

86  
2EJ



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EFFECTOS DE LA INFLACION EN LOS METODOS  
DE SELECCION DE PROYECTOS DE INVERSION**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**A C T U A R I O**

**P R E S E N T A :**

**VICTOR MANUEL TERREROS MUÑOZ**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR**

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Basile  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"Efectos de la inflación en los Métodos de selección de proyectos  
de inversión".

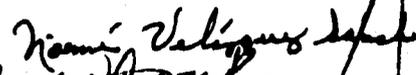
realizado por Víctor Manuel Ferreros Muñoz

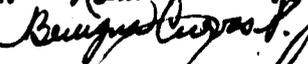
con número de cuenta 8206247-5 , pasante de la carrera de Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Act. Aurora Valdes Michel.   
Propietario

Propietario Act. Noemi Velázquez Sánchez. 

Propietario Act. Benigna Cuevas Pinzón. 

Suplente Act. Viera Edna Maldonado Rodríguez. 

Suplente Act. Hortencia Cano Granados. 

Consejo Departamental de Matemáticas

M. en C. Alejandro Bravo Mojica 

## Indice

---

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO 1

¿ INFLACIÓN?.

1

#### CAPÍTULO 2

ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

2.1 Conceptos generales

6

2.2 Tipos de proyectos de inversión

8

2.3 Métodos para evaluar proyectos de inversión

11

#### CAPÍTULO 3

MÉTODOS APROXIMADOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

3.1 Método del Valor Presente Neto (VPN)

14

3.1.1 Selección de Proyectos mutuamente exclusivos

18

3.2 Método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

22

3.2.1 Selección de proyectos mutuamente exclusivos

26

3.2.2 Proyectos sin tasa de rendimiento, con una tasa  
o múltiples tasas

30

3.2.3 Algoritmo de James C. T. Mao

31

#### CAPÍTULO 4

EFFECTOS DE LA INFLACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

4.1 Inflación

40

4.2 Efecto de la inflación en los métodos de evaluación de  
proyectos de inversión

46

4.2.1 Efecto de la inflación en el VPN

46

4.2.2 Efecto de la inflación en la TIR

49

CONCLUSIONES

55

#### BIBLIOGRAFÍA

## INTRODUCCIÓN

**D**urante los últimos años se ha presentado un fenómeno que ha afectado a la economía mundial (en particular a la economía de México) debido a la alteración que han sufrido los diferentes sectores económicos, como el Financiero, el Agrícola, el Industrial, etc. Dicho fenómeno es la INFLACIÓN.

De todos los sectores económicos, uno de los que más se ha visto afectado y que es muy importante dentro de la economía de un país, es el financiero, y en especial las inversiones, en virtud de que los proyectos de inversión que se pretendían realizar tuvieron que ser reconsiderados ya que se corría el riesgo de que si no se tomaba en cuenta a la inflación hubiera pérdidas en lugar de ganancias; esto quiere decir que se debe considerar la inflación en los proyectos de inversión, puesto que si no lo hacemos los proyectos que son aparentemente rentables puede resultar que no lo son.

Así, el objetivo principal del trabajo es analizar el efecto de la inflación en los proyectos de inversión y en particular ver el efecto de la inflación sobre los métodos para evaluar proyectos de inversión, cuya finalidad es decirnos si es factible emprenderlos o no.

Para lograr lo anterior, el presente trabajo se dividió en 4 capítulos y las conclusiones.

El capítulo 1 : ¿ INFLACIÓN ?, nos da las características generales de la inflación, así como sus causas y efectos que la producen y las principales medidas antiinflacionarias.

El capítulo 2: ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, proporciona conceptos y clasificaciones sobre los diferentes tipos de proyectos de inversión.

El capítulo 3: MÉTODOS APROXIMADOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, trata sobre dos de los principales métodos para la Evaluación de Proyectos de Inversión, Valor Presente Neto y Tasa Interna de Rendimiento (TIR), tanto para un proyecto individual como para Proyectos Mutuamente Exclusivos y para proyectos con una o más tasas de rendimiento (algoritmo de James C. T. Mao).

El capítulo 4: EFECTO DE LA INFLACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, proporciona los diferentes tipos de inflación que se pueden presentar, las diferentes tasas de interés relacionadas con la inflación y cómo considerar la inflación en los Métodos del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Rendimiento.

Por otra parte, es importante destacar el papel que tiene el actuario dentro de un problema actual como lo es el de la evaluación de proyectos de inversión en épocas de inflación; el cual es poder planear, preveer y tomar la decisión de llevar acabo o no un proyecto de inversión, mediante la formulación, planteamiento y

**aplicación de modelos matemáticos. Esto quiere decir, que el actuario podrá predecir y sugerir si es conveniente o no llevar acabo los proyectos de inversión.**

# **CAPITULO 1**

**¿ INFLACIÓN ?**

**E**n los últimos años la inflación ha cobrado actualidad mundial, pues en mayor o menor medida, está presente tanto en las economías de los países industrializados como en los que se encuentran en proceso de desarrollo. Con el objeto de precisar en qué consiste, cuáles son sus causas y de qué magnitud son los efectos que produce en una economía como la de México, es necesario, en primer término, esclarecer lo que se entiende por inflación. ¿Qué es inflación? Pueden presentarse diversos tipos de inflación: del crédito, de los salarios, de las finanzas, de los costos, etc., pero la que se estudia en estos momentos es la relativa a los precios.

Cuando se habla de inflación, lo más frecuente es que se esté refiriendo a los aumentos de los precios; de ahí que una definición sencilla del término queda expresada como "el proceso de aumento de los precios".

A nivel internacional, la tasa de inflación se mide a través del índice general de precios al consumidor o bien del índice de precios implícito en el producto interno bruto (PIB), que no es más que el total de bienes y servicios que produce un país; sin embargo, no existe inflación mientras los precios fluctúen de una manera temporal y pasajera, pues para que se pueda hablar de ella es preciso que exista un ritmo más o menos sostenido de aumento. Por lo general, en todas las economías que tienen cierto grado de desarrollo, o están en vías de lograrlo, los precios tienden hacia el alza, manteniendo una tasa moderada, en cuyo caso no puede hablarse de inflación. Según el grado o magnitud existen diversas denominaciones de inflación: monetaria, de costos, hiperinflación, etc.

Para que exista inflación es preciso que ocurran dos elementos: un período más o menos prolongado de aumento de los precios, y que éstos se eleven a un ritmo superior al mantenido durante un lapso considerado como base.

#### **CAUSAS QUE LA PRODUCEN**

Son diversas las causas que generan inflación y puede ser de origen interno y externo.

Entre los elementos perturbadores externos cabe mencionar el aumento de la demanda de importaciones, mediante las cuales se puede recibir la tasa inflacionaria del país de donde proceden las mercancías y servicios. En el caso de México, que tiene como principal proveedor a los Estados Unidos, que desde hace años sufre presiones inflacionarias de importancia, lógico es que absorba una parte de esas presiones. La situación que presenta la economía internacional en estos momentos, de escasez en la producción de alimentos, aumento de la demanda, revaluaciones de monedas e incrementos en las tasas de interés, son sin duda elementos que se convierten en notorias causas externas que influyen en los niveles de inflación de un país como el nuestro, puesto que las importaciones juegan un importante papel como complemento de la oferta interna,

si resultan más caras y rebasan los límites deseables, contribuyen al aumento interno de los precios.

Aunque las causas externas son importantes en el nivel de inflación, no constituyen el factor dominante, pues en ocasiones las causas internas influyen con mayor fuerza.

Una de las principales causas internas de inflación, a corto plazo, es la mayor cantidad de circulante monetario, en virtud de que significa mayor capacidad de demanda para ciertos sectores, en tanto que el aparato productivo no puede responder de manera inmediata con una oferta más amplia, y por ello los niveles de precios se elevan en forma casi paralela, de manera que la rápida o tardía respuesta del sector productivo a la demanda en aumento determina en gran parte la magnitud de la inflación.

El incremento de la moneda en circulación puede ser consecuencia de un gasto público más alto, o bien de mayor volumen de las inversiones privadas que normalmente las acompañan, y la coincidencia de ambas resulta ser un factor de aceleración de mucho peso. El volumen de la oferta de productos agrícolas e industriales participa activamente en las características de la inflación, toda vez que frente a una alza de precios sería menester una adecuada oferta de satisfactores para cubrir la demanda creciente del público.

El acaparamiento y la especulación influyen sobre la intensidad del proceso, en tanto que sustraen del mercado parte de la oferta de artículos cuando se necesita de ellos con más apremio, y esto explica el excesivo precio de algunos bienes de gran demanda.

Otra de las causas de la inflación es el déficit presupuestal, pues cuando el gasto público excede a lo recaudado por vía impositiva, propicia el aumento del ingreso monetario de la población, que se traduce en mayor demanda que, a su vez, repercute sobre los precios; de ahí que sea deseable que se complementen el gasto público y el privado.

#### **EFECTOS QUE PRODUCE.**

Se manifiestan tanto sobre los diferentes sectores de la población como en la estabilidad del sistema económico en general.

Desde el punto de vista de los distintos grupos de habitantes, el proceso inflacionario favorece a los accionistas, comerciantes, industriales, productores agrícolas y deudores. Los primeros se ven favorecidos a través del reparto de mayores dividendos como consecuencia de las utilidades superiores que reciben las empresas, del mismo modo que los comerciantes, industriales y agricultores ven mejoradas sus ganancias gracias al aumento de los precios.

Aun cuando en ambos casos la inflación estimula a los sectores más dinámicos y emprendedores de la economía, es importante considerar el destino final que se da a los mayores recursos así obtenidos. Desde luego es notorio que sus beneficiarios destinan buena parte de sus ingresos a la producción y consumo de artículos suntuarios, provocando con ello una inadecuada asignación de recursos que desvirtúa las verdaderas finalidades del desarrollo nacional.

En el caso de los deudores, las ventajas que obtienen se aprecian cuando liquidan los préstamos recibidos con dinero que posee un menor poder adquisitivo que el que obtuvieron del acreedor. Los agricultores tienen el aliciente de vender a mejores cotizaciones los productos que cultivan.

Como contrapartida, la inflación perjudica a los acreedores, asalariados, pequeños inversionistas y ahorradores. Estos grupos sufren un deterioro progresivo de su nivel de vida a causa de la desvalorización de la moneda, que no es otra cosa que la pérdida de su poder de compra. Los asalariados y ahorradores, como todas las personas que reciben ingresos fijos, padecen intensamente los efectos negativos de este fenómeno, ya que están imposibilitadas para aumentar sus percepciones a una velocidad paralela a la que avanza la disminución del poder adquisitivo del dinero.

Un examen global de estos efectos en el sistema económico general indicaría que un proceso inflacionario sin control oportuno, después de cierto lapso provoca un drástico descenso de la demanda y la saturación de los mercados; las inversiones productivas se retraen y se desalienta la producción, se reduce el empleo y el ingreso, lo que conduce a la deflación, proceso inverso a éste, pues lleva a un país al estancamiento de su economía.

#### **PRINCIPALES MEDIDAS ANTIINFLACIONARIAS.**

Para amortiguar los nocivos efectos de la inflación pueden utilizarse medidas de tres tipos: monetarias, fiscales y de carácter general.

Las primeras normalmente las aplica el Banco de México y para ello debe controlar las reservas legales de los bancos comerciales, con objeto de limitar el otorgamiento de ciertos tipos de crédito, como fórmula para contraer en parte el circulante monetario.

Son de carácter fiscal las disposiciones que afectan el monto y la naturaleza de los gastos del sector público, así como el de los préstamos gubernamentales. El régimen impositivo juega también sobresaliente papel dentro de esta clase de medidas.

En términos generales, el gobierno adopta la política de limitar sus gastos, con el propósito de contrarrestar la expansión de las erogaciones que efectúa el sector privado. Otro instrumento eficaz para evitar que crezca el dinero en circulación es

el modificar el sistema impositivo, ya sea mediante la creación de nuevos gravámenes o a través de tasas más altas en los ya existentes. Con ello se busca además fortalecer la posibilidad de lograr equilibrio entre recursos y gastos.

La deuda pública es otro instrumento fiscal para controlar la inflación. Los valores que emite el gobierno, y que son parte de ella, representan para los bancos privados un potencial de reservas adicionales, y al desprenderse de ellos pueden contribuir al aumento del circulante. Para evitarlo, las autoridades deben realizar acciones tendientes a vigilar el comportamiento de esos valores en poder de los bancos.

Se consideran como medidas antiinflacionarias de carácter general: la política de salarios, el control de precios, los estímulos a la producción y el racionamiento de ciertos bienes de consumo. En periodos de inflación, el elevar la productividad y la producción se considera como un decisivo paso para combatirla, en virtud de que refuerzan a la oferta para que pueda responder al aumento de la demanda y se restablezca el equilibrio que mantiene el nivel de precios sin bruscas variaciones.

Debe darse una preferencia prioritaria al esfuerzo por mejorar la productividad de las actividades dedicadas a producir bienes y servicios cuya oferta sea escasa, pero que al mismo tiempo tengan relevante importancia para la economía nacional. Siendo el comercio exterior una de las vías por la cual cobra vigor el fenómeno inflacionario, es lógico concluir que al ofrecer estímulos adecuados podría lograrse aumentar la exportación de ciertos artículos, de los cuales se disponga de excedentes, para usar esas divisas y estar en aptitud de importar aquellos que son escasos, complementando así la oferta doméstica.

Una política sana en materia de salarios puede influir en forma positiva para reducir la intensidad de la inflación, pues los ajustes que en ellos se hagan determinan de manera directa la cuantía del poder adquisitivo de la clase trabajadora y configuran su demanda de bienes y servicios. Cuando se elevan por encima de la productividad real, se propicia inflación y, del mismo modo, si se mueven con lentitud comparados con los precios, el salario real resulta insuficiente y actúa como un obstáculo que impide un adecuado desarrollo económico. Esta circunstancia explica la importancia de una política de salarios relacionada con la productividad, el nivel de precios al consumidor y la estructura de los costos.

El control de precios tiene como función principal la de establecer límites legales máximos, a los bienes y servicios de consumo general, que no deben ser rebasados; pero el aplicar esta medida requiere de un organismo ágil y operativo para lograr su encargo, pues exige una adecuada vigilancia del aparato comercial de un país para dar eficacia a las medidas de control que se establezcan.

Así, después de ver las características generales de la inflación, el presente trabajo se centra sobre el efecto que tiene la inflación en el ámbito de las finanzas y en especial sobre la evaluación de proyectos de inversión financiera.

# **CAPITULO 2**

## **ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**D**ía a día y en cualquier sitio donde nos encontremos, siempre hay a la mano una serie de productos o servicios proporcionados por el hombre mismo. Desde la ropa que vestimos, los alimentos procesados que consumimos, hasta las modernas computadoras que apoyan en gran medida el trabajo del ser humano. Todos y cada uno de estos bienes y servicios, antes de venderse comercialmente, fueron evaluados desde varios puntos de vista, siempre con el objetivo final de satisfacer una necesidad humana. Después de ello, alguien tomó la decisión para producirlo en masa, para lo cual tuvo que realizar una inversión económica.

Por tanto, siempre que exista una necesidad humana de un bien o un servicio, habrá necesidad de invertir, pues hacerlo es la única forma de producir un bien o servicio. Es claro que las inversiones no se hacen sólo porque alguien desea producir determinado artículo o piensa que produciéndolo va a ganar dinero. En la actualidad, una inversión inteligente requiere una base que la justifique. Dicha base es precisamente un proyecto bien estructurado y evaluado que indique la pauta que debe seguirse. De ahí se deriva la necesidad de elaborar los proyectos.

## **2.1 CONCEPTOS GENERALES**

### ***Proyecto***

Descrito en forma general, es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchas, una necesidad humana.

En esta forma, puede haber diferentes ideas, inversiones de diverso monto, tecnología y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a resolver las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etc. Si incluimos estos conceptos en la definición anterior de proyecto obtenemos una definición más completa.

### ***Proyecto de Inversión***

Es un plan que al asignarle un determinado monto de capital y recursos humanos, materiales y técnicos, podrá producir un bien o un servicio de utilidad para el ser humano o para la sociedad en general.

Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario que éste sea sometido al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas compuesto por personas que conozcan diferentes áreas tales como finanzas, economía y administración, además de los especialistas de la materia de la que se trate el proyecto en particular. Como pueden ser especialistas en materia de ingeniería, medicina, etc.

Una decisión de este tipo no puede ser tomada por una sola persona con un enfoque limitado, o ser analizada sólo desde un punto de vista. Aunque no se puede hablar de una metodología rígida que guíe la toma de decisiones sobre un proyecto, fundamentalmente debido a la gran diversidad de proyectos y a sus aplicaciones, si es posible afirmar categóricamente que una decisión siempre debe estar basada en el análisis de un sinnúmero de antecedentes con la aplicación de una metodología lógica que abarque la consideración de todos los factores que participan y afectan al proyecto.

El hecho de realizar un análisis que se considere lo más completo posible, no implica que, al invertir, el dinero estará exento de riesgo. El futuro siempre es incierto y por esta razón el dinero siempre se estará arriesgando. El hecho de calcular unas ganancias futuras, a pesar de haber realizado un análisis profundo, no asegura necesariamente que esas utilidades se vayan a ganar, tal como se haya calculado. En los cálculos no están incluidos los factores fortuitos como huelgas, incendios, derrumbes, etc; simplemente porque no es posible predecirlos y no es posible asegurar que una empresa de nueva creación o cualquier otra, está a salvo de factores fortuitos. Estos factores también pueden caer en el ámbito de lo económico o político, como lo es el caso de las devaluaciones, golpes de estado, etc.

Por estas razones, la toma de decisión acerca de invertir en determinado proyecto siempre debe recaer no en una sola persona ni en el análisis de datos parciales, sino en grupos multidisciplinarios que cuenten con la mayor cantidad de información posible. A toda la actividad encaminada a tomar una decisión de inversión sobre un proyecto de inversión se le llama Evaluación de proyectos de inversión. Con las ideas anteriores formamos la siguiente definición

#### ***Evaluación de Proyectos de Inversión***

Es la recopilación, creación y análisis en forma sistemática de un conjunto de antecedentes económicos, que permiten juzgar tanto cualitativamente como cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada propuesta de inversión.

Así, la evaluación de un proyecto de inversión, cualquiera que éste sea, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable. Sólo así es posible asignar los recursos económicos a la mejor alternativa.

## 2.2 TIPOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Los proyectos de inversión pueden clasificarse de acuerdo a muchos criterios y desde diferentes puntos de vista, sin embargo, la clasificación que se presenta trata de abarcar de manera general los distintos tipos de proyectos de inversión que puede haber.

**Por su carácter:**

**Económico**

**Social**

**Por los resultados a obtener:**

**No rentables.  
No medibles.  
De reemplazo.  
De expansión.  
De modernización.**

**Por su naturaleza:**

**Independientes.  
Complementarias.  
Mutuamente Excluyentes.  
Estratégicas.**

***Proyecto de Inversión Económico***

Un proyecto de inversión es considerado de carácter económico cuando la decisión de su realización se basa en la existencia de un mercado que demande el bien o servicio de tal manera que se mantengan los niveles de producción y precios proyectados.

***Proyecto de Inversión Social***

Un proyecto de inversión es considerado de carácter social cuando la decisión de su realización no depende de que el mercado tenga la capacidad de pagar los precios o costos del bien o servicio ofrecido, sino de la importancia y necesidad del mismo para la sociedad, por ejemplo construcción de canchas deportivas, etc.

**Proyecto de Inversión no Rentable**

Son aquellos que ocasionan salida de fondos, cuyo objetivo general no es para obtener utilidades directas, tal es el caso, por ejemplo de la inversión en construcciones para estacionamientos, canchas deportivas, etc.

**Proyecto de Inversión No Medible**

Son aquellos que ocasionan salida de fondos, cuyo objetivo general es el de obtener una utilidad directa y cuya cuantía es difícil de precisar; por ejemplo inversiones en investigaciones de nuevos mercados, nuevos productos, nuevos usos al producto, etc.

**Proyecto de Inversión de Reemplazo**

Este tipo de proyecto son aquellos que ocasionan salida de fondos, cuyo objetivo general es el de substituir equipos; por ejemplo un equipo de fábrica, puede prolongar su vida útil mediante reparaciones, mantenimiento, etc; pero llegado el momento, en que su costo de reparación y mantenimiento sea mayor que el costo del equipo substituto, lo que ocasionará el reemplazo del equipo.

**Proyecto de Inversión de Expansión**

Son aquellos que ocasionan salida de fondos, cuyo objetivo general es el de aumentar la capacidad de inversión existente, por ejemplo la inversión destinada a aumentar la capacidad instalada, motivada por el incremento de las ventas y demanda de los productos de la empresa.

**Proyecto de Inversión de Modernización**

Son aquellos que se efectúan para mejorar la eficiencia de la empresa tanto en su fase productiva como en la de la comercialización de los productos.

**Proyectos de Inversión Independientes**

Dos o más inversiones son independientes cuando no guardan ninguna relación o dependencia económica entre si.

**Proyectos de Inversión Complementarios**

Dos o más inversiones son complementarias cuando la ejecución de una de ella facilita o es condición para realizar las otras

**Proyectos de Inversión Mutuamente Excluyentes**

Son aquellos que, por su propia naturaleza, sólo se pueden llevar acabo uno de ellos; por ejemplo distintas utilizaciones posibles de una extensión de tierra, distintos equipos para desempeñar un mismo proceso, etc. En este tipo de inversiones es importante observar que existe una situación de

incompatibilidad entre las diferentes posibilidades y que solamente una de ellas podrá realizarse.

***Proyecto de Inversión Estratégico***

Son aquellos que al efectuarse afectan al fondo o a la esencia misma de la empresa, pues tomadas como conjunto conforman la estrategia de la empresa. Por su naturaleza estas inversiones son difíciles de analizar, conllevan generalmente una alta dosis de riesgo en todos sus elementos y sus efectos dentro de la organización son muy importantes. Como ejemplos de este tipo, podemos citar las inversiones para diversificación con nuevos productos, la cobertura de nuevos mercados geográficos, las inversiones asociadas con desarrollos tecnológicos, etc.

Ahora bien, en términos generales, si dos alternativas generan la misma utilidad o rentabilidad, una podrá ser mejor que la otra, si el riesgo que ocasiona es menor. El riesgo de los proyectos de inversión, se puede establecer en términos de:

- ✓ Seguridad o incertidumbre de utilidades por generar.
- ✓ Obsolescencia de la inversión.
- ✓ Accesibilidad a servicios, refacciones y mantenimiento del equipo.
- ✓ Capacidad involucrada, etc.

## 2.3 METODOS PARA EVALUAR PROYECTOS DE INVERSION

Aunque cada proyecto de inversión es único y distinto a todos los demás, la metodología que se aplica en cada uno de ellos tiene la particularidad de poder adaptarse a cualquier proyecto. Las áreas generales en las que se puede aplicar la metodología de la evaluación de proyectos de inversión son:

- Instalación de una planta totalmente nueva.
- Elaboración de un nuevo producto en una planta ya existente.
- Ampliación de la capacidad instalada o creación de sucursales.
- Sustitución de maquinaria por obsolescencia o capacidad insuficiente.

Para aceptar o rechazar un proyecto de inversión, es necesario aplicar algún método de análisis para evaluar la inversión, observando como base:

- a) Los beneficios que pueda generar en el futuro.
- b) Los conceptos de riesgo e incertidumbre.

Lo anterior, en virtud de que una empresa, generalmente, tiene limitación de fondos disponibles, y de que los ingresos y pagos que genera cada proyecto son ciertos y se consideran efectuados al final de cada ejercicio contable.

Ahora bien, en la práctica existen varios métodos para evaluar las inversiones, pero en este trabajo de Tesis se verán los siguientes:

- **Métodos Empíricos (no hay cálculos):**

- Intuitivo***

- Este método se basa en la experiencia y juicios personales del analista, para escoger o seleccionar la inversión.

- De corazonada***

- Este método, se basa en escoger de varios proyectos, aquél que presiente o piensa, o le late al analista que es la mejor inversión.

- Imitación***

- Este método, se basa en escoger un proyecto de inversión porque así lo hizo la competencia, vecino u otra empresa que aparentemente le es rentable, es decir, imita el proyecto de inversión.

- **Métodos Científicos (matemáticos):**

- Valor Presente Neto.***

- Tasa Interna de Rendimiento.***

Estos métodos se analizan con más detalle en el siguiente capítulo.

Así, centramos el trabajo sobre los métodos matemáticos solamente, ya que en la actualidad con la situación que enfrenta el país, devaluaciones, inflaciones, etc; no es muy lógico o conveniente invertir imitando a alguien, por corazonada o por simple intuición.

# **CAPITULO 3**

## **MÉTODOS APROXIMADOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**P**uesto que el dinero puede ganar un cierto interés, cuando se invierte por un cierto período usualmente un año, es importante reconocer que un peso que se reciba en el futuro valdrá menos que un peso que se tenga actualmente. Es precisamente esta relación entre el interés y el tiempo lo que conduce al concepto del valor del dinero a través del tiempo. Por ejemplo, un peso que se tenga actualmente puede acumular intereses durante un año, mientras que un peso que se reciba dentro de un año no nos producirá ningún rendimiento. Por consiguiente, el valor del dinero a través del tiempo significa que cantidades iguales de dinero no tienen el mismo valor, si se encuentran en puntos diferentes en el tiempo y si la tasa de interés es mayor que cero.

Así, si deseamos saber el valor o cantidad futura,  $F$ , que obtendríamos de un valor o cantidad presente,  $P$ , a una cierta tasa de interés,  $i$ , durante un número  $n$  de periodos o años, tendríamos que utilizar la fórmula

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

la cual puede ser expresada de la siguiente forma

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

y se utilizará para determinar la cantidad o valor presente,  $P$ , que se tienen que invertir durante  $n$  años o periodos a una tasa de interés  $i$ , para acumular una cantidad o valor futuro  $F$ .

El concepto del valor del dinero a través del tiempo nos muestra que los flujos de efectivo pueden ser trasladados a cantidades equivalentes a cualquier punto del tiempo. Existen diversos métodos para comparar estas cantidades equivalentes, de los cuales tomaremos

**EL Método del Valor Presente Neto.**

**EL Método de la Tasa Interna de Rendimiento.**

Los dos métodos anteriores son equivalentes, es decir, si un proyecto de inversión es analizado correctamente con cada uno de estos métodos, la decisión recomendada será la misma. La selección de cual método usar dependerá del problema que se vaya a analizar, de las preferencias del analista y, de cuál arroja los resultados en una forma que sea fácilmente comprendida por las personas involucradas en el proceso de toma de decisiones.

### 3.1 MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO.

El método del valor presente neto es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado. El Valor Presente Neto es un método que toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

Para comprender mejor este método, consideremos un proyecto que origina ingresos de fondo (antes de los pagos a capital) de  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$  al final de los años 0, 1, 2, ..., n. Si la tasa de recuperación mínima atractiva,  $i$ , es una constante, el valor presente de los ingresos en efectivo,  $B$ , está dado por la expresión

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

Supongamos que los pagos en efectivo (incluido el desembolso inicial) asociados con el proyecto son  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_n$  al final de los años 0, 1, 2, ..., n. El valor presente de los pagos en efectivo,  $C$ , está dado por la expresión

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

Entonces, definimos el Valor Presente Neto (VPN) de un proyecto como la diferencia entre  $B$  y  $C$ , es decir

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{b_t - c_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

donde:

$S_0$  = Inversión o desembolso inicial.

$S_t$  = Flujos de efectivo neto del periodo  $t$ .

$n$  = Número de periodos de vida del proyecto.

$i$  = Tasa de recuperación mínima atractiva.

En base a la fórmula anterior, el mecanismo y razonamiento para aceptar o rechazar un proyecto de inversión es el siguiente:

Se trasladan los flujos de efectivo del proyecto hacia el momento cero aplicando una tasa de descuento, que es en pocas palabras la tasa de rendimiento que los inversionistas obtendrán del proyecto, obteniendo así un monto total equivalente (en el momento cero); este monto debe ser comparado con el monto o inversión inicial. Cuando la equivalencia de los flujos sea igual o mayor al monto de la inversión inicial, entonces es recomendable aceptar el proyecto ya que estamos obteniendo una ganancia neta igual al VPN.

Ahora, si el monto de los flujos de efectivo es menor a la inversión inicial, el proyecto debe rechazarse, ya que en este caso estamos perdiendo dinero en un monto igual al VPN.

Cuando hablamos del VPN, hablamos de la tasa de descuento a la que debemos de trasladar los flujos de efectivo al momento cero. Esta tasa de descuento, es el rendimiento que esperamos del proyecto. Ahora bien, que rendimiento es el que un inversionista debe de esperar del proyecto? Supongamos que vamos a poner nuestro capital en un proyecto dado, cual es la tasa mínima que debemos esperar del mismo?. A esta tasa se le llama tasa mínima de recuperación (TREMA). Ahora en que debemos basarnos para fijar nuestra TREMA?

Una creencia común es que esperemos la tasa máxima que obtendríamos de un banco o de una casa de bolsa (costo de capital); sin embargo no estamos tomando en cuenta la inflación, por lo que la TREMA debe ser como mínimo la tasa real que podemos obtener de un banco o casa de bolsa. Debemos tomar en cuenta que si la tasa real es negativa, entonces la TREMA debe ser como mínimo igual a la inflación.

Otro aspecto importante es que al invertir nuestro dinero en el proyecto, esperamos ganar mas de lo que nos da el banco, por lo tanto debemos sumar otros puntos a nuestra TREMA, estos puntos están relacionados con el riesgo del proyecto, es decir, si el proyecto es muy riesgoso, debemos esperar una ganancia mayor a que si el proyecto no tiene riesgo. A estos puntos extras se les llama "premio por riesgo".

De aquí podemos decir que:

$$\text{TREMA} = \text{tasa real o inflación} + \text{Premio por riesgo}$$

Otro punto importante es que algunos inversionistas cuentan con otras posibilidades propias de inversión, las cuales pueden redituarle cierta ganancia, por lo que para estos casos la TREMA debe ser igual o mayor a el rendimiento que se pueda obtener de estas otras opciones.

Cabe mencionar que algunos autores utilizan como valor de  $i$  el costo de capital en lugar de Tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA). Sin embargo existen algunas desventajas al usar como valor de  $i$  el costo de capital. Algunas de estas desventajas son:

- 1) Difícil de evaluar y actualizar.
- 2) Puede conducir a tomar malas decisiones puesto que al utilizar el costo de capital, proyectos con valores presentes positivos cercanos a cero serían aceptados.

Sin embargo, es obvio que estos proyectos en general no son muy atractivos. Por otra parte el utilizar como valor de  $i$  la TREMA, tiene la ventaja de ser establecida muy fácilmente, además es muy fácil considerar en ella factores tales como el riesgo que representa un determinado proyecto, la disponibilidad de dinero de la empresa y la tasa de inflación prevaiente en la economía nacional.

El método del VPN tiene la ventaja de ser siempre único, independientemente del comportamiento que sigan los flujos de efectivo que genera el proyecto de inversión. Esta característica del VPN lo hace ser preferido para utilizarse en situaciones en que el comportamiento irregular de los flujos de efectivo, origina el fenómeno de tasas múltiples de rendimiento.

Finalmente, conviene mencionar que en la mayoría de los casos, el VPN para diferentes valores de  $i$ , se comporta como aparece en la figura 3.1. Lo anterior se debe al hecho de que generalmente todos los proyectos de inversión demandan desembolsos en su etapa inicial y generan ingresos en lo sucesivo. Sin embargo, no se debe de descartar la posibilidad de encontrar proyectos de inversión con graficas completamente diferentes a la figura 3.1.

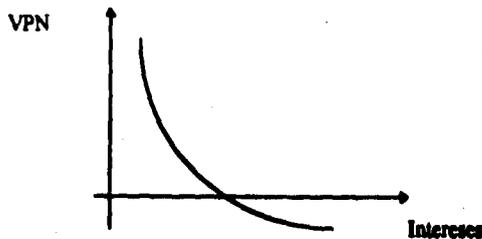


FIGURA 3.1

### 📖 Ejemplo 1

Para ilustrar cómo el método del VPN se puede aplicar al análisis y evaluación sobre un proyecto individual supongamos que un proyecto de inversión requiere de una inversión inicial de \$200,000. Sus gastos de operación y mantenimiento son de \$20,000 para el primer año, y se espera que estos costos crezcan en el futuro a una razón del 10% anual. La vida estimada del proyecto es de 10 años al final de los cuales su valor de rescate se estima en \$50,000. Finalmente, suponga que los ingresos que genera este proyecto son de \$50,000 el primer año y se espera en lo sucesivo que éstos aumenten a una razón constante de \$4,000 por año. Si la TREMA es de 25%, ¿debería este proyecto ser aceptado?

Lo anterior queda establecido en la siguiente tabla

Años	Gastos y operación	Ingresos
1	20,000.00	50,000
2	22,000.00	54,000
3	24,200.00	58,000
4	26,620.00	62,000
5	29,282.00	66,000
6	32,210.20	70,000
7	35,431.22	74,000
8	38,974.34	78,000
9	42,871.78	82,000
10	47,158.95	86,000

Valor de rescate  
50,000

Inversión inicial  
200,000.00

TREMA  
10 %

Aplicando la fórmula del VPN tenemos

$$VPN = -200000 + \frac{(20000 - 50000)}{(1 + 0.10)} + \frac{(22000 - 54000)}{(1 + 0.10)^2} + \dots + \frac{(47158.95 - (86000 + 50000))}{(1 + 0.10)^{10}}$$

$$VPN = 16,975.54$$

y como el VPN es positivo, se recomienda adquirir el equipo.

De acuerdo a este ejemplo es obvio que siempre que el valor presente neto de un proyecto de inversión sea positivo, la decisión será emprenderlo. Sin embargo, sería conveniente analizar la justificación de esta regla de decisión. Primero cuando el valor presente neto es positivo, significa que el rendimiento que se espera obtener del proyecto de inversión es mayor al rendimiento mínimo requerido por la empresa (TREMA). También, cuando el valor presente de un

proyecto es positivo, significa que se va a incrementar el valor del capital de los accionistas.

Por otro lado que pasaría si en lugar de tomar una TREMA de 10% tomáramos una del 25% o del 30% o una mayor?. Los resultados para diferentes valores de TREMA serían

TREMA	Valor Presente Neto
5 %	75,761.79
10 %	16,975.54
15 %	( 24,890.27)
20 %	( 55,047.29)
25 %	( 77,726.52)
30 %	( 95,059.72)
35 %	( 108,582.82)
40 %	( 119,331.58)

por lo tanto si escogieramos una TREMA mayor de 10% el VPN sería negativo, entonces, el proyecto debe ser rechazado. Lo anterior significa que cuando TREMA es demasiado grande, existen muchas probabilidades de rechazar los nuevos proyectos de inversión. El resultado anterior es bastante obvio, puesto que un valor grande de TREMA significa que una cantidad muy grande en el futuro, o equivalentemente, que una cantidad futura representa una cantidad muy pequeña en el presente.

Finalmente, cuando la TREMA es muy pequeña, el valor presente es muy grande, lo cual significa que cuando TREMA es pequeña existen mayores probabilidades de aceptación, puesto que en estas condiciones el dinero no tendría ningún valor a través del tiempo.

### 3.1.1 Selección de Proyectos Mutuamente Exclusivos.

En la sección anterior se describió el proceder cuando tenemos un proyecto individual. Sin embargo, sería conveniente mostrar la metodología a seguir cuando se quiere seleccionar una alternativa de entre varias mutuamente exclusivas. Para esta situación existen varios procedimientos equivalentes, es decir, la decisión final a la cual se llega con cada uno de ellos es la misma. El procedimiento que seguiremos se llama *Valor presente de la Inversión total*.

### Valor presente de la inversión total.

Las normas de utilización de este procedimiento son muy sencillas, todo lo que se requiere hacer es determinar el valor presente de los flujos de efectivo que genera cada alternativa y entonces seleccionar aquella que tenga el valor presente máximo. Sin embargo, conviene señalar que el valor presente de la alternativa seleccionada tiene que ser mayor que cero, ya que de esta manera el rendimiento que se obtiene es mayor que el interés mínimo atractivo.

Para ilustrar el procedimiento anteriormente señalado, considere que cierta empresa desea seleccionar una de las alternativas presentadas en la siguiente tabla

Tiempo	Opción A	Opción B	Opción C
0	-100,000	-180,000	-210,000
1-5	40,000	80,000	85,000

También suponga que la empresa utiliza para evaluar sus proyectos de inversión una TREMA del 25%. ¿Cuál sería la mejor opción?

Calculamos el valor presente neto de cada una de las opciones, obteniendo

$$VPN_A = -100000 + \frac{40000}{(1.25)} + \dots + \frac{40000}{(1.25)^5} = 7571$$

$$VPN_B = -180000 + \frac{80000}{(1.25)} + \dots + \frac{80000}{(1.25)^5} = 35142$$

$$VPN_C = -210000 + \frac{85000}{(1.25)} + \dots + \frac{85000}{(1.25)^5} = 18800$$

y puesto que el mayor valor presente corresponde a la alternativa B, entonces se debe de seleccionar esta alternativa.

Anteriormente, se seleccionó una alternativa. Sin embargo, es posible que en ciertos casos cuando se analizan alternativas mutuamente exclusivas, todas tengan valores presentes negativos. En tales casos, la decisión a tomar es "no hacer nada", es decir, se deberán rechazar todas las alternativas disponibles. Por otra parte, si de las alternativas que se tienen solamente se conocen sus costos, entonces la regla de decisión será minimizar el valor presente de los costos. También, es conveniente mencionar que bajo esta situación, la alternativa "no hacer nada" no se puede considerar, es decir, forzosamente se tendrá que seleccionar una de las alternativas (la de valor presente mínimo si se consideran los costos con signo positivo).

En el ejemplo anterior las alternativas mutuamente exclusivas tienen un tiempo de vida igual. Sin embargo, sería interesante analizar las implicaciones que resultan de comparar alternativas mutuamente exclusivas de diferentes tiempos de vida. Para tal efecto suponga que cierta empresa desea adquirir una maquinaria con la

cual se agilizará el transporte interno en el almacén de productos terminados. Investigaciones preliminares sobre los diferentes tipos de máquinas disponibles en el mercado han arrojado los resultados siguientes

	Máquina A	Máquina B
Inversión inicial	- 150,000	- 250,000
Vida	5 años	10 años
Ahorros netos/año	55,000	70,000

Considere también que la empresa utiliza una TREMA del 20%. Por último suponga que el servicio que va a proporcionar esta máquina será requerido por un tiempo de al menos 10 años.

El valor presente para cada una de las alternativas es

$$VPNA = \left( -150000 + \frac{55000}{(1.20)} + \dots + \frac{55000}{(1.20)^5} \right) \left( 1 + \frac{1}{(1.20)^5} \right) = 20299$$

$$VPNB = -250000 + \frac{70000}{(1.20)} + \dots + \frac{80000}{(1.20)^{10}} = 43500$$

y como el VPN de la máquina B es mayor, entonces debemos seleccionar dicha máquina.

El análisis anterior muestra que la mejor alternativa es la máquina B. Sin embargo, esta decisión puede ser engañosa, es decir, probablemente esta alternativa no sea la mejor. La razón por la que esta decisión no necesariamente es la mejor, se basa en el hecho de que en la primera alternativa se consideró implícitamente que en el año 5 se va a comprar una máquina idéntica a la anterior. Sin embargo, es obvio que en el año 5 habrá en el mercado máquinas cuyas características tecnológicas y de operación sean mucho más atractivas y ventajosas que las de la máquina actual y entonces, puede ser posible que la combinación de esas dos máquinas sea mejor que la máquina B.

La principal diferencia al considerar como horizonte de planeación el mínimo común múltiplo de las vidas de las diferentes alternativas, es suponer que en los ciclos sucesivos de cada alternativa se tendrán flujos de efectivo idénticos a los del primer ciclo. Lo razonable en esos casos sería

- 1) Pronosticar con mayor exactitud lo que va a ocurrir en el futuro, es decir, tratar de pronosticar las diferentes alternativas que estarán disponibles en el mercado para ese tiempo o
- 2) Utilizar como horizonte de planeación el menor de los tiempos de vida de las diferentes alternativas.

Finalmente, para concluir, podemos resumir que dependiendo del tamaño de TREMA será la decisión de que alternativa seleccionar, es decir,

- 1) Cuando la TREMA es grande, existe tendencia a seleccionar aquellas alternativas que ofrezcan en sus primeros años de vida los mayores flujos de efectivo.
- 2) Cuando la TREMA es pequeña, se tiende a seleccionar a aquellas alternativas que ofrezcan los mayores beneficios, aunque éstos estén muy retirados del período de iniciación de la vida de la alternativa.

### 3.2 MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR).

En todos los criterios de decisión, se utiliza alguna clase de índice, medida de equivalencia, o base de comparación capaz de resumir las diferencias de importancia que existen entre las alternativas de inversión. Es importante distinguir entre criterio de decisión y una base de comparación. Esta última es un índice que contiene cierta clase de información sobre la serie de ingresos y gastos a que da lugar una oportunidad de inversión.

La tasa interna de rendimiento (TIR) es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado y cuyo objetivo es evaluar si el rendimiento generado por el proyecto de inversión es aceptable o no desde el punto de vista de los inversionistas, de aquí que la TIR se considere también como el rendimiento que el proyecto nos genera sobre la inversión inicial. Podemos entonces, definirla como la tasa de interés que iguala a cero el valor presente neto de toda la serie de flujos de efectivo asociados con el proyecto de inversión, es decir, la tasa interna de rendimiento de un proyecto de inversión, es aquella tasa  $i^*$  que satisface la ecuación

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

donde

$S_t$  = Flujo de efectivo neto del período  $t$ .

$n$  = Número de períodos de vida del proyecto de inversión.

En términos económicos la tasa interna de rendimiento representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el *saldo del proyecto de una inversión*. ¿Qué es el saldo del proyecto de una inversión ?

Consideremos una inversión que genera los flujos de efectivo  $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$  al final de los años 0, 1, 2, ...,  $n$ . Si suponemos que la tasa de rentabilidad es  $i^*$ , el valor futuro de esta serie al final de cualquier año  $t$  ( $0 \leq t \leq n$ ) está dada por la expresión

$$F_t = S_0(1+i^*)^t + S_1(1+i^*)^{t-1} + \dots + S_t$$

$$F_t = \sum_{j=0}^t S_j(1+i^*)^{t-j}$$

Este valor se definirá como el saldo del proyecto de una inversión al final del año  $t$ . En particular, el saldo del proyecto al final de la vida del proyecto está dado por la expresión

$$F_n = S_0(1+i^*)^n + S_1(1+i^*)^{n-1} + \dots + S_n$$

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

que denominaremos *valor futuro del proyecto*. Obsérvese que el valor futuro siempre se mide al final de la vida del proyecto, y que en cambio el saldo del proyecto puede medirse en cualquier punto de la vida del proyecto.

Para percibir el significado económico del saldo del proyecto consideremos una inversión para la cual  $S_0 < 0$  y los  $S$  restantes no tienen restricciones de signos. Excepto para  $t=0$ , el saldo del proyecto  $F_t$  puede ser positivo, cero o negativo. Si  $i^*$  es la tasa general de rentabilidad de todo el proyecto,

- un  $F_t$  negativa significa que en el momento  $t$  la rentabilidad obtenida realmente es menor que  $i^*$ , y que la empresa ha obtenido ingresos menores de los que puede esperar. Por consiguiente, podemos afirmar que la empresa ha comprometido  $-F_t$  pesos en el proyecto durante el año  $t+1$ .
- un  $F_t$  positivo significa que en el momento  $t$  la rentabilidad es mayor que  $i^*$ , y que la empresa ha obtenido ingresos mayores de los que puede esperar. Por consiguiente, podemos afirmar que la empresa tiene un "préstamo" de  $F_t$  pesos originados en el proyecto durante el año  $t+1$ .
- un saldo de cero de  $F_t$  significa que en el momento  $t$  la rentabilidad obtenida realmente es exactamente igual a  $i^*$ .

Por lo tanto, con las ideas presentadas anteriormente la TIR se puede definir como la tasa de interés que se gana sobre el saldo del proyecto de una inversión, de tal modo que el saldo al final de la vida del proyecto de una inversión (valor futuro del proyecto de una inversión) es cero, es decir

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

Así, el criterio a seguir para aceptar o rechazar un proyecto de inversión en particular, es que una vez calculada la TIR,  $i^*$ , ésta se compara con la tasa de recuperación mínima atractiva TREMA y si TIR es mayor que TREMA entonces conviene que el proyecto de inversión sea emprendido, de lo contrario es rechazado.

## 📖 Ejemplo 2

Una litografía desea invertir en una máquina impresora con un costo de \$4,100 con los siguientes flujos de efectivo

	0	1	2	3	4	5
	-4000	1000	1000	1000	1000	1000

y una TREMA del 5%. ¿ Se debe aceptar el proyecto de inversión ?

Para encontrar la TIR, debemos buscar la  $i^*$  que satisface la ecuación

$$\sum_{t=0}^5 \frac{S_t}{(1+i^*)^t} = \frac{-4100}{(1+i^*)^0} + \frac{1000}{(1+i^*)^1} + \frac{1000}{(1+i^*)^2} + \dots + \frac{1000}{(1+i^*)^5} = 0$$

o la que satisface la ecuación

$$\sum_{t=0}^5 S_t(1+i^*)^{n-t} = -4100(1+i^*)^5 + 1000(1+i^*)^4 + 1000(1+i^*)^3 + \dots + 1000 = 0$$

Probando para varias tasas de interés, tenemos

5 %	220	293
6 %	112	150
7 %	0	0
8 %	-107	-158
9 %	-210	-324
10 %	-309	-498
11 %	-404	-681
12 %	-495	-873

Así, la solución de cualquiera de las ecuaciones demuestra que  $i^*$  es igual al 7%. Es decir, que la inversión contemplada aporta efectivo suficiente para pagarse ella misma en 5 años, y también para suministrar al propietario una rentabilidad del 7% sobre su inversión. Dicho de otro modo, si la máquina impresora se financia con fondos que cuestan el 7% anual, el efectivo aportado por la inversión será exactamente el necesario para reembolsar en 5 años el capital invertido y la tasa anual sobre el fondo. Por lo tanto como TIR = 7% es mayor que TREMA, se

debe aceptar el proyecto de inversión. Es claro que si se establece una TREMA superior al 7% entonces se debe rechazar el proyecto.

Lo anterior se puede verificar con la siguiente tabla, en la cual el saldo del proyecto al final de la vida de este es cero

Año	Flujo de efectivo	Saldo al inicio del año t	Interés sobre el saldo	Saldo al final del año t
0	- 4100	-	-	- 4100
1	1000	- 4100	- 287	- 3387
2	1000	- 3387	- 237	- 2624
3	1000	- 2624	- 184	- 1808
4	1000	- 1808	- 127	- 934
5	1000	- 934	- 65	0

Es importante mencionar que durante el cálculo de la TIR, muchas veces el valor de  $i^*$  que hace que el VPN o el saldo al final de la vida de el proyecto sean cero, está entre dos valores, entonces para calcular exactamente el valor de  $i^*$  se recomienda *Interpolar*<sup>4</sup> entre esos valores, si no encontramos el cero deseado, volvemos a tomar los dos valores más próximos y volvemos a interpolar, y así sucesivamente hasta encontrar el valor exacto de  $i^*$ .

<sup>4</sup> Utilizamos la fórmula de interpolación lineal

$$Y_t = Y_0 + \left( \frac{Y_n - Y_0}{n} \right) \cdot t$$

donde

$Y_0$ =dato inicial.

$Y_n$ =dato final.

$Y_t$ =dato en el periodo t.

n=número de periodos entre  $Y_0$  y  $Y_n$ .

t=año al que se quiere pronosticar.

### 3.2.1 Selección de Proyectos Mutuamente Exclusivos.

Para poder evaluar y saber como seleccionar alguno de los proyectos de inversión mutuamente exclusivos por el método de la TIR, debemos tomar en cuenta dos principios. Estos principios son los siguientes:

- ◆ Cada incremento de inversión debe ser justificado, es decir, la alternativa de mayor inversión será la mejor siempre y cuando, la tasa interna de rendimiento del incremento en la inversión sea mayor que TREMA.
- ◆ Solamente se puede comparar una alternativa de mayor inversión con una de menor inversión, si ésta ya ha sido justificada.

El criterio usual de selección al utilizar este método, es escoger el proyecto de mayor inversión para el cual todos los incrementos de inversión fueron justificados.

Con el criterio de decisión anterior, se está tratando de maximizar la cantidad de dinero en términos absolutos, en lugar de maximizar la eficiencia en la utilización del dinero.

La aplicación del criterio de selección que se recomienda utilizar con el método de la TIR, implica determinar la tasa interna de rendimiento del incremento de inversión. Esta tasa de rendimiento puede ser encontrada por cualquiera de las siguientes alternativas:

- Encontrar la tasa de interés para la cual los valores presentes de las dos alternativas son iguales.
- Encontrar la tasa de interés para la cual el valor presente de los flujos de efectivo de la diferencia entre las dos alternativas es igual a cero.

#### Ejemplo 3

De los siguientes proyectos de inversión, se desea seleccionar el más adecuado, suponiendo una TREMA del 15%.

Año	Proyecto A	Proyecto B
0	- 10000	- 15000
1	3344	4500
2	3344	4500
3	3344	4500
4	3344	4500
5	3344	4500

De acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, es necesario primero justificar el proyecto de menor inversión. Así, la TIR es aquella tasa que satisface la ecuación

$$VPN = -10000 + \sum_{t=1}^5 \frac{3344}{(1+i)^t} = 0$$

la cual resulta ser del 20%, según lo muestra la siguiente tabla

<b>r</b>	<b>VPN</b>
10 %	2676.39
15 %	1209.61
20 %	0
25 %	- 1007.05
30 %	- 1855.45

Como la TIR del proyecto A es mayor que TREMA, entonces, el proyecto de menor inversión ha sido justificado. Es importante señalar que en el caso de que se tengan muchos proyectos, el procedimiento anterior es repetido hasta que el primer proyecto se justifique. Si ningún proyecto es justificado, entonces la mejor decisión sería "no hacer nada".

Una vez que el proyecto A ha sido justificado, el siguiente paso es justificar el incremento en la inversión que requiere el proyecto B. Para tal propósito, vamos a expresar al proyecto B de la siguiente forma

$$B(15000)_{4500} = A(10000)_{3344} + (B-A)(5000)_{1156}$$

Es decir, el proyecto B puede ser expresado como la suma del proyecto A (el cual ya ha sido justificado), más una inversión de 5000 la cual genera 1156 cada año durante 5 años. Lo anterior significa, que el proyecto B debe ser aceptado en lugar del A, si la TIR del incremento en la inversión que requiere, es mayor que TREMA. Esto es obvio, puesto que sería ilógico incrementar la inversión si ésta no produce al menos un rendimiento igual a TREMA. Por consiguiente, la TIR del incremento en la inversión que requiere el proyecto B, es la tasa  $i^*$  que satisface la ecuación

$$VPN = -5000 + \sum_{t=1}^5 \frac{1156}{(1+i)^t} = 0$$

la cual resulta ser del 5%, y como es menor que TREMA, entonces el incremento en la inversión no se justifica y el mejor proyecto es el A.

#### Ejemplo 4

Considere los siguientes proyectos de inversión

Año	Propuesta A	Propuesta B
0	- 10000	- 15000
1	4000	2600
2	4000	2600
3	4000	2600
4	4000	2600
5	4000	2600

En este caso la metodología se aplicará en el caso en que solamente los gastos son conocidos. Como se explicará más adelante, existen flujos de efectivo para los cuales no existe tasa interna de rendimiento. Las propuestas A y B pertenecen a esta categoría, ya que sus flujos de efectivo están compuestos por puros egresos.

Quando se comparan proyectos donde solamente los gastos son conocidos, se está implícitamente suponiendo cualquiera de las siguientes situaciones

- ★ Los proyectos generan los mismos ingresos
- ★ Con todos los proyectos se ahorra la misma cantidad de dinero.

Para comparar proyectos en las circunstancias descritas anteriormente, es necesario estimar que el proyecto de menor inversión está justificado de antemano, es decir, cuando solamente los gastos de los proyectos son conocidos, la alternativa "no hacer nada" no puede ser considerada. Por consiguiente, el primer paso en la comparación de proyectos mutuamente exclusivos, sería justificar el incremento en la inversión del segundo proyecto de mayor inversión con respecto al de menor inversión. Si este incremento no se justifica, entonces se tratará de justificar el incremento en la inversión del tercer proyecto con respecto al primero, y así sucesivamente. En caso de que ningún incremento de inversión se justifique, el proyecto seleccionado sería el de menor inversión.

Para el caso que estamos analizando, el proyecto B requiere de una inversión adicional de 5000, a cambio de la cual producirá un ahorro en los costos de 1400 por año. Para esta información, la tasa de rendimiento del incremento en la inversión sería

$$VPN = -5000 + \sum_{t=1}^5 \frac{1400}{(1+i)^t} = 0$$

y puesto que  $i^*$  es 12.37%, el incremento en la inversión no se justifica y el mejor proyecto es el A.

### 3.2.2 Proyectos sin tasa interna de rendimiento, con una tasa interna de rendimiento y con múltiples tasas de rendimiento.

La mayoría de las propuestas de inversión que son analizadas en una empresa, consisten de un desembolso inicial, o una serie de desembolsos iniciales, seguidos por una serie de ingresos positivos. Para estas situaciones, como más adelante se verá, la existencia de una sola tasa interna de rendimiento facilita grandemente el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, no todas las propuestas de inversión generan flujos de efectivo de este tipo. Para algunas propuestas, los desembolsos requeridos no están restringidos a los primeros periodos de vida de la inversión. Por consiguiente, es posible que en los flujos de efectivo existan varios cambios de signo. Para estos casos, es posible que la propuesta presente el fenómeno de tasas múltiples de rendimiento.

Se debe de reconocer que existen algunos proyectos para los cuales no existe tasa de rendimiento. El ejemplo común de esta situación se presenta en los casos en que el flujo de efectivo está formado en su totalidad, ya sea por ingresos o egresos.

Generalmente, los casos más comunes de este tipo son los proyectos para los cuales se conocen solamente los egresos. Para este caso, no es posible determinar la tasa interna de rendimiento de cada proyecto en forma individual. Sin embargo, como ya se explicó anteriormente, sí es posible aplicar el método de la TIR en una forma incremental al análisis y evaluación de proyectos mutuamente exclusivos donde solamente los gastos son conocidos.

Porque es deseable y fácil de analizar las propuestas con una sola tasa interna de rendimiento, es necesario conocer las condiciones que se tienen que cumplir para que se garantice la existencia de una sola tasa de rendimiento. Se puede decir por norma general, que toda propuesta de inversión cuyos desembolsos ocurran en los primeros periodos de su vida, y los ingresos en los periodos posteriores, y además se cumpla que la suma absoluta de los ingresos es mayor que la suma absoluta de los egresos, la propuesta tendría una sola tasa de rendimiento.

La tabla siguiente muestra los flujos de efectivos de dos propuestas (A y B) que sí cumplen con las condiciones anteriores y dos propuestas (C y D) que no las cumplen

Año	A	B	C	D
0	- 5000	- 2000	- 10000	- 3000
1	1000	- 1000	5000	0
2	2000	- 500	6000	4000
3	3000	1500	15000	0
4	4000	2000	8000	- 5000
5	5000	2500	10000	8000

Para la propuesta A la suma de los ingresos (\$15,000) es mayor que la suma de los egresos (\$5,000) y para la propuesta B también los ingresos son mayor que

los egresos. Para estas propuestas sí se garantiza la existencia de una sola tasa de rendimiento. Sin embargo, para las propuestas C y D no podemos decir lo mismo.

Para la toma de decisiones, los proyectos con una sola tasa de rendimiento son mucho más fácil de manejar que los proyectos con múltiples tasas de rendimiento. Cuando se tienen varias tasas de rendimiento surgen preguntas tales como ¿Cuál tasa de rendimiento es la correcta? o ¿Son aplicables las reglas de decisión para la selección de proyectos cuando se presentan tasas múltiples de rendimiento?. La respuesta a estas preguntas se comprenderá mejor cuando se analice más adelante el método de James C. T. Mao.

Una forma de identificar la posibilidad de múltiples tasas de rendimiento es la siguiente, supongamos que deseamos obtener el VPN de la propuesta C de la tabla de flujos de efectivo anterior, la ecuación sería

$$VPN = -10000 + \frac{5000}{(1+i)^1} + \frac{6000}{(1+i)^2} - \frac{15000}{(1+i)^3} + \frac{8000}{(1+i)^4} + \frac{10000}{(1+i)^5} = 0$$

el cual sería un polinomio de grado 5, para el cual es posible que existan 5 raíces que satisfagan la ecuación. El número de raíces reales positivas es igual al número de tasa múltiples de rendimiento que tiene la propuesta de inversión. Sin embargo una regla útil para identificar la posibilidad de tasas múltiples de rendimiento, es la regla de los signos de Descartes para un polinomio de grado n. Esta regla dice que el número de raíces reales positivas de un polinomio de grado n, con coeficientes reales, no es nunca mayor que el número de cambios de signo en la sucesión de sus coeficientes, en caso de que el número de tales raíces sea menor, la diferencia será un número par.

Así para las propuestas A y B de la tabla anterior, la regla de los signos indica que no existe más de una tasa de rendimiento y en el caso de las propuestas C y D la regla de los signos indica que el número máximo de raíces reales positivas es tres.

### 3.2.3 Algoritmo de James C. T. Mao.

La aplicación del algoritmo, requiere que los proyectos sean clasificados en ciertas categorías. Esta clasificación permite visualizar más rápidamente a aquellos proyectos que presentan el fenómeno de tasas múltiples de rendimiento.

La clasificación consiste en dividir las inversiones en dos tipos:

#### ***Inversiones Simples***

Una inversión simple es aquella cuyo flujo de efectivos adopta la pauta de un desembolso inicial seguido exclusivamente por ingresos en efectivo.

### **Inversiones no Simples**

Una inversión no simple es aquella que tiene desembolsos que no se limitan al período inicial, y por el contrario se intercalan con los flujos de efectivo durante toda la vida del proyecto.

En los flujos de efectivo de las inversiones simples, solamente puede haber un cambio de signo. Con esto se garantiza la existencia de una sola tasa interna de rendimiento. Por el contrario, en los flujos de efectivo de las inversiones no simples pueden existir varios cambios de signo. Las inversiones no simples a su vez se dividen en inversiones no simples puras e inversiones no simples mixtas. De estas dos las que presentan el problema de tasas múltiples de rendimiento son las mixtas. Es importante hacer notar que las inversiones puras aunque tienen varios cambios de signos en sus flujos de efectivo, éstas solamente tienen una sola tasa interna de rendimiento.

Así, la distinción entre inversiones simples y no simples es muy fácil, basta con determinar el número de cambios de signo en el flujo de efectivo de la inversión. Pero para poder distinguir entre las inversiones no simples puras y mixtas tenemos que aplicar cualquiera de los dos criterios que posteriormente serán la base para el algoritmo de James C T Mao. Estos dos criterios son los siguientes:

- ✓ Una inversión pura está definida como una inversión en la que los saldos del proyecto evaluados con la TIR son negativos o ceros a través de la vida del proyecto, es decir, la inversión es pura en el sentido de que la firma no recibe demasado de su rentabilidad en ningún punto y por lo tanto no está endeudada con el proyecto. Por consiguiente, una inversión es pura si y sólo si  $F_t(i^*) < 0$  para  $t=0,1,2,\dots,n-1$ . En cambio una inversión no simple es mixta si  $F_t(i^*) \geq 0$  para algunos valores de  $t$  y  $F_t(i^*) \leq 0$  para el resto. Para inversiones puras si podemos hablar de su tasa interna de rendimiento, mientras que para las inversiones mixtas el rendimiento obtenido tiende a variar con la TREMA de la empresa.
  
- ✓ Como la inversión inicial es un desembolso, se puede lograr que cualquier inversión satisfaga la condición  $F_t(i) < 0$  para  $t=0,1,2,\dots,n-1$ , al incrementar el valor de  $i$  a algún valor crítico que llamaremos  $r_{min}$ . Con este valor de  $i$ ,  $F_n(r_{min})$  puede ser positivo, cero o negativo. Si  $F_n(r_{min}) > 0$ , entonces existe alguna tasa de interés  $r^*$  (rendimiento sobre el capital)  $> r_{min}$  que hará  $F_n(r^*) = 0$ . Puesto que  $r^* > r_{min}$  entonces  $F_t(r^*) < 0$  para  $t=0,1,2,\dots,n-1$  y por lo tanto la inversión es pura. Sin embargo, si  $F_n(r_{min}) < 0$ , existe alguna  $r^* < r_{min}$  que hará  $F_n(r^*) = 0$ . Puesto que  $r_{min}$  es la mínima tasa de interés para la que los saldos del proyecto para  $t=0,1,2,\dots,n-1$  son ceros o negativos, el proyecto no será una inversión pura, ya que los saldos del proyecto utilizando  $r^*$  pueden ser positivos o negativos. Por consiguiente, se puede concluir que una inversión es pura si  $F_n(r_{min}) > 0$  y es mixta si  $F_n(r_{min}) < 0$ .

El algoritmo de James C T Mao es un procedimiento que se recomienda utilizar en la evaluación de inversiones no simples. La descripción de este algoritmo se muestra a continuación.

**Paso 1** Hallar  $r_{min}$  (por tanteo).

(Recordar que  $r_{min}$  es tal que  $F_t(r_{min}) < 0$  para  $t=0, 1, 2, \dots, n-1$ )

**Paso 2** Hallar  $F_n(r_{min})$ .

**Paso 3**

† Si  $F_n(r_{min}) > 0$  la inversión es pura, por consiguiente existe una sola TIR,  $r^*$ , tal que  $F_n(r^*) = 0$  y que debe ser comparada con TREMA. Si  $TIR > TREMA$  la inversión es debe ser aceptada.

† Si  $F_n(r_{min}) < 0$  ir al paso 4.

**Paso 4**

Si  $F_n(r_{min}) < 0$ , la inversión es mixta y se deben calcular los saldos del proyecto de la siguiente forma

$$F_0(r^*, TREMA) = S_0$$

$$F_1(r^*, TREMA) = F_0(1+r^*) + S_1$$

$$\text{Si } F_0 < 0$$

$$F_1(r^*, TREMA) = F_0(1+TREMA) + S_1$$

$$\text{Si } F_0 > 0$$

$$F_t(r^*, TREMA) = F_{t-1}(1+r^*) + S_t$$

$$\text{Si } F_{t-1} < 0$$

$$F_t(r^*, TREMA) = F_{t-1}(1+TREMA) + S_t$$

$$\text{Si } F_{t-1} > 0$$

**Paso 5** Determine el valor de  $r^*$  de modo que

$$F_n(r^*, TREMA) = 0$$

si  $r^* > TREMA$ , entonces el proyecto debe ser aceptado.

En el algoritmo anterior se puede observar que el primer paso es encontrar por tanteos  $r_{min}$ . Con el valor de  $r_{min}$  se evalúa  $F_n(r_{min})$  y se determina si la inversión es pura o mixta. Si la inversión es pura, el problema de TIR múltiples no existe y la evaluación sería similar al de las inversiones simples. Por el contrario, si la inversión es mixta es necesario calcular  $r^*$  (rendimiento sobre el capital) de modo que  $F_n(r^*, TREMA) = 0$ . Si el rendimiento sobre el capital invertido es mayor que TREMA, el proyecto debe ser aceptado.

La diferencia fundamental entre las inversiones puras y mixtas estriba en los saldos del proyecto. En las inversiones puras, el saldo del proyecto siempre es negativo, es decir, el proyecto de inversión siempre nos debe y esta deuda se reduce a cero al final de la vida del proyecto. En las inversiones mixtas, el saldo del proyecto de la inversión puede ser positivo o negativo. Si el saldo es negativo, entonces después de transcurrir un período el proyecto nos deberá una cantidad que depende de  $r^*$ . Por otra parte, si el saldo es positivo, entonces significa que se dispone de cierta cantidad de dinero que puede ser invertida a una cierta tasa de interés igual a TREMA.

### 📖 Ejemplo 5

Suponga que una compañía que usa una TREMA de 25%, se encuentra analizando si acepta una inversión con los siguientes flujos de efectivo

Año	Flujo de efectivo
0	- 200
1	100
2	200
3	- 400
4	1000

Puesto que la inversión es no simple (debido al cambio de signos), el primer paso del análisis es determinar si el proyecto es una inversión pura o mixta, para esto aplicaremos el algoritmo anteriormente mencionado.

**Paso 1.** Calculamos  $r_{\min}$  de tal manera que  $F_t(r_{\min}) < 0$  para  $t=0, 1, 2, \dots, n-1$ , obteniendo los resultados

$r_{\min}$	$F_0$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
20 %	- 200	- 140.00	32.00	- 361.60
30 %	- 200	- 160.00	- 8.00	- 410.40
40 %	- 200	- 180.00	- 52.00	- 472.80

del cual tomamos que  $r_{\min}=30\%$ .

**Paso 2.** Calculamos el saldo del proyecto al final de la vida de este, así

$$F_4(r_{\min})=F_4(0.30)=-200(1.30)^4+100(1.30)^3+200(1.30)^2-400(1.30)-1000=466.48$$

que es positivo, por lo tanto la inversión es pura, y existe una sola TIR, la cual es aquella tasa que satisface

$$F_4(i^*)=0$$

obteniendo los siguientes resultados

<b>r</b>	<b>F(r)</b>
<b>30%</b>	<b>486.48</b>
<b>35%</b>	<b>406.24</b>
<b>40%</b>	<b>338.08</b>
<b>45%</b>	<b>281.28</b>
<b>50%</b>	<b>176.00</b>
<b>55%</b>	<b>75.49</b>
<b>60%</b>	<b>-29.12</b>

con lo cual vemos que la TIR está entre 55% y 60%, entonces para encontrar el valor exacto interpolamos entre esos dos valores hasta obtener el valor deseado.

**Tabla de Interpolación**

55%	78.48	58.00%	14	58.60%	1
56%	57.00	58.10%	12	58.61%	1
57%	35.00	58.20%	10	58.62%	1
58%	14.00	58.30%	7	58.63%	0.4
59%	-8.00	58.40%	5	58.64%	0.2
60%	-29.12	58.50%	3	58.65%	0
		58.60%	1	58.66%	-0.2
		58.70%	-1	58.67%	-0.4
		58.80%	-4	58.68%	-1
		58.90%	-6	58.69%	-1
		59.00%	-8	58.70%	-1

Así, la  $i^*$  es 58.65% y como es mayor que TREMA, el proyecto debe ser aceptado.

### Ejemplo 6

Suponga que cierta compañía que usa una TREMA de 25%, se encuentra analizando un proyecto de inversión que promete los siguientes flujos de efectivo

Año	0	1	2	3	4
Flujo	-600	80	20	70	100

Para distinguir si este proyecto es una inversión pura o mixta, es necesario primero determinar  $r_{min}$  y enseguida evaluar  $F_4(r_{min})$ .

Paso 1. Calculamos  $r_{min}$ , obteniendo la siguiente tabla de resultados

$r_{min}$	$F_0$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
20%	-600	80.00	-504.00	95.20
30%	-600	20.00	-574.00	-46.20
40%	-600	-40.00	-656.00	-218.20

en donde vemos que  $r_{min}$  es del 40%.

Paso 2. Calculamos el saldo del proyecto al final de la vida de este, así

$$F_4(r_{min}) = -205.76$$

y puesto que el valor es negativo, la inversión es mixta.

**Paso 3, 4 y 5.** Como el proyecto es una inversión mixta, el siguiente paso de acuerdo al algoritmo es encontrar el rendimiento sobre el capital invertido  $r^*$ . El valor de  $r^*$  se obtiene de resolver la ecuación

$$F_4(r^*, TREMA) = 0$$

Normalmente el procedimiento para encontrar el valor de  $r^*$  requiere de una serie de tanteos. Sin embargo, se recomienda que el primer tanteo para  $r^*$  sea un valor igual a TREMA. De esta manera, si  $F_4(r^*, TREMA) > 0$ , entonces significa que  $r^* > TREMA$  y el proyecto debe ser aceptado. Por el contrario, si  $F_4(r^*, TREMA) < 0$ , entonces significa que  $r^* < TREMA$  y el proyecto debe ser rechazado. Por consiguiente, si  $r^* = 25\%$ , el saldo del proyecto al final de la vida del proyecto sería

$$F_4(0.25) = -600(1.25)^4 + 800(1.25)^3 - 600(1.25)^2 + 700(1.25) + 100 = 135$$

puesto que este valor es positivo,  $r^* > 25\%$  y el proyecto debe ser aceptado. Para determinar el valor exacto de  $r^*$ , es necesario hacer una serie de tanteos hasta que su valor exacto es determinado. Por ejemplo, tomamos  $r^* = 31\%$ . Con este valor de  $r^*$ , los saldos del proyecto para cada uno de sus años es

$$\begin{aligned} F_0 &= -600 \\ F_1 &= -600(1+0.31) + 800 = 14 \\ F_2 &= 14(1+0.25) - 600 = -582.5 \\ F_3 &= -582.5(1+0.31) + 700 = -63.08 \\ F_4 &= -63.08(1+0.31) + 100 = 17.32 \end{aligned}$$

y como el saldo del proyecto al final del año 4 es positivo, es necesario aumentar el valor de  $r^*$  para satisfacer que  $F_4(r^*, TREMA) = 0$ . Así, el siguiente tanteo es con  $r^* = 32\%$ , para el cual los saldos del proyecto son

$$\begin{aligned} F_0 &= -600 \\ F_1 &= -600(1+0.32) + 800 = 8 \\ F_2 &= 8(1+0.25) - 600 = -590 \\ F_3 &= -590(1+0.32) + 700 = -78.80 \\ F_4 &= -78.8(1+0.32) + 100 = -4.01 \end{aligned}$$

y puesto que el saldo del proyecto al final de la vida del año 4 es negativo, el valor exacto de  $r^*$  está entre 31% y 32%. Interpolando entre estos valores

<b>31.00%</b>	<b>17.32</b>
<b>31.10%</b>	<b>15.00</b>
<b>31.20%</b>	<b>13.00</b>
<b>31.30%</b>	<b>11.00</b>
<b>31.40%</b>	<b>9.00</b>
<b>31.50%</b>	<b>7.00</b>
<b>31.60%</b>	<b>5.00</b>
<b>31.70%</b>	<b>2.00</b>
<b>31.80%</b>	<b>0.00</b>
<b>31.90%</b>	<b>- 2.00</b>
<b>32.00%</b>	<b>- 4.01</b>

encontramos que  $r^*=31.80\%$  y como es mayor que TREMA, el proyecto se acepta.

# **CAPITULO 4**

## **EFFECTO DE LA INFLACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

Incrementos significativos en el nivel general de precios tanto de los artículos como de los servicios, han originado la necesidad de modificar los procedimientos tradicionales de la evaluación de proyectos de inversión, con el objeto de lograr una mejor asignación del capital. Un ambiente crónico inflacionario disminuye notablemente el poder de compra de la unidad monetaria, causando graves divergencias entre flujos de efectivo futuros reales y nominales. De esta forma, puesto que estamos interesados en determinar rendimientos reales, debemos incluir explícitamente el impacto de la inflación al hacer un análisis económico.

Los analistas económicos consideran que los aumentos generales de los precios no pueden considerarse como un fenómeno circunstancial y aislado, sino que constituyen una realidad que debemos considerar como normal y prácticamente inherente al sistema de libre empresa. La inflación puede considerarse como una constante de nuestro tiempo, dado el mundo económico en que logra su desarrollo la empresa. En casi todos los países occidentales se ha observado, durante los últimos años, un aumento general de precios y el problema es más acentuado aún en los países en desarrollo, donde a veces encontramos tasas de inflación muy altas.

Aunque la palabra inflación es utilizada todos los días, mucha gente encuentra difícil definirla. La mayoría de las personas están conscientes que una determinada cantidad de dinero compra cada vez menos cantidad de artículos y servicios a medida que el tiempo transcurre. Sin embargo, muy probablemente esta gente no está capacitada para expresar este conocimiento cuantitativamente.

Antes de discutir el impacto de la inflación en la evaluación de proyectos de inversión, es conveniente decir algunas ideas sobre como medir la inflación. En términos simples, los resultados de las actividades de un negocio son expresados en pesos. Sin embargo, los pesos son una unidad imperfecta de medida, puesto que su valor cambia a través del tiempo. La inflación es el término que se usa para expresar esa disminución en valor. Por ejemplo, si se depositan 1000 en una cuenta de ahorro que paga el 10% anual, y el dinero es retirado después de un año, se puede decir que la tasa interna de rendimiento es 10%. Lo anterior es cierto siempre y cuando el poder adquisitivo del dinero retirado sea el mismo del año anterior, o expresado en otras palabras, el rendimiento es 10% si con el dinero obtenido puedo comprar un 10% más de bienes y servicios. Sin embargo, si la inflación ha reducido el valor del dinero en un 20%, entonces, el rendimiento real resulta en una pérdida económica en el poder de compra de un 8.4%. Por consiguiente, se puede decir que la inflación es la medida de la disminución en el poder de compra del peso.

## 4.1 INFLACIÓN.

Hasta el momento no hemos dado una definición formal de la inflación, la cual podemos decir que es **el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios.**

Existen diferentes tipos de inflación, las cuales se pueden clasificar de acuerdo a lo siguiente:

<b><u>Por su origen</u></b>	<b>Inflación monetaria Inflación de costos Inflación híbrida</b>
<b><u>Por su intensidad</u></b>	<b>Inflación mensurada Inflación alta Inflación muy alta Inflación altísima</b>
<b><u>Por su permanencia</u></b>	<b>Inflación temporal Inflación sostenida Inflación crónica</b>
<b><u>Por su control</u></b>	<b>Inflación controlada Inflación no controlada (Hiperinflación)</b>

### ***Inflación Monetaria***

Es el aumento generalizado y sostenido en el nivel general de precios, por exceso de demanda sobre los bienes y servicios de un país, motivada por el aumento explosivo del dinero en circulación, en relación a la producción de bienes y servicios.

### ***Inflación de Costos***

Cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel general de precios, por alzas continuas en el costo de materiales, salarios y dinero, por la escasez de recursos y fenómenos climatológicos desfavorables.

### ***Inflación Híbrida o mixta***

Es el aumento generalizado y sostenido en el nivel general de precios, por aumento explosivo del dinero en circulación en relación a la producción real de bienes y servicios, alzas continuas en el costo de materiales, salarios y dinero, por la escasez de recursos y fenómenos climatológicos desfavorables.

La inflación monetaria, de costos e híbrida tienen dos características importantes:

1. Es el principal elemento que afecta la paridad cambiaria del peso en relación con otras monedas (devaluación monetaria).
2. Sirve de referencia para la fijación de niveles de tasas de intereses.

***Inflación Medurada***

Es cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, es menor del 1% mensual.

***Inflación Alta***

Es cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, es mayor del 1% mensual y menor del 2% mensual.

***Inflación muy Alta***

Cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, es mayor del 2% mensual y menor del 9% mensual.

***Inflación Altísima***

Cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, es mayor del 9% mensual y cualquier otra cifra sobre el cual exista cierto control.

***Inflación Temporal***

Es cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, es por causas o situaciones transitorias y esporádicas.

***Inflación Sostenida***

Es cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel de precios, se mantiene por periodos de tiempo largo, inclusive años.

***Inflación Crónica***

Cuando el aumento generalizado y sostenido en el nivel general de precios, se indexan o indizan y se incorporan como un estilo de vida.

***Inflación Controlada***

Cuando existe cierto control en el aumento general y sostenido en el nivel de precios.

***Inflación No controlada o Hiperinflación***

Cuando el aumento general y sostenido en el nivel de precios, se sale por completo de control, es decir, donde hay posibilidad de emitir billetes por parte del Estado, y donde hay posibilidades de gastarlos a una velocidad mayor de su pérdida de valor.

Por otro lado, algunos de los efectos que causa la inflación son:

- ◆ Destrucción económica de la clase media
- ◆ Disminuye la productividad
- ◆ Disminuye la competitividad externa
- ◆ Disminuye el horizonte para Planeación Financiera
- ◆ Disminuye la inversión interna
- ◆ Disminuye la distribución de la riqueza
- ◆ Aumenta la pobreza
- ◆ Disminuye el empleo
- ◆ Aumenta el desempleo
- ◆ Aumenta el desequilibrio entre la oferta y la demanda
- etc.

Se ha definido la inflación y se han dado diferentes tipos y causas de la inflación, sin embargo necesitamos saber como podemos medirla; para medir la inflación tenemos diferentes tipos de tasas de interés, y algunas otras que se relacionan con la inflación, pero antes damos algunas definiciones que servirán para comprender esto.

#### ***Tasa de Interés***

Es la cantidad que debe retribuirse por el uso de una unidad de capital durante un intervalo de tiempo unitario.

En el mundo financiero es práctica generalizada definir el año como el intervalo de tiempo unitario y así, definir también la cantidad que debe retribuirse por el uso de una unidad de capital durante un año, como la tasa anual de interés.

Sin embargo, como podrá observarse, cualquier intervalo de tiempo  $t$  que se seleccione ( $t > 0$ ), definirá una tasa de interés relativa a esa unidad de tiempo.

De esa manera pueden tenerse diversas tasas de interés:

- + Si  $t$  es un año entonces la tasa de interés será anual
- + Si  $t$  es un semestre entonces la tasa de interés será semestral
- etc.

#### ***Tasa de Interés nominal***

Es el valor del capital retribuido por el uso de una unidad de capital (\$1) durante un cierto intervalo unitario de tiempo.

Las tasas de interés para medir la inflación son:

#### ***Tasa de Inflación esperada***

Para pronosticar o proyectar la tasa de inflación esperada, deberá considerarse el comportamiento de los siguientes factores:

- a. Cotización del peso contra el dólar U.S.
- b. Precio internacional de petróleo
- c. Precio internacional de las materias primas
- d. Aumentos salariales
- e. Precios de bienes y servicios del estado
- f. Deuda pública
- g. Ingreso real
- h. Ahorro e inversión nacional.

así la tasa de inflación esperada (TIE) aumentará (+) cuando

$$+TIE = +a+b+c+d+e+f-g-h$$

y bajará (-) cuando

$$-TIE = -a-b-c-d-e-f+g+h$$

### **Tasa de inflación anticipada**

Es el aumento en la tasa total, por la relación que existe entre la tasa de interés nominal y la tasa de inflación esperada.

Para calcular la tasa de inflación anticipada ocupamos la siguiente fórmula

$$TIA = (1.00 + \%TN)(1.00 + \%TI) - 1.00$$

donde

- TIA = Tasa de inflación anticipada
- TN = Tasa de interés nominal
- TI = Tasa de inflación esperada

### **Ejemplo 1**

Una empresa presta un capital al 20% de interés; la inflación esperada es del 20%. ¿Cuál será la tasa total, considerando el efecto de la inflación anticipada?

$$\begin{aligned} TN &= 20\% \\ TI &= 20\% \\ TIA &= X \\ TIA &= (1.00 + \%TN)(1.00 + \%TI) - 1.00 \\ TIA &= (1.00 + 20)(1.00 + 20) - 1.00 \\ TIA &= 1.44 - 1.00 \\ TIA &= 0.44 (44\%). \end{aligned}$$

Luego entonces, la tasa total será del 44% ya que

Tasa nominal de interés	=	20%
+Tasa de inflación esperada	=	20%
+Tasa por efectos de inflación	=	4%
Tasa total	=	44%

Dentro de las tasa de interés relacionadas con la inflación, consideramos:

#### **Tasas de Interés real**

Es la cantidad de capital retribuido por el uso de una unidad de capital (\$1) durante un intervalo de tiempo unitario (un año), descontado a la tasa de inflación correspondiente a ese mismo año.

Así, si tenemos una tasa de inversión o de "mercado" equivalente a una tasa de interés nominal  $i$  y la tasa de inflación se denota por  $l$ , entonces la tasa de interés real está dada por

$$r = \left( \frac{1+i}{1+l} \right) - 1$$

donde  $r$  puede tomar tanto valores positivos como negativos, dependiendo de los valores que tomen  $i$  (tasa de interés nominal) e  $l$  (tasa de inflación).

Para el caso en que  $\left( \frac{1+i}{1+l} \right) > 1$  entonces  $r > 0$ , pero si  $\left( \frac{1+i}{1+l} \right) < 1$  entonces  $r < 0$  y por lo tanto, en este último caso se estarán generando decrementos reales del capital en lugar de obtenerse incrementos reales.

#### **📖 Ejemplo 2**

Considérese la Inversión de un capital de \$1,000,000 durante un año en una cuenta de ahorros que paga una tasa nominal anual del 8%, en una economía que durante ese año presenta un proceso inflacionario del 19% anual.

El valor del capital acumulado durante ese año, estará dado por

$$1,000,000(1+.08) = 1,080,000$$

lo que indica que aparentemente se ha obtenido una retribución de \$80000 por la inversión del millón de pesos durante un año. Sin embargo qué es lo que ocurre al aplicar el concepto de rendimiento real?

en este caso

$$r = \left( \frac{1.08}{1.19} \right) - 1 = -0.092437$$

y por lo tanto

$$1,000,000(1+r) = 1,000,000(0.907563) = 907,563.03$$

lo que indica que la inversión realizada a una tasa de mercado del 8% nominal, ante la presencia de una inflación del 19%, no solamente no le produjo al ahorrador alguna utilidad, sino que por el contrario, le produjo una pérdida del 9.2% en el valor de su capital original, al pasar este de \$1000000 al principio del año de la inversión, a un valor real al final del mismo, de \$907,563.03

Para que el ahorrador tuviera en verdad un rendimiento que incrementara realmente su capital original al final del año, sería necesario que

$$\left( \frac{1+i}{1+I} \right) > 1$$

lo que implica que la tasa de mercado  $i$ , debe ser mayor que la tasa de inflación  $I$ .

## **4.2 EFECTO DE LA INFLACIÓN EN LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.**

En la evaluación de proyectos de inversión, la inflación puede afectar tanto los flujos de efectivo relacionados con cada proyecto, como la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA) requerida por la empresa. Nosotros vamos a centrar nuestra atención en el efecto de la inflación sobre los flujos netos de efectivo. En este sentido, es importante reconocer que existen diferentes situaciones en la problemática de las decisiones de inversión. Existen inversiones en las que el monto de los flujos de efectivo es independiente del grado de inflación. En otras situaciones la inflación afecta los flujos uniformemente y en la misma proporción. Y, por último, existen casos en que los efectos inflacionarios se producen con diferente intensidad en las diferentes componentes de los flujos. Nuestra recomendación para resolver el problema de la inflación en todas estas situaciones, es un procedimiento único, el cual se expone mas adelante.

Así mismo, es necesario mencionar que el efecto de la inflación en el valor real de los flujos de efectivo futuros de un proyecto no debe ser confundido con los cambios de valor que el dinero tiene a través del tiempo. Las dos situaciones anteriores producen el mismo efecto; un peso el próximo año tiene un valor menor que un peso ahora. Sin embargo, el cambio del valor del dinero a través del tiempo surge debido a que un peso ahora puede ser invertido a la tasa de interés prevaleciente en el mercado y recuperar ese peso y los intereses el próximo año. Por el contrario, el efecto de la inflación surge simplemente porque con un peso se compra más ahora que en el próximo año, debido a la alza general de los precios.

### **4.2.1 Efecto de la inflación en el VPN**

La empresa recibirá flujos de efectivo con valores reales unitarios cada vez menores, a medida que transcurre el tiempo, debido al incremento acumulativo del índice general de precios y a la consiguiente pérdida del poder adquisitivo de la moneda. Paralelamente, es importante establecer que los flujos de efectivo de las inversiones se estiman en términos monetarios y no en términos reales. Por lo tanto, para calcular el valor presente neto de una inversión en términos reales, no es suficiente el reconocer la importancia del dinero en función del tiempo, descontando los flujos a la tasa de recuperación mínima atractiva, sino además hay que incluir un segundo factor de homogeneización debido al efecto de la inflación, es decir los flujos de efectivo (que están en pesos corrientes) deben ser deflactados (para estar en pesos constantes) mediante un factor de inflación.

El VPN de los flujos de efectivo generados por un proyecto eran calculados con la fórmula

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

donde  $S_t$  era el flujo de efectivo neto para el período  $t$  y  $S_0$  era la inversión inicial. Sin embargo la expresión anterior sólo es válida cuando no existe inflación. Para el caso en que exista una tasa de inflación  $g$  el VPN se calculará mediante la fórmula

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\frac{S_t}{(1+g)^t}}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t(1+g)^t}$$

donde  $S_0$  es la inversión inicial y los flujos de efectivo de cada período son deflactados (pasados a pesos constantes) o sometidos al descuento inflacionario, mediante el factor de inflación  $1/(1+g)^t$ .

Cabe mencionar que en el caso de que la tasa de inflación es cero entonces la última ecuación se transforma en la primera.

#### ▣ Ejemplo 4

La compañía Alfa, S.A proyecta comprar un equipo de fabricación por \$10000 que se espera generen flujos netos de efectivo en los próximos 4 años de \$5000, \$4000, \$3000 y \$2000 respectivamente. Ahora bien, se pronostica una tasa promedio de inflación del 10% anual en la vida del proyecto. ¿Cuál será la decisión del ejecutivo responsable si la compañía utiliza una TREMA del 15%?

Suponiendo que el proyecto se presente sin inflación, el VPN estaría dado por la fórmula:

$$VPN = -10000 + \frac{5000}{(1.15)^1} + \frac{4000}{(1.15)^2} + \frac{3000}{(1.15)^3} + \frac{2000}{(1.15)^4} = 488.48$$

con lo cual vemos que el VPN es positivo y por lo tanto se tendría que aceptar el proyecto.

Ahora, si consideramos la inflación, veamos el efecto que produce; lo primero que tenemos que hacer, considerando la inflación, es deflactar los flujos de efectivo, es decir, proyectamos los flujos de efectivo a pesos constantes:

Año	Flujos de efectivo (pesos corrientes)	Factor de inflación $(1 + TI)^n$	Flujo de efectivo "nuevo" (pesos constantes)
	a	c	$d = \frac{b}{c}$
1	5000	$(1.10) = 1.100$	4548
2	4000	$(1.10)^2 = 1.210$	3308
3	3000	$(1.10)^3 = 1.331$	2254
4	2000	$(1.10)^4 = 1.464$	1368

Una vez deflactados, tomamos los nuevos flujos y obtenemos el valor presente neto, mediante la fórmula:

$$VPN = -10000 + \frac{4548}{(1.15)^1} + \frac{3308}{(1.15)^2} + \frac{2254}{(1.15)^3} + \frac{1336}{(1.15)^4} = -1301$$

Luego entonces como el VPN es negativo se rechaza el proyecto de inversión. Con esto vemos que la inflación convierte una inversión claramente atractiva en un proyecto de inversión no atractivo.

**ESTA TESTS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

#### **4.2.2 Efecto de la inflación en la TIR**

La tasa interna de rendimiento, está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente de una serie de ingresos y egresos (flujo de efectivos), es decir la TIR es aquella tasa de interés  $i^*$  que satisface la ecuación

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

donde  $S_t$  es el flujo de efectivo neto en el período  $t$ . Sin embargo, la expresión anterior sólo es válida cuando no existe inflación. En el caso de que exista una tasa de inflación promedio anual  $g$ , la ecuación anterior debe ser escrita en la forma siguiente

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

Esta última ecuación corrige el poder adquisitivo de los flujos de efectivo futuros. Si la tasa de inflación es cero la ecuación anterior es idéntica a la primera.

#### **Ejemplo 5**

La compañía Gama, S.A proyecta comprar equipo nuevo en 10000 que se espera generen flujos netos de efectivo en los próximos 5 años de 5000, 4000, 4800, 6000 y 4000 respectivamente, asimismo, se espera una tasa de inflación promedio del 20% anual; si la empresa tiene como política aceptar proyectos de inversión que tengan una TREMA del 20% ¿ cuál será la decisión ?.

Suponiendo que ignoramos la tasa de inflación, tenemos que se trata de una inversión simple y por lo tanto la TIR es aquella tasa de interés que satisface la ecuación

$$-10000 + \frac{5000}{(1+i^*)} + \frac{4000}{(1+i^*)^2} + \frac{4800}{(1+i^*)^3} + \frac{6000}{(1+i^*)^4} + \frac{4000}{(1+i^*)^5} = 0$$

probando para varias tasas de interés tenemos que el valor de TIR está entre 35% y 40%

%	VPN
5	10607
10	8039
15	5948
20	4223
25	2786
30	1576
35	548
40	-333
45	-1093
50	-1755
55	-2334
60	-2844

interpolando encontramos la TIR exacta que satisface la ecuación anterior

0.35	548.0	0.380	19.40	0.3810	1.78
0.36	371.8	0.381	1.78	0.3811	0
0.37	195.6	0.382	-16.84	0.3812	-2
0.38	19.4	0.383	-33.48	0.3813	-4
0.39	-156.8	0.384	-51.06	0.3814	-5
0.40	-333.0	0.385	-68.70	0.3815	-7
		0.386	-86.32	0.3816	-8
		0.387	-103.94	0.3817	-11
		0.388	-121.56	0.3818	-12
		0.389	-139.18	0.3819	-14
		0.390	-156.80	0.3820	-16

la cual es 38.11% y como es mayor que TREMA entonces el proyecto debe ser aceptado.

Pero como se debe considerar la tasa  $g$  de inflación, entonces primero debemos deflactar los flujos de efectivo netos, es decir, debemos proyectar los flujos netos de efectivo, que están en pesos corrientes, a pesos constantes

Año	Flujos de efectivo (pesos corrientes)	Factor de inflación $(1 + TI)^n$	Flujo de efectivo "ajustado" (pesos constantes)
a	b	c	$d = \frac{b}{c}$
1	6000	(1.20)	4167
2	4000	(1.20) <sup>2</sup>	2778
3	4800	(1.20) <sup>3</sup>	2770
4	6000	(1.20) <sup>4</sup>	2894
5	4000	(1.20) <sup>5</sup>	1608

Una vez deflactados, establecemos la ecuación para obtener la TIR en base a los nuevos flujos de efectivo

$$-10000 + \frac{4167}{(1+i)^1} + \frac{2778}{(1+i)^2} + \frac{2770}{(1+i)^3} + \frac{2894}{(1+i)^4} + \frac{1608}{(1+i)^5} = 0$$

y probando para varias tasas de interés, tenemos

%	VPN
5	2522
10	1140
15	-1
20	-953
25	-1758
30	-2444

con lo cual vemos que la TIR está entre 10% y 15%, así que interpolamos

0.10	1140.0	0.140	227.20	0.1490	21.82	0.14990	1.3
0.11	911.8	0.141	204.38	0.1491	19.50	0.14991	1.1
0.12	683.6	0.142	181.56	0.1492	17.00	0.14992	0.8
0.13	455.4	0.143	158.74	0.1493	15.00	0.14993	0.6
0.14	227.2	0.144	135.92	0.1494	13.00	0.14994	0.4
0.15	-1	0.145	113.10	0.1495	10.00	0.14995	0
		0.146	90.28	0.1496	8.00	0.14996	-0.08
		0.147	67.46	0.1497	6.00	0.14997	-0.31
		0.148	44.64	0.1498	4.00	0.14998	-0.54
		0.149	21.82	0.1499	1.00	0.14999	-0.77
		0.150	-1	0.1500	-1	0.15000	-1

y obtenemos que la TIR es del 14.99% (15%) que es menor que TREMA, por lo tanto el proyecto se rechaza.

Luego como se rechaza el proyecto de inversión, vemos que la inflación convierte una inversión claramente atractiva en un proyecto de inversión no atractivo.

### 📌 Ejemplo 6

Tomando el ejemplo 6 del capítulo anterior, en el cual teníamos un proyecto de inversión que generaba los siguientes flujos de efectivo

AÑO	0	1	2	3	4
FLUJO	-600	800	-600	700	100

y una TREMA del 25%. Si esperamos una tasa de inflación anual promedio del 20% ¿ se debe aceptar el proyecto de inversión ?.

En el capítulo anterior, obtuvimos una TIR del 38.1% la cual es mayor a la TREMA de la empresa y por lo tanto el proyecto se aceptaba. Si ahora consideramos una tasa promedio anual de inflación del 20% y encontramos la TIR tenemos:

Antes que cualquier otra cosa, debemos de considerar los flujos de efectivo y deflactarlos con el 20% de inflación que tenemos como tasa, entonces si deflactamos los flujos de efectivo se tiene que

FLUJOS DE EFECTIVO (Pesos Corrientes)	FLUJOS DE EFECTIVO (Pesos Constantes)
-600	-600.00
800	666.67
-600	-416.67
700	405.09
100	48.23

que son los "nuevos" flujos de efectivo.

Como vemos, se trata de una inversión no simple, debido al cambio de signos en los flujos de efectivo (regla de signos de Descartes), así que debemos distinguir si se trata de una inversión pura o mixta, para esto aplicamos el algoritmo de James C. T. Mao descrito en el capítulo anterior.

### Paso 1

Encontramos  $r_{min}$  de tal forma que  $F_t(r_{min}) \leq 0$  para  $t=0,1,2,\dots,n-1$ , haciendo cálculos tenemos

$r_{min}$	$F_0$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
0.20	-600	80.00	-504.00	85.20	
0.30	-600	20.00	-574.00	-46.20	
0.40	-600	-40.00	-656.00	-218.40	

en donde vemos que  $r_{min}=40\%$ .

### Paso 2 y 3

Calculamos  $F_4(r_{min})$ , y tenemos que  $F_4(0.40)=-676.93$ , como es negativo se trata de una inversión mixta.

### Paso 4 y 5

Como el proyecto es una inversión mixta, tenemos que encontrar el rendimiento sobre el capital invertido,  $r^*$ , así que probamos con  $r^*=5\%$  y obtenemos

$$\begin{aligned}F_0 &= -600 \\F_1 &= -600(1.05) + 666.67 = 36.67 \\F_2 &= 36.67(1.25) - 416.67 = -370.83 \\F_3 &= -370.83(1.05) + 405.09 = -2.82 \\F_4 &= -2.82(1.05) + 48.23 = 45.13\end{aligned}$$

Después probamos con  $r^*=10\%$

$$\begin{aligned}F_0 &= -600 \\F_1 &= -600(1.10) + 666.67 = 6.67 \\F_2 &= 6.67(1.25) - 416.67 = -408.33 \\F_3 &= -408.33(1.10) + 405.09 = -44.07 \\F_4 &= -44.07(1.10) + 48.23 = -9.60\end{aligned}$$

Por lo tanto, el valor de  $r^*$  está entre 5% y 10%, y para encontrar el valor exacto de  $r^*$  interpolamos

0.05	45.13	0.090	1.00	0.0900	1
0.06	34.00	0.091	-0.10	0.0901	0.9
0.07	23.00	0.092	-1.10	0.0902	0.8
0.08	12.00	0.093	-2.15	0.0903	0.7
0.09	1	0.094	-3.20	0.0904	0.6
0.10	-8.50	0.095	-4.25	0.0905	0.5
		0.096	-5.30	0.0906	0.4
		0.097	-6.35	0.0907	0.3
		0.098	-7.40	0.0908	0.2
		0.099	-8.45	0.0909	0.1
		0.100	-9.50	0.0910	0
					-0.1

con lo cual vemos que  $r^*=9.09\%$ . Y como  $9.09\% < \text{TREMA}$ , entonces el proyecto se rechaza. Una vez más vemos el fuerte impacto que la inflación tiene sobre un proyecto de inversión, el cual de tener una TIR del 38.1 que era muy superior a la TREMA, nos deja una TIR del 9.09% que es muy inferior a lo que espera la empresa con el 20% de TREMA.

## **CONCLUSIONES**

**L**a utilización de los métodos de evaluación de proyectos de inversión, permite decisiones de inversión que maximizan los beneficios de los accionistas de las empresas en el largo plazo, puesto que toman en consideración las inversiones y los beneficios que se producen en diferentes periodos. Al proporcionar un mecanismo para trasladar flujos de efectivo a través del tiempo, descontándolos o acumulándolos, los métodos permiten la transformación de los flujos ocurridos en distintos periodos, en un porcentaje o bien en valores monetarios uniformes que pueden ser comparados con las metas mínimas de inversión aprobadas por la empresa.

Así, cuando se está evaluando un solo proyecto, los métodos de VPN y TIR nos conducen a la misma decisión de aceptación o rechazo.

Por otro lado, si tenemos varios proyectos en evaluación y debemos de seleccionar uno de ellos, nos podemos encontrar con contradicciones como la siguiente: puede ser que la TIR del un proyecto A sea mayor a la TIR de un proyecto B, por lo que tomaríamos el proyecto A. Sin embargo podemos ver que el VPN del proyecto B es mayor al VPN del proyecto A por lo que deberíamos tomar el proyecto B. Cuando se presente una situación como esta, debemos decidir en base al VPN ya que la TIR es un porcentaje, que pasa por alto la escala de inversión, mientras que el VPN nos da la ganancia neta de los proyectos sin importar la TIR. Por lo tanto se recomienda utilizar el VPN.

Pero para calcular el VPN de una inversión en términos reales, no es suficiente el reconocer la importancia del dinero en función del tiempo, descontando los flujos a la tasa de recuperación mínima atractiva, sino además hay que incluir un segundo factor de homogeneización debido al efecto de la inflación, el cual surge simplemente porque con un peso se compra más ahora que en el próximo año, debido a la alza general de precios; es decir, los flujos de efectivo (que están en pesos corrientes) deben ser deflactados (para estar en pesos constantes) mediante un factor de inflación. Una vez hecho esto, se procede a comparar el VPN con la inversión inicial, aceptando el proyecto de inversión si el VPN es mayor.

Hasta hace relativamente poco tiempo, los negocios han tendido a ignorar el efecto inflacionario en la evaluación de sus nuevos proyectos de inversión, por considerarla de poco impacto en los rendimientos reales obtenidos. Muchos otros ejecutivos creen que ignorar la inflación es adoptar una postura conservadora. Sin embargo, se ha demostrado que la realidad es muy diferente, puesto que la mayoría de las inversiones son castigadas duramente por la inflación y se puede decir que casi no existen inversiones inmunes al efecto de la inflación. Lo anterior lo hemos visto a través de los ejemplos, en los cuales proyectos de inversión que tienen aparentemente un rendimiento bastante bueno con el cual se puede llevar acabo el proyecto, al considerar la inflación su rendimiento se torna malo y nos lleva a rechazar los proyectos.

Aunque es difícil evaluar proyectos de inversión en tiempos de altas tasa inflacionarias, es importante predecirlas y considerarlas en los estudios

**económicos. Por lo tanto es importante considerar la inflación sobre los proyectos de inversión para saber si realmente conviene emprenderlos o no.**

**Finalmente, cabe mencionar que en tiempos de altas tasas inflacionarias, los diferentes cursos de acción que se pueden tomar son:**

- 1) incrementar los precios a una tasa mayor que la inflacionaria**
- 2) incrementar la tasa de recuperación mínima atractiva y**
- 3) de ser posible arrendar el equipo en lugar de comprarlo.**

## **Bibliografía**

---

- 📖 **"ANÁLISIS FINANCIERO", JAMES C.T. MAO.**
- 📖 **"TOMA DE DECISIONES FINANCIERAS", A. PERDOMO MORENO.**
- 📖 **"INVERSIÓN VS INFLACIÓN", TIMOTHY HEYMAN.**
- 📖 **"PLANEACIÓN FINANCIERA", A. PERDOMO MORENO.**
- 📖 **"ADMINISTRACIÓN FINANCIERA DE LAS INVERSIONES II", A. PERDOMO MORENO.**
- 📖 **"EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN", G. URBINA.**
- 📖 **"DECISIONES DE INVERSIÓN EN LA EMPRESA", JOSÉ NICOLÁS MARIN XIMENEZ.**
- 📖 **"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN", RAÚL COSS BU.**
- 📖 **"TEORÍA DEL INTERÉS Y APLICACIONES FINANCIERAS", JORGE SALAS TORÁ.**
- 📖 **"EL COSTO DE LA VIDA EN LA CD. DE MÉXICO", DIEGO LÓPEZ ROSADO.**
- 📖 **"DICCIONARIO DE TÉRMINOS FINANCIEROS", RAFAEL BARANDIARÁN.**

## FE DE ERRATAS

- A través del contenido del texto dice desición debe decir decisión.
- A través del contenido del texto dice desiciones debe decir decisiones.

- En la página 17 dice

$$VPN = -200000 + \frac{(20000 - 50000)}{(1 + 0.10)} + \frac{(22000 - 54000)}{(1 + 0.10)^2} + \dots + \frac{(47158.95 - (86000 + 50000))}{(1 + 0.10)^{10}}$$

debe decir

$$VPN = -200000 + \frac{(50000 - 20000)}{(1 + 0.10)} + \frac{(54000 - 22000)}{(1 + 0.10)^2} + \dots + \frac{((86000 + 50000) - 47158.95)}{(1 + 0.10)^{10}}$$

- En la página 18 dice "se quiere seleccionar una alernativa" debe decir "se quiere seleccionar una alternativa".
- En la página 20 dice "la razón por la que esta desición" debe decir "la razón por la que esta decisión".
- En la página 29 dice en la propuesta C -10000, 5000, 6000, 15000, 8000 y 10000 debe decir -10000, 5000, 6000, -15000, 8000 y 10000.
- En la página 32 dice en el paso 3 "la inversión es debe ser aceptada" debe decir "la inversión debe ser aceptada".
- En la página 39 dice "las personas están conscientes" debe decir "las personas están concientes".