

Rentabilidad de Procesos Industriales: Herramientas para Toma de Decisiones Financieras

*Profitability of Industrial Processes: Tools for Financial Decision
Making*

Laura Olguin Villalobos¹ ; Luis Moncada Albitres³ 

RESUMEN

En este artículo, se abordan los métodos matemáticos utilizados para evaluar la rentabilidad de procesos industriales, y su importancia como herramientas en la toma de decisiones financieras. Se presentan los fundamentos de los métodos de evaluación de proyectos, como el retorno sobre la inversión (ROI), la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN), costos capitalizados y el tiempo de repago. Además, se explora la aplicación de estas técnicas en el análisis de inversiones en proyectos de ingeniería, y su relevancia para la toma de decisiones estratégicas en la industria.

Palabras clave: métodos matemáticos, evaluación de rentabilidad, proyectos industriales, decisiones financieras, ingeniería.

ABSTRACT

In this article, the mathematical methods used to evaluate the profitability of industrial processes are discussed, and their importance as tools in financial decision-making. Fundamentals of project evaluation methods are presented, such as return on investment (RSI), internal rate of return (IRR), net present value, capitalized costs, and payback time. In addition, the application of these techniques in the analysis of investments in engineering projects is explored, and its relevance for strategic decision making in the industry.

Keywords: mathematical methods, profitability evaluation, industrial projects, financial decisions, engineering.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la rentabilidad es un aspecto crítico en la toma de decisiones financieras para proyectos industriales. Los métodos matemáticos proporcionan herramientas precisas y confiables para analizar la viabilidad económica de proyectos y evaluar su atractivo desde el punto de vista financiero. En este artículo, se presentan los métodos matemáticos más utilizados para la evaluación de rentabilidad de proyectos industriales, destacando su importancia en la toma de decisiones estratégicas en la industria.

Antes de destinar un capital a un proyecto o empresa, es esencial evaluar el potencial de beneficio que podría obtenerse y determinar si sería más ventajoso invertir dicho capital en otra empresa o alternativa. Por lo tanto, el objetivo principal de un análisis económico es analizar y determinar los beneficios alcanzables mediante la inversión de capital y seleccionar la mejor opción entre varias alternativas.

Existen diversas razones para realizar inversiones de capital. En ocasiones, el propósito puede ser proporcionar un servicio que no necesariamente genera un beneficio monetario directo, como brindar instalaciones recreativas de uso libre para los trabajadores. En estos casos, la rentabilidad de la inversión no se puede expresar mediante cifras positivas. No obstante, en el ámbito del diseño de ingeniería, con frecuencia se enfrentan inversiones que tienen el potencial de generar beneficios tangibles.

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. rolguin@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. lmoncada@unitru.edu.pe

Las inversiones pueden llevarse a cabo para reemplazar o mejorar una propiedad existente, para desarrollar una nueva empresa u otros propósitos en los que se espera obtener un beneficio del capital invertido. En tales situaciones, resulta de suma importancia realizar un análisis minucioso sobre la utilización del capital para tomar decisiones fundamentadas y optimizar el rendimiento de la inversión.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio, se llevó a cabo una revisión detallada de la literatura científica relacionada con los métodos para la evaluación de la rentabilidad de proyectos industriales. Se recopilaron y analizaron diferentes publicaciones especializadas para ilustrar la aplicación de estos métodos en el análisis de inversiones en proyectos de ingeniería.

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Los métodos más comúnmente utilizados para evaluar la rentabilidad se agrupan bajo los siguientes títulos:

1. Retorno sobre la inversión (ROI): Este método calcula la relación entre la ganancia neta obtenida y el costo total de la inversión. Es una medida simple y ampliamente utilizada para determinar la rentabilidad de un proyecto o inversión.
2. Tasa interna de retorno (TIR): La TIR es la tasa de interés a la cual el valor presente neto de una inversión se vuelve igual a cero. Es una herramienta valiosa para evaluar la viabilidad de un proyecto, ya que indica la tasa de rendimiento que se lograría con la inversión.
3. Valor presente neto (VAN): El VAN es una técnica que calcula el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por una inversión, descontados a una tasa de interés determinada. Un VAN positivo indica que la inversión es rentable.
4. Costos capitalizados: Este método consiste en considerar los costos de inversión y gastos futuros como un único costo total. Es útil para determinar el valor de activos o proyectos a largo plazo.
5. Periodo de recuperación de la inversión (PRI): El periodo de recuperación de la inversión es el tiempo necesario para que los flujos de efectivo de una inversión igualen o recuperen el capital inicial invertido. Es una medida importante para evaluar la rapidez con la que una inversión puede generar beneficios.

Cada uno de estos métodos presenta ventajas y desventajas, y se ha escrito extensamente sobre las virtudes y aplicaciones de cada uno de ellos. Dado que no existe un método universalmente superior para todas las situaciones, el ingeniero debe comprender los conceptos fundamentales de cada método y tener la capacidad de seleccionar el más adecuado para satisfacer las necesidades específicas de la situación en cuestión. La elección del método apropiado es esencial para tomar decisiones informadas y acertadas en la evaluación de la rentabilidad de proyectos e inversiones.

3.1 Retorno sobre la inversión (ROI)

En estudios de ingeniería económica, la tasa de retorno sobre la inversión (ROI) se expresa comúnmente como un porcentaje sobre una base anual. Este indicador proporciona una medida del rendimiento económico de un proyecto o inversión a lo largo de un año. Para calcular el ROI, se divide el beneficio anual generado por la inversión inicial necesaria, lo que representa el retorno fraccional.

Matemáticamente, el ROI se representa de la siguiente manera:

$$ROI_a = \frac{U_a}{I_T} \times 100 \quad (1)$$

$$ROI_d = \frac{U_d}{I_T} \times 100 \quad (2)$$

donde:

- ROI_a = tasa de retorno sobre la inversión antes de los impuestos, %
- ROI_d = tasa de retorno sobre la inversión después de los impuestos, %
- U_a = utilidades antes de los impuestos, dólares / año
- U_d = utilidades después de impuestos, dólares / año

$$U_a = S - C \quad (3)$$

donde:

- C = costo total de producción, dólares / año

- S = ventas totales anuales, dólares / año

$$S = Ns \quad (4)$$

donde:

- N = producción anual, unidades / año
- s = precio de venta por unidad, dólares / unidad

$$U_d = U_a - t \times U_a \quad (5)$$

- t = tasa de impuestos a las utilidades, %
- I_T = inversión total, dólares

$$I_T = I_F + I_W \quad (6)$$

- I_F = inversión fija (capital fijo), dólares
- I_W = capital de trabajo, dólares

El ROI es un indicador fundamental para evaluar la rentabilidad de un proyecto o negocio. Un ROI positivo indica que los ingresos generados son mayores que los costos de la inversión inicial, lo que implica que el proyecto es rentable. Por otro lado, un ROI negativo indica que los costos superan los ingresos, lo que significa que el proyecto no es rentable. Por tanto, el ROI es una herramienta esencial para la toma de decisiones informadas en la evaluación de proyectos de inversión y la selección de las alternativas más adecuadas desde el punto de vista financiero.

El método estándar para determinar el retorno sobre la inversión (ROI) ha sido previamente presentado. Sin embargo, existe otro enfoque que en ocasiones se utiliza para evaluar el ROI y se basa en la suposición de que es posible obtener un cierto beneficio mínimo o retorno para una inversión. Este beneficio mínimo se considera como un costo ficticio que se agrega a los demás costos estándar asociados con la inversión. Cuando se calcula el ROI de esta manera, se denomina "retorno sobre la inversión con beneficio mínimo".

Bajo este enfoque, se establece un nivel deseado de retorno sobre la inversión que se considera aceptable o atractivo. Si el ROI resultante es igual o mayor que este nivel deseado, entonces la inversión es considerada atractiva y se espera que genere un rendimiento satisfactorio. Por otro lado, si el ROI es menor que el nivel deseado, la inversión puede ser considerada poco atractiva y se requerirían ajustes o considerar otras alternativas de inversión.

Este método con beneficio mínimo puede ser especialmente útil en situaciones donde se busca garantizar cierto nivel de rentabilidad o cuando se toman decisiones basadas en objetivos específicos de inversión. Al establecer un umbral de ROI mínimo, los inversionistas o tomadores de decisiones pueden asegurarse de que sus inversiones cumplan con ciertos criterios de rentabilidad previamente establecidos, lo que contribuye a una toma de decisiones más informada y orientada a objetivos. Es importante destacar que la elección del método de cálculo del ROI dependerá del contexto y los criterios específicos de evaluación de cada proyecto o inversión.

Ejemplo 1 Determinación del retorno sobre la inversión (efecto del impuesto a los ingresos)

Se busca realizar diversos análisis relacionados con el Retorno de Inversión (ROI) para una planta de manufactura. Para llevar a cabo este estudio, se contempla invertir un capital fijo de \$900,000 y un capital de trabajo de \$100,000. Los ingresos anuales proyectados alcanzan los \$800,000, mientras que los gastos anuales, incluyendo la depreciación, sumarán \$520,000 antes de aplicar los impuestos. Con el objetivo de que la inversión sea considerada rentable, se requiere un retorno sobre la inversión mínimo del 15% antes de impuestos. Cabe mencionar que el impuesto sobre los ingresos se establece en un 48%.

Las evaluaciones a realizar son las siguientes:

- Determinar el retorno sobre la inversión antes de los impuestos.
- Calcular el retorno sobre la inversión después de aplicar los impuestos.
- Estimar el retorno sobre la inversión antes de los impuestos basado en el beneficio mínimo requerido.
- Analizar el retorno sobre la inversión antes de los impuestos considerando la depreciación por la línea recta y asumiendo valor de salvamento cero.

Estos cálculos nos permitirán evaluar con detalle la viabilidad y rentabilidad de la inversión en la planta de manufactura, proporcionando una visión completa de los beneficios esperados y los aspectos fiscales involucrados en el proyecto.

Solución

- a) Beneficio anual antes de los impuestos = \$800 000 – \$520 000 = \$280 000

Retorno sobre la inversión antes de los impuestos

$$RSI_a = \frac{280000}{900000 + 100000} \times 100 = 28 \text{ por ciento}$$

- b) Utilidades anuales después de impuestos = (\$280 000) - (\$280 000)(0,48) = \$145600

Retorno sobre la inversión después de impuestos

$$RSI_d = \frac{145600}{900000 + 100000} \times 100 = 14,6 \text{ por ciento}$$

- c) Beneficio mínimo requerido por año antes de impuestos

$$= (\$900\,000 + \$100\,000)(0,15) = \$150\,000$$

Gastos ficticios basados en la recuperación de capital con beneficio mínimo =

$$\$520\,000 + \$150\,000 = \$670\,000/\text{año.}$$

Retorno sobre la inversión basado en la recuperación del capital con tasa de retorno mínima de 15 por ciento antes de impuestos

$$RSI_a = \frac{800000 - 670000}{900000 + 100000} \times 100 = 13 \text{ por ciento}$$

Los métodos previamente expuestos para calcular la tasa de retorno proporcionan resultados específicos que pueden aplicarse a un año particular o al promedio de varios años. Sin embargo, estos métodos no consideran el valor del dinero en el tiempo, ni tienen en cuenta la variación de costos y beneficios durante la duración de un proyecto.

Un ejemplo claro de costos que pueden variar a lo largo del periodo de vida de un proyecto son los costos de depreciación. Si se utiliza el método de depreciación lineal, estos costos se mantendrán constantes; sin embargo, emplear el método de saldo decreciente o la suma de los dígitos de los años para determinar los costos de depreciación podría resultar más beneficioso, ya que provocaría una variación inmediata de los costos y beneficios de un año a otro durante la vida del proyecto. En tales situaciones, un análisis de la rentabilidad basado en un solo punto en la curva de ganancias versus tiempo sería insuficiente, y podría ser más apropiado recurrir a un análisis de rentabilidad basado en el flujo de dinero en efectivo descontado, ampliamente conocido como tasa interna de retorno. Este enfoque permitirá considerar adecuadamente el valor del dinero en el tiempo y evaluar la verdadera rentabilidad del proyecto a lo largo de su vida útil.

3.2. Tasa interna de retorno (TIR)

El método de evaluación conocido como tasa interna de rendimiento, tasa de rendimiento descontado o método de inversionista, tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo y se basa en la cantidad de la inversión que no ha sido recuperada al final de cada año durante la vida estimada del proyecto.

Otra manera de concebir la tasa interna de rendimiento es considerarla como la tasa máxima que la empresa puede pagar por el financiamiento del proyecto. Para encontrar la tasa interna de rendimiento, se utiliza un procedimiento de búsqueda que busca una tasa de retorno que pueda aplicarse al flujo de dinero anual hasta que la inversión original se reduzca a cero durante la vida del proyecto. En este sentido, la tasa de retorno obtenida mediante este método es equivalente a la tasa máxima de interés (generalmente después de impuestos) a la cual el dinero puede ser prestado para financiar el proyecto, bajo la consideración de que el flujo neto de dinero para el proyecto durante su tiempo de vida es suficiente para pagar todo el principal y los intereses acumulados sobre el principal no pagado.

Ejemplo 2 Cálculo de la TIR

Para ilustrar los principios básicos involucrados en el cálculo de la tasa interna de retorno, analizaremos el caso de un proyecto propuesto con los siguientes datos:

Capital fijo invertido (IF) = \$100,000

Capital de trabajo invertido (IW) = \$10,000. Se recupera el capital de trabajo el último año.

Vida del proyecto (n) = 5 años

Valor de salvamento al final de la vida útil (VS) = \$10,000

Estos datos son fundamentales para realizar los cálculos necesarios y evaluar la rentabilidad del proyecto en función del flujo de dinero a lo largo de su vida útil. La tasa interna de retorno nos permitirá determinar la tasa máxima de interés que el proyecto puede pagar por su financiamiento y así evaluar su viabilidad y rendimiento potencial.

Tabla 1. Flujo de dinero estimado después de los impuestos

Año	Dinero
0	110 000
1	30 000
2	31 000
3	36 000
4	40 000
5	43 000

Nota: Basado en los ingresos totales menos los costos totales excepto la depreciación, \$ al final de cada año

Solución

Primero representaré la tasa de retorno como i , y con esta tasa llevaremos los flujos de dinero al inicio de la vida del proyecto (año cero); utilizando la metodología del valor presente del flujo de dinero (VPFD).

$$VPFD = -110000 + \frac{30000}{(1+i)} + \frac{31000}{(1+i)^2} + \frac{36000}{(1+i)^3} + \frac{40000}{(1+i)^4} + \frac{43000}{(1+i)^5} + \frac{10000}{(1+i)^5} + \frac{10000}{(1+i)^5}$$

La TIR es la tasa de interés a la que el valor presente del flujo de dinero de la inversión es igual cero.

Para el ejemplo se tiene:

$$VPFD = -110000 + \frac{30000}{(1+i)} + \frac{31000}{(1+i)^2} + \frac{36000}{(1+i)^3} + \frac{40000}{(1+i)^4} + \frac{43000}{(1+i)^5} = 0$$

Generalizando, la tasa de retorno se puede determinar usando la siguiente ecuación:

$$VPFD = -IT + IW * \frac{1}{(1+i)^n} + VS * \frac{1}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^n An = 0 \quad (10)$$

donde:

- $VPFD$ = valor presente del flujo de dinero
- IT = inversión total
- IW = inversión de capital de trabajo
- VS = valor de salvamento
- An = flujo de dinero al término de cada año (anualidad)
- n = años

Podemos ir calculando el VPFD para diferentes de tasas, y luego utilizar la técnica de la interpolación para calcular la TIR

Año (n)	Flujo de dinero, \$	i = 0,15		i = 0,20		i = 0.20716	
		Factor 1 $\frac{1}{(1+i)^n}$	Valor presente	Factor 1 $\frac{1}{(1+i)^n}$	Valor presente	Factor 1 $\frac{1}{(1+i)^n}$	Valor presente
0	(-110 000)						
1	30 000	0.8696	26086.95	0.8333	25000.00	0.8284	24851.71
2	31 000	0.7561	23440.45	0.6944	21527.77	0.686	21273.16
3	36 000	0.6575	23670.58	0.5787	20833.33	0.5685	20464.82
4	40 000	0.5718	22870.13	0.4823	19290.12	0.4709	18836.51
5	43 000	0.4972	21378.60	0.4019	17280.73	0.3901	16774.29
	+20 000	0.4972	9943.53	0.4019	8037.55	0.3901	7801.99
			127390.259		111969.522		110002.51

Sin embargo, otra forma de calcular la tasa interna de retorno es Graficando la Ec. (10). Usando MATLAB, para lo creamos un archivo m de la siguiente manera:

```
function y = vpfd(x)
y = 110000-30000*(1./((x + 1.0))) - 31000*(1./((x + 1.0).^2 )) - 36000*(1./((x + 1.0).^3)) -
40000*(1./((x + 1.0).^4)) - 43000*(1./((x + 1.0).^5))-10000*(1./((x + 1.0).^5))-10000*(1./((x
+ 1.0).^5));
```

luego en la ventana principal damos las ordenes siguientes

```
fplot('vpfd',[0.1 0.3])
grid
xlabel('Interés: i')
ylabel('VPFD')
```

Con lo cual se tiene la Figura 1

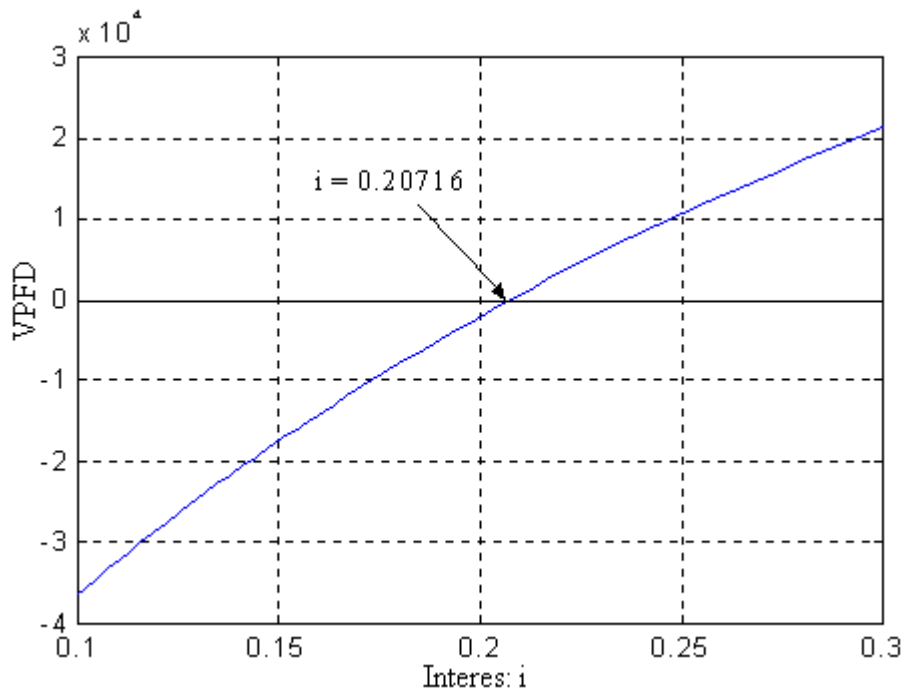


Figura 1. Análisis gráfico del VPFD y la TIR

3.3. Valor presente neto (VPN) o Valor actualizado Neto (VAN)

El método del valor presente neto (VPN) o valor actualizado neto (VAN) es una técnica que reemplaza el costo de capital, representado por una tasa de interés "i", por la tasa de retorno del flujo de dinero descontado. El costo de capital puede ser considerado como la tasa promedio de retorno que la compañía obtiene sobre su capital, o también puede ser definido como el retorno mínimo aceptable para el proyecto.

Para calcular el valor presente neto del proyecto, se realiza la diferencia entre el valor presente del flujo anual de dinero y la inversión inicial requerida. Un ejemplo para ilustrar este método se presenta en la Tabla 1, donde se considera una tasa de interés del 15% para el capital de la compañía. Bajo estas condiciones, el valor presente de los flujos de dinero es de \$127,390, mientras que la inversión inicial es de \$110,000. Por lo tanto, el valor presente neto del proyecto sería:

$$VPN = \$127,390 - \$110,000 = \$17,390$$

El cálculo del VPN se puede realizar utilizando la ecuación (10), donde reemplazamos el valor de "i" por la tasa de interés que la compañía paga por el dinero prestado, generalmente representada por la tasa de interés que el banco cobra al prestar dinero. (costo de capital)

$$VPN = I_W \times \frac{1}{(1+i)^n} + V_S \times \frac{1}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^n A_n \times \frac{1}{(1+i)^n} - I_T \quad (11)$$

En la evaluación de proyectos mayormente se utiliza la denominación de VAN.

3.4. Costos capitalizados

El cálculo del costo capitalizado es esencial para tomar decisiones informadas sobre inversiones y proyectos a largo plazo. Al considerar diferentes alternativas, es fundamental evaluar no solo los costos iniciales de adquisición de equipos o materiales, sino también los costos asociados a lo largo de toda la vida útil del proyecto. El enfoque del costo capitalizado permite tener una visión más completa de los desembolsos financieros y los beneficios que pueden obtenerse a lo largo del tiempo.

En el caso específico de la selección entre el uso de acero inoxidable o acero forjado para un reactor químico, el análisis de costos capitalizados puede tener en cuenta factores como la durabilidad, la resistencia a la corrosión y el mantenimiento necesario para cada opción. De esta manera, se puede identificar la alternativa que no solo tenga un menor costo de adquisición, sino también una menor depreciación a lo largo del tiempo y menores gastos de reemplazo o mantenimiento.

Además, el costo capitalizado también puede ser valioso al evaluar proyectos de expansión o modernización de instalaciones existentes. Al comparar diferentes escenarios de inversión, es esencial tomar en cuenta no solo los beneficios potenciales en términos de eficiencia o productividad, sino también los costos asociados con la implementación y el tiempo necesario para obtener el retorno de la inversión.

La ecuación básica para el costo capitalizado de equipo puede escribirse como sigue:

$$K = C_V + \frac{C_A}{(1+i)^n - 1} = \frac{C_A(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + V_S \quad (12)$$

Donde:

- K = costo capitalizado
- C_V = costo original del equipo
- C_A = costo de reemplazo
- V_S = valor de salvamento al final de la vida útil
- n = vida útil estimada
- i = tasa de interés

$$\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \text{factor de costo capitalizado}$$

Inclusión de costos de operación en el costo capitalizado

La inclusión de los costos de operación en el costo capitalizado es una extensión valiosa de esta metodología. Al agregar un costo capitalizado adicional para cubrir los gastos operativos durante la vida del proyecto, se obtiene una visión más completa de los desembolsos financieros requeridos a lo largo del tiempo. Para lograr

esto, se considera cada costo de operación anual como equivalente a adquirir una nueva pieza de equipo al final de cada año.

El procedimiento implica determinar el valor presente de los costos operativos anuales. Se calcula la suma de estos valores presentes y luego se capitaliza multiplicándolos por el factor de costo capitalizado, tal como se muestra en la Ec. (12). De esta manera, el costo capitalizado total incluye tanto la inversión inicial como los costos operativos a lo largo de la vida del proyecto, sumando también los costos de inversión y el capital de trabajo.

Esta ampliación del concepto de costo capitalizado proporciona una visión más holística de la rentabilidad del proyecto, considerando no solo los costos iniciales, sino también los costos recurrentes a lo largo del tiempo. Es una herramienta valiosa para tomar decisiones informadas y evaluar la viabilidad económica de proyectos a largo plazo, garantizando un análisis exhaustivo de los flujos de dinero y facilitando una toma de decisiones más precisa y fundamentada

3.5. Periodo de recuperación de la inversión(PRI)

También conocido como tiempo de repago(POT), es un indicador clave en el análisis económico de proyectos y se define como el período mínimo teórico requerido para recuperar completamente el capital original invertido a través de los flujos de dinero efectivo generados por el proyecto. En este método, se consideran los ingresos y los costos totales, excluyendo la depreciación.

Es importante destacar que, para calcular el tiempo de repago, generalmente solo se toma en cuenta la inversión inicial, la cual se refiere al capital fijo y depreciable invertido al inicio del proyecto. En este análisis, se desprecian los efectos del interés o financiamiento, centrándose únicamente en la recuperación de la inversión a través de los ingresos netos generados por el proyecto.

Este enfoque proporciona una visión rápida y directa de la recuperación de la inversión inicial, permitiendo a los inversores y tomadores de decisiones evaluar la eficiencia y la rentabilidad del proyecto en términos de tiempo. Al determinar el tiempo de repago, se obtiene una estimación valiosa sobre la rapidez con la que se recupera el capital invertido, lo que puede ser un factor crucial en la toma de decisiones de inversión y en la planificación financiera a corto plazo.

4. CONCLUSIONES

Los métodos para la evaluación de la rentabilidad de proyectos industriales son herramientas esenciales en la toma de decisiones financieras. La aplicación de técnicas como el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de recuperación permite a los profesionales y tomadores de decisiones en la industria evaluar la viabilidad económica de proyectos y seleccionar las inversiones más rentables.

La precisión y confiabilidad de los ofrecen una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la industria, contribuyendo al éxito y crecimiento de las organizaciones. La aplicación efectiva de estos métodos en el análisis de inversiones en proyectos industriales es esencial para mejorar la eficiencia operativa, la rentabilidad y la competitividad en un entorno empresarial altamente competitivo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altuve, J. (2001). Administración Financiera. Mérida: Ediciones Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes.
- Besley, S. (2001). Fundamentos de administración financiera.
- Gitman, L. J. (2003). Principios de administración financiera. Pearson educación.
- Happel, J., & Jordan, D. G. (1981). Economía procesos químicos. Reverté.