del número de cambios de signo.

**3.26.** Determine la tasa interna de rendimiento de la siguiente serie de flujo de caja

| Año | Flujo de caja |
|---|---|
| 0 | - 1,000 |
| 1 | 2,500 |
| 2 | - 500 |

La tasa interna de rendimiento la obtenemos al igualar a cero el valor presente neto de la serie de flujo de caja

$$V.P.N. = -1{,}000 + 2{,}500\,[1/(1+i)] - 500\,[1/(1+i)^2]$$

$$V.P.N. = 0$$

Haciendo $X = 1/(1+i)^n$

$$V.P.N. = -1{,}000 + 2{,}500\,X - 500\,X^2 = 0$$

Dividiendo entre ( - 500 ) y ordenando términos tenemos

$$V.P.N. = X^2 - 5\,X + 2 = 0$$

En la ecuación anterior tenemos 2 cambios de signos, por lo que obtenemos dos valores de "X".

$$X = \frac{-(-5) \pm [\,(-5)^2 - 4(1)(2)\,]^{1/2}}{2\,(1)}$$

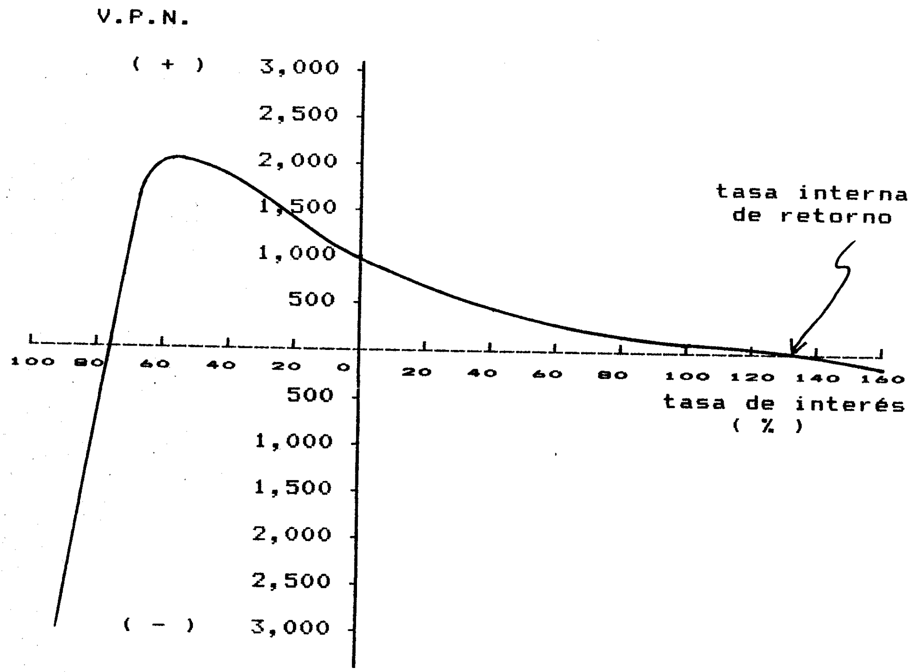
$$X_1 = 4.56 \qquad y \qquad X_2 = 0.44$$

Como $X = 1/(1+i)$ , tenemos:

$$i_1 = 78.07\ \% \qquad y \qquad i_2 = 127.27\ \%$$

Tabulando la tasa de interés Vs. el Valor Presente Neto.

| i (%) | VPN |
|---|---|
| - 100 | - ∞ |
| - 80 | - 1,000 |
| - 60 | 2,125 |
| - 40 | 1,778 |
| - 20 | 1,344 |
| 0 | 1,000 |
| 20 | 736 |
| 40 | 531 |
| 60 | 367 |
| 80 | 235 |
| 100 | 125 |
| 120 | 33 |
| 140 | - 45 |
| 160 | - 112 |




Gráfica V.P.N. vs. Tasa de interés

## 3.4. Método de la Relación Beneficio – Costo

Cuándo se utiliza el análisis beneficio-costo, la medida de la contribución de un proyecto al bienestar general se establece, normalmente, en términos de los beneficios y el costo.

Dada una tasa de recuperación mínima atractiva (TRMA), una alternativa es aceptable si:

$$VPN = VP \text{ beneficios} - VP \text{ costos} \geq 0$$

$$VAE = VA \text{ beneficios} - VA \text{ costos} \geq 0$$

Los cálculos también se podrían basar en la relación beneficio-costo (B/C).

$$\text{Relación } B/C = \frac{VPB}{VPC} = \frac{VAB}{VAC} \geq 1$$

**3.27.** Resuelvase el ejemplo 3.6. por el Método de la Relación Beneficio – Costo.

– La alternativa "A" representa la opción de "no hacer nada", en la cuál los beneficios son equivalentes a los costos; será la mejor si en todas las alternativas la relación beneficio-costo es menor que uno.

– Alternativa B :

$$VPbenef._B = A_B*(P/A,i,n) + F_B*(P/F,i,n)$$

$$= 12'*(8.5136) + 530'*(0.1486)$$

$$= 102'163,200 + 78'758,000 = 180'921,200$$

$$VPcostos_B = 200'000,000$$

$$\text{Relación } B/C = \frac{180'921,200}{200'000,000} = 0.90$$

Como la relación B/C es menor que uno entonces la alternativa no es aceptable.

- Alternativa C :

$$VPbenef._C = A_C*(P/A,i,n) + F_C*(P/F,i,n)$$
$$= 38'*(8.5136) + 530'*(0.1486)$$
$$= 323'516,800 + 78'758,000 = 402'274,800$$

$$VPcostos_C = 380'000,000$$

$$\text{Relación B/C} = \frac{402'274,800}{380'000,000} = 1.06$$

Como la relación B/C es mayor que uno entonces la alternativa se considera aceptable.

- Alternativa D :

$$VPbenef._D = A_D*(P/A,i,n) + F_D*(P/F,i,n)$$
$$= 42'*(8.5136) + 1,500'*(0.1486)$$
$$= 357'571,200 + 222'900,000 = 580'471,200$$

$$VPcostos_D = 600'000,000$$

$$\text{Relación B/C} = \frac{580'471,200}{600'000,000} = 0.97$$

Como la relación B/C es menor que uno entonces la alternativa no es aceptable.

Puesto que la única alternativa que cumple con el requisito es la "C", entonces está es la recomendada.