



Universidad Abierta y a Distancia de México

Ciencias Exactas, Ingeniería y Tecnología

Gestión Industrial

5° Semestre

Fase 3. Diseño Industrial

**Unidad didáctica 5. Industrialización y
Productividad de los Entornos**

Unidad 2. Ingeniería Económica





Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Unidad 2. Ingeniería económica

Índice

Introducción

Competencia específica

Semana 5

Autoevaluación

1. Elementos de Ingeniería económica

- 1.1. Importancia de la ingeniería económica y definiciones
- 1.2. El valor del dinero a través del tiempo
- 1.3. Frecuencia de capitalización de interés
- 1.4. Método del valor presente

Actividad 1. Foro Elementos de la Ingeniería económica

Semana 6

2. Modelos de depreciación y tasa de rendimiento

- 2.1. Terminología de la depreciación y la amortización
- 2.2. Tasa de Depreciación

Actividad 2. Aplicación de la Teoría económica

Semana 7

3. Relación costo/beneficio y análisis de reemplazo

- 3.1. Análisis beneficio/costo de un proyecto social o industrial
- 3.2. Selección de alternativas mediante el análisis B/C incremental
- 3.3. Análisis B/C incremental de alternativas. Mutuamente excluyentes
- 3.4. Fundamentos del análisis de reemplazo
- 3.5. Vida útil económica
- 3.6. Realización de un análisis de reemplazo
- 3.7. Ingeniería de Costos

Aprendizaje integrador. Relación costo/beneficio, alternativas de reemplazo e ingeniería de costos



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Introducción

La Ingeniería Económica en la Gestión Industrial te proporciona un conjunto de elementos y herramientas fundamentales para el análisis y validación de proyectos de inversión, en periodos donde el tiempo es factor de decisión, tanto para industrias, empresas y organizaciones públicas y privadas.

Así mismo, la ingeniería económica te proporciona la posibilidad de valorar técnica y económicamente los proyectos de inversión que se realicen en materia de gestión industrial, bajo criterios objetivos donde podrás determinar tanto la factibilidad técnica de los proyectos como la económica y financiera. Así mismo, tendrás la oportunidad de identificar el costo de oportunidad de los proyectos e incluso podrás determinar cuál de ellos genera mayor valor agregado y, por tanto, cuál de entre varias opciones es la mejor opción para invertir.

Un buen manejo de las metodologías de evaluación económica y financiera te ofrece la oportunidad de acceder a eficientes canales de financiamiento, tanto a nivel privado como en lo que respecta al financiamiento público, para lo cual es necesario demostrar la viabilidad económica-social de los proyectos mediante la metodología de análisis costo-beneficio social y la capacidad para evaluar las alternativas de reemplazo e ingenierías de costos.

Esta unidad se compone de tres temas, en el primer tema harás un breve recorrido por los elementos de la ingeniería económica, en el segundo abordarás los modelos de depreciación y tasa de rendimiento, en el tercer tema revisarás la relación costo/beneficio y análisis de reemplazo. Así mismo, en esta última fase del curso se realizará el estudio de ingeniería de costos.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Competencia de la unidad

Analizar e interpretar información financiera, para la toma de decisiones eficiente y detectar oportunidades de mejora e inversión que incidan en la rentabilidad del negocio.

Aprendizajes

- Conoce los fundamentos de ingeniería económica y valor del dinero a través del tiempo y frecuencia de capitalización de interés.
- Emplea métodos de evaluación y selección de alternativas y análisis de tasa de rendimiento, mediante el cálculo y la interpretación de su valor.
- Analiza y aplica los modelos de depreciación.
- Analiza y evalúa la relación por costo/beneficio, para estimar rendimientos futuros.
- Analiza los conocimientos adquiridos para evaluar las alternativas de reemplazo e ingenierías de costos.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Semana 5

1. Elementos de ingeniería económica

La ingeniería económica constituye una herramienta de análisis que puede resolver este tipo de preguntas en la industria del software, ya que su aplicación en cualquier industria de bienes y servicios tiene como objetivo central la toma de decisiones de carácter económico.

La ingeniería económica es una de las unidades más prácticas del programa educativo de Gestión Industrial. Es imprescindible en tu formación, ya que te permitirá aplicar, de forma eficiente, los conocimientos de la ingeniería económica en las empresas de cualquier sector, con el fin de obtener conclusiones en proyectos de cualquier índole.



Figura 1.1. Calculadora
Fuente: CCO Creative Commons. Pixabay

1.1. Importancia de la ingeniería económica y definiciones

La ingeniería económica es una disciplina fascinante cuyo significado y trascendencia en el contexto de las organizaciones, en la actualidad, aporta diversas herramientas y estrategias que permiten sobrevivir y desarrollarse en un mundo cada vez más competitivo.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

A través de la historia las entidades financieras de los países eran las únicas instituciones que manejaban los términos de interés, capitalización, amortización, etcétera. Sin embargo, a partir de los años cincuenta, con el rápido desarrollo industrial de una gran parte del mundo, los capitales industriales vieron la necesidad de adaptar en sus empresas herramientas de análisis económico, con el objetivo de tomar las mejores decisiones en situaciones específicas, tales como el reemplazo de equipo, la creación de plantas nuevas, la inversión en proyectos, el financiamiento en el área de planeación y de producción, entre otras.

De acuerdo con el desarrollo industrial se volvió más complejo y se establecieron técnicas que cada vez se fueron haciendo más especializadas. De acuerdo con Baca (2007), a todo ese conjunto de herramientas analíticas que se aplica en la industria productora de bienes y servicios con el objetivo de tomar las mejores decisiones económicas, se le llama ingeniería económica.

En la fase de planeación de la manufactura de un nuevo producto, un ingeniero debe encargarse de los aspectos funcionales del propio diseño del desarrollo, pero además debe considerar factores económicos.

Si bien la función es un criterio básico del diseño, no es el único. La economía forma parte también de los criterios del diseño (Smith, 1987). En esta etapa, con frecuencia, los ingenieros se preguntan: ¿se cuenta con todos los recursos para construirlo?, ¿la compañía posee el capital para emprender la nueva inversión?

Con frecuencia, el monto de capital disponible de una empresa, organización o industria es restringido. En este marco, el ingeniero en gestión industrial tendrá que definir un conjunto de alternativas a partir de recursos limitados y se preguntará: ¿cuál de los diversos diseños de ingeniería deberán seleccionarse? Con la ayuda de las técnicas de la ingeniería económica será posible elegir el mejor diseño. ¿Qué diseño se elige entre varias alternativas similares?



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica



Figura 1.2. Análisis financiero
Fuente: CCO Creative Commons. Pixabay

La selección de alternativas también puede hacerse desde el punto de vista de un administrador o de un economista, quienes evaluarán las diferentes alternativas de inversión. Sin embargo, de acuerdo con Smith (1987), para adoptar la mejor decisión, la opinión del ingeniero es importante, ya que sus estimaciones, juicios y su propia experiencia incluyen consideraciones de tipo técnico.

Lo anterior genera en el administrador e ingeniero la inquietud de buscar, reconocer, generar oportunidades, compararlas y evaluarlas, con el fin de seleccionar la mejor alternativa.

A lo largo de tus estudios en Gestión Industrial puedes observar que un ingeniero puede convertirse en un administrador o líder de proyectos; para ello, debe saber aplicar correctamente las técnicas de la ingeniería económica, ya que cualquier proyecto industrial influirá en los costos o los ingresos. En una empresa, algunas preguntas comunes son:

- ¿Es preciso construir o sólo arrendar las instalaciones para la nueva sucursal?
- ¿Se debe adquirir una nueva máquina o sólo rentarla por un tiempo?
- ¿Se debe mejorar el centro de producción o instalar una planta totalmente nueva?
- ¿Se debe mejorar la calidad de los productos o elaborar uno nuevo?



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

- ¿Se debe financiar el crecimiento de una empresa con préstamo bancario o con retención de utilidades?, ¿debería incorporarse una nueva técnica de financiamiento?



Figura 1.3. Crecimiento económico
Fuente: CCO Creative Commons. Pixabay

En particular, las cuatro primeras preguntas la ingeniería económica las resuelve con las técnicas de evaluación económica de un proyecto de inversión. Sin embargo, la acción de aceptar o rechazar una inversión, una vez identificada la mejor alternativa, no es la única decisión económica a la que se enfrentan los ingenieros en gestión industrial en el ámbito productivo de bienes y servicios, ellos cotidianamente afrontan otras situaciones donde tienen que tomar decisiones que involucran dinero, tales como las alternativas de financiamiento.

La ingeniería económica puede ayudar a responder este tipo de preguntas mediante un conjunto de métodos matemáticos para el análisis económico. Estas herramientas analíticas no sólo las utilizan los administradores e ingenieros especializados en proyectos que laboran en entidades empresariales, sino también las personas físicas que se enfrentan cotidianamente a decisiones económicas. De acuerdo con el enfoque de solución de problemas, los pasos habituales en el proceso de toma de decisiones son los siguientes:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica



Figura 1.4. Pasos para la solución de problemas.

Fuente: Blank y Tarquin, 2006, p. 6.

Es importante mencionar que los pasos de este enfoque se aplican para inversiones relacionadas con la creación de nuevos productos y, en el caso de la industria, en las inversiones vinculadas con la Gestión Industrial. Así mismo, esta metodología también se puede aplicar a otro tipo de proyectos de inversión, tales como:

- La instalación de una planta totalmente nueva.
- La ampliación de la capacidad instalada o la creación de sucursales.
- La sustitución de maquinaria por obsolescencia o capacidad insuficiente.

Paso 1. La identificación de esta idea se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia. Así mismo, en este primer paso se define el objetivo. En particular, el objetivo de este tipo de proyecto de inversión consiste en ampliar la capacidad instalada para incrementar la producción, pero también para mejorar la calidad; todo ello, con el fin último de reducir los costos unitarios de producción y aumentar las ganancias.

Paso 2. En el marco de dos estudios: técnico y económico. Por un lado, en el estudio técnico se determina el tamaño óptimo de la planta y la localización óptima. Por otro lado, en el estudio económico, se determinan los costos totales y la inversión inicial. Así mismo, se establece la depreciación y amortización de la toda la inversión inicial.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

- Paso 3.** Considera dos alternativas, 1 (planta A) y 2 (planta B). Para cada una se elabora un plan de la asignación de recursos.
- Paso 4.** Se requiere llevar a cabo la evaluación económica de cada alternativa, con los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo.
- Paso 5.** Para seleccionar un criterio de decisión a partir de herramientas de la ingeniería económica, se busca demostrar que la asignación de recursos para cada plan factible producirá un beneficio económico a la empresa, y así elegir la mejor alterativa.
- Paso 6.** Ejecución del proyecto.

La ingeniería económica facilita varios métodos de evaluación que admiten, bajo el criterio de la maximización de ganancias, aceptar la mejor alternativa entre las diferentes oportunidades de inversión.

Uno de estos métodos es el análisis de costo-beneficio, que significa una valoración de la inversión mediante la evaluación de los costos de desarrollo, comparados con los ingresos netos o beneficios obtenidos con la venta del producto (Park, 2009). Otros métodos que se utilizan son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

El proceso de evaluación de un proyecto inicia con el surgimiento de una idea y finaliza con su concretización. De acuerdo con Smith (1987), en general, en todo tipo de proyectos, los objetivos específicos sobre los que un ingeniero y un administrador o economista evalúan las alternativas son los siguientes:

- Maximizar la utilidad,



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

- Minimizar el costo,
- Maximizar la calidad del servicio,
- Minimizar el riesgo de pérdida,
- Maximizar las ventas,
- Maximizar el prestigio de la empresa,
- Maximizar la razón costo-beneficio,
- Maximizar la razón de utilidad,
- Maximizar la seguridad,
- Minimizar las fluctuaciones cíclicas de la empresa y de la economía,
- Maximizar la razón de crecimiento de las empresas.

El proceso de toma de decisiones económicas en función de la maximización de las ganancias.

Basado en: Blank y Tarquin (2006) y Park (2009). Se caracteriza por:

- Entender el problema y la meta
- Reunir información importante
- Definir alternativas
- Evaluar alternativas
- Seleccionar alternativas
- Implantar la solución y hacer seguimiento a los resultados



Figura 1.5. Toma de decisiones económicas
CCO Creative Commons. Pixabay



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

1.2. El valor del dinero a través del tiempo

El valor del dinero en el tiempo es el concepto más importante de la ingeniería económica. El valor del dinero sufre movimientos en el tiempo, debido principalmente a los siguientes factores económicos: el interés (Park, 2009) y la inflación (Baca, 2007).

La forma en que opera el interés refleja el hecho de que el dinero tiene un valor en el tiempo. Para explicar esta relación, considera el siguiente ejemplo:

Si un banco presta hoy \$1,000 a una tasa de interés anual del 5%, en el futuro obtendrá \$1,050; es decir, \$1,000 que es el monto inicial adelantado a los prestatarios, y \$50 que es el interés que obtiene por haber prestado el dinero.

Para obtener el interés de \$50, aplica el porcentaje de tasa de interés anual al monto prestado. Así, el monto recibido en el futuro F es igual al monto inicial prestado P más el interés I . Si utilizas la fórmula algebraica, llegarás al mismo resultado.

$$F = P + I = P + P(i) = P(1+i)$$

$$F = 1,000 + 1,000(0.05) = 1,000(1+0.05) = \$1,050$$

Observa que las sumas de dinero son diferentes en el tiempo, en el presente \$1,000 y en el futuro \$1,050. Cuando en el futuro, el prestamista reciba una suma de dinero por haber realizado el préstamo, éste tendrá más valor, ya que con el tiempo el dinero puede ganar intereses y acrecentarse (Park, 2009).

En el ejemplo, el banquero invierte su dinero hoy con el objetivo de obtener en el futuro más dinero, es decir, además de recibir al cabo de un año la cantidad originalmente prestada, también



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

obtendrá un beneficio —interés—, por haber prestado su dinero a una tasa de interés determinada.

Si aplicas el concepto del valor del dinero en el tiempo, los \$1,000 pesos actuales tienen un valor en el tiempo de \$1,050 después de un año. La cifra al final de un año será el valor en el tiempo de \$1,000 pesos de hoy y, en este caso, el valor del dinero en el tiempo se evaluó al 5% (Taylor, 1986).

El cambio en la cantidad de dinero —durante un periodo de tiempo dado—, se denomina el valor del dinero en el tiempo, y se vuelve extremadamente importante cuando se habla de grandes sumas de dinero, largos periodos y tasas de interés elevadas. Por ejemplo, a una tasa de interés anual de 20%, un millón ganará \$200,000 de intereses en un año; así que conviene esperar para recibir \$1 millón. De ahí que, si te encuentras en el marco de un conjunto de propuestas alternativas de ahorro, debes de elegir la mejor opción tomando en cuenta la función del interés y el valor del dinero en el tiempo.

1.3. Frecuencia de capitalización de interés

En un mundo globalizado todos estamos expuestos en forma directa a las transacciones con el uso de intereses. Las familias adquieren muchos bienes y servicios utilizando la tarjeta de crédito o, en el caso de la compra de un automóvil o una casa, firman un contrato cuyas partes principales son las estipulaciones de interés. Así mismo, quizás te habrás podido percatar que las empresas industriales compran bienes de capital y fuerza de trabajo para aumentar la escala de su producción, o mantener sus operaciones por medio de préstamos; y que el gobierno, para financiar carreteras, programas de bienestar social y servicios públicos, solicita préstamos al sector bancario.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Por lo tanto, el comercio de las mercancías de toda índole está sustentado, de forma importante, en la actividad puramente financiera (Riggs, Bedworth y Ranhwa, 2002). En particular, el efecto de la tasa de interés anual opera sobre las sumas de efectivo con el paso del tiempo. No obstante, también debes estudiar los dos métodos para calcular intereses para más de un periodo (Blank y Tarquin, 2006): el interés simple y el interés compuesto.

Interés

Sin duda, en estos tiempos las empresas de tipo industrial o comercial no disponen de suficiente dinero para comenzar sus operaciones, por lo tanto, deben solicitar un préstamo. Los capitales banqueros les prestan una suma de dinero a los industriales y comerciales con el fin de que lo utilicen en sus respectivas actividades.

Dentro de una sociedad moderna en general, nadie presta dinero si le van a retribuir el mismo monto. Los capitales banqueros, en la medida que les interesa obtener beneficios, exigen después de un plazo determinado la cantidad que prestaron más otra por concepto de intereses.

Si los prestatarios no utilizan el dinero para echar andar sus operaciones no obtendrán ganancias, y los propietarios del dinero tampoco. Desde esta perspectiva, los empresarios banqueros ofrecen préstamos de una suma de dinero con la condición de que lo utilicen en sus respectivas actividades, y no para que lo guarden o ahorren debajo del colchón.

Al respecto, Park (2009) define el interés como el costo de tener dinero disponible para su uso.

El interés es el incremento entre la suma original de dinero prestado y la suma final debida, es decir (Park, 2009): Prestatario

$$\text{Interés} = \text{monto debido ahora} - \text{monto del préstamo}$$



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El interés será la diferencia entre el monto total recibido ahora y el principal original: Prestamista

$$\text{Interés} = \text{monto recibido ahora} - \text{monto del préstamo}$$

El pago del interés está asociado a un periodo de tiempo. Cuando un banquero cobra a sus prestatarios 20% de interés anual, significa que deberá prestar su dinero por un periodo de un año exacto para percibir el interés establecido. El lapso mínimo necesario para que se pueda cobrar el interés se llama periodo de capitalización, y se denomina así porque a su término ya se formó más capital.

Como ejemplo, supongamos que un banquero presta capital a un industrial por valor de \$100 a una tasa de interés del 20% mensual. Se lo presta con la condición de que al final del mes el industrial le restituya tanto el principal como un interés. En este caso, el periodo de capitalización del prestamista es de un mes, al final de éste obtendrá un valor de \$120, mayor al valor inicialmente adelantado.

El capital se puede invertir en la producción o en la actividad comercial, con el fin de obtener ganancias industriales y comerciales, respectivamente, pero también se puede prestar con el fin de lograr un interés. En este marco, el propietario del dinero tiene la oportunidad de invertir comercial o productivamente, pero si decide prestarlo renuncia a los beneficios que hubiera podido obtener en dichas actividades.

Esta situación hace surgir el término costo de oportunidad, es decir, la elección de prestar el capital-dinero implica el perder la oportunidad de lograr un beneficio en otra parte. Si esto sucede, el prestamista esperará algún tipo de compensación, que en este caso sería el interés (Taylor, 1986).



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El interés se establece y se mide mediante una tasa de interés. Al respecto, Blank y Tarquin (2006) indican que “cuando el interés se expresa como un porcentaje de la suma original por unidad de tiempo, el resultado es una tasa de interés” (p. 10). Por ende, la tasa de interés se calcula como:

$$\text{Tasa de interés} = (\text{Interés causado por unidad de tiempo/suma original}) * 100\%$$

$$i = \left(\frac{I}{P} \right) * 100$$

En donde i es la tasa de interés, I es el interés y P es la suma original prestada o valor presente. Otra definición de tasa de interés es el “porcentaje aplicado periódicamente a una suma de dinero para determinar la cantidad de interés que se debe añadir a esa suma” (Park, 2009).

A continuación, se presenta un ejercicio en el que se aplican las fórmulas de interés y de tasa de interés:

- Si un banquero presta hoy \$100 con la condición de que le paguen \$120 al cabo de un año, ¿cuál es la tasa de interés anual que cobra el prestamista?

Se debe calcular el interés que recibirá el banquero al cabo de un año. Este se obtiene de la diferencia entre el monto que recibirá en un año menos la suma de dinero que prestó.

$$\text{Interés} = \text{Monto recibirá en un año} - \text{Monto del préstamo}$$

$$\text{\$120} - \text{\$100} = \text{\$20}$$

El interés que obtendrá el capital banquero en un año será de \$20. La relación entre el interés y la suma prestada dará como resultado 20% de tasa de interés anual, esto es:

$$i = \left(\frac{I}{P} \right) * 100$$

$$i = \left(\frac{\text{\$20}}{\text{\$100}} \right) * 100 = 20\%$$



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Si se despeja I en la ecuación de la tasa de interés, se tendrá la fórmula para calcular el interés, con esta fórmula es posible comprobar que el interés es de \$20. Así, al sustituir los valores se tendrá:

$$I = i * P$$

$$(0.20)(\$100) = \$20$$

En síntesis, los elementos comunes a todo tipo de transacciones que devengan interés son los siguientes (Park, 2009):

1. El valor presente P es la cantidad inicial que se invierte o el préstamo que se recibe. En la escala de tiempo se ubica en el año cero.
2. La tasa de interés i mide el costo del dinero y se expresa como un porcentaje durante un periodo. Se usa “interés” en su sentido más amplio.
3. El interés I es un costo para el prestatario y un beneficio para el prestamista, superior a la suma inicial prestada.
4. El periodo de capitalización o de interés determina la frecuencia con la que se calcula el interés. La duración de un periodo de capitalización puede variar en meses, trimestres, años, etcétera.
5. Se denota n como el número de periodos de capitalización.
6. La cantidad final que obtendrá un prestamista o pagará el prestatario se llama valor futuro F . La cantidad de dinero que se recibirá o se pagará será al final del periodo especificado t en el contrato. Es el resultado de los efectos acumulativos de la tasa de interés a lo largo de uno o varios periodos de capitalización.

Hasta ahora, los ejemplos que has revisado se referían a un periodo de un año. Sin embargo, para más de un periodo de interés, cobran relevancia los términos de interés simple e interés



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

compuesto. El marco de análisis de ambos métodos es en aquellas transacciones que devengan intereses por varios periodos de capitalización n .

Interés simple

El interés simple se genera sólo sobre el capital inicial P durante cada periodo de capitalización n (Park, 2009). Es decir, “el interés ganado es un cargo directamente proporcional al capital implicado en el préstamo” (Riggs, Bedworth y Ranhwa, 2002). La práctica de aplicar la tasa de interés a la suma inicial se lleva en operaciones como compras a crédito, manejo de tarjetas de crédito, empeño de artículos varios, etcétera (Díaz, 2000).

En general, el interés simple total durante varios periodos es el resultado de multiplicar el valor del principal P por la tasa periódica de interés i , por el número de periodos de interés (n).

La fórmula general del interés simple total depende de las tres variables siguientes (Riggs, Bedworth y Ranhwa, 2002):

$$I = P * i * n$$

P = Valor presente o capital inicial

n =Número de periodos de interés

i = Tasa de interés periódica

El valor futuro disponible F al final de n periodos es igual al valor presente P más el interés simple total I , es decir:

$$F = P + I$$

Si sustituyes la fórmula del interés simple en la ecuación anterior, llegarás a calcular el valor futuro F en el marco del esquema de interés simple (Hernández, 2001):

$$F = P + (P * i * n)$$

$$F = P (1 + in)$$

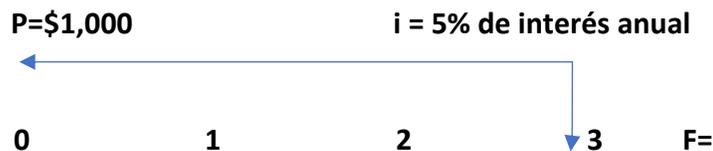


Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Considera la siguiente situación financiera en donde se cotiza a una tasa de interés simple. Si se obtiene un préstamo de \$1,000 durante tres años y el banquero cobra 5% de interés anual ¿cuánto deberá pagar el prestatario al final del lapso establecido?

Para analizar el problema anterior es recomendable utilizar el diagrama de flujo de efectivo. En este caso, la gráfica tendría que ser desde la perspectiva del prestatario. La representación obtenida sería la siguiente:



Dado que conoces el valor presente P , el número de capitalizaciones n y la tasa de interés i , puedes hallar el valor futuro F . Para ello, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Calcular el interés simple generado por cada periodo de capitalización:

$$I = \$1,000 (0.05) = \$50$$

El interés simple originado sobre el capital inicial P por cada año será de \$50.

2. Aplicar la fórmula del interés simple total:

$$I = P * i * n$$

$$I = \$1,000 (.05) (3) = \$150$$

El interés simple total ganado al final del año tres será de \$150



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

3. Aplicar la fórmula de valor futuro F, en el marco del esquema de interés simple:

$$F = P + (P * i * n)$$

$$F = \$1,000 + \$150 = \$1,150$$

El monto adeudado después de tres años será de \$1,150

El interés simple lo puedes describir en una tabla como la siguiente:

Final del año	Cantidad obtenida en préstamo	Interés	Suma a pagar	Suma pagada
0	\$1000			
1		\$50	\$1050	\$0
2		\$50	\$1100	\$0
3		\$50	\$1150	\$1150

Figura 1.6. Ejemplo de tabla de esquema de interés simple

Como puedes observar en la tabla anterior, el prestatario no realiza pago alguno hasta el final del año tres, de manera que la suma adeudada aumenta uniformemente en \$50, puesto que el interés simple se calcula siempre sólo sobre el principal del préstamo.

Es decir, que no se cobra sobre el interés que se debe (Baca, 2007). Así, en el marco del interés simple, el interés generado durante cada periodo de capitalización no genera intereses adicionales en los periodos restantes (Park, 2009).

Dos conclusiones se derivan del esquema del interés simple:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

1. El interés simple se genera sólo sobre el capital inicial durante cada periodo de capitalización (Park, 2009), y se ignora cualquier interés generado en los periodos de interés anteriores (Blank y Tarquin, 2006). Esto significa que la base para el cálculo del interés simple no se modifica.
2. En el marco del interés simple, el valor futuro está determinado por la suma del principal más el interés simple total ganado a lo largo de varios periodos.

Interés compuesto

El capital original o valor presente P sobre el que se calculan los intereses se mantiene invariable durante el tiempo que dura la transacción financiera (Díaz, 2000). En otros términos, el interés simple se estima siempre sobre la base del capital inicial o valor presente P . Existe otro método para calcular los intereses, y este se denomina esquema de interés compuesto, que es de gran utilidad porque se usa actualmente en la mayoría de las transacciones financieras, a diferencia del primer esquema que tiene una aplicación prácticamente nula (Baca, 2007).

Se expone el siguiente ejemplo para representar el interés compuesto:

Considera que se obtiene un préstamo de \$1,000 durante tres años y el capital cobra 5% de interés anual compuesto. ¿Cuál es el interés generado cada año?, ¿Cuánto deberá pagar el prestatario al final de los tres años?

En términos de la ingeniería económica, tienes que calcular el valor futuro F para un valor presente P de \$1,000 que genera 5% de interés anual compuesto durante tres años. Los pasos para calcular el interés compuesto son los siguientes:

1. Calcula el interés al final del año 1. Para ello aplicas el 5% de interés anual compuesto al valor presente P de \$1,000.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

$$I = \$1,000 (0.05) = \$50$$

2. Estima el valor futuro F al final del año 1. Para lo cual tienes que adicionar el interés de \$50 al capital inicial P de \$1,000.

$$F1 = \$1,000 + \$1,000 (0.05) = \$1,000 + \$50 = \$1,050$$

Al final del año 1 el valor futuro F1 será igual a \$1,050.

3. Calcula el interés compuesto al final del año 2. En el marco del esquema de interés compuesto, éste no será de nuevo \$50 porque no se estimará sobre el capital inicial de \$1,000, sino sobre un nuevo capital. Te preguntarán ¿cómo se estima dicho monto? Este valor ya lo estimaste y es \$1,050, es decir, el valor futuro al final del año 1 F1.

4. Calcula el interés compuesto sobre el nuevo capital de \$1,050. El interés compuesto que obtendrás al final del año 2 será:

$$\$1,050 (0.05) = \$52.5$$

El interés se ha incrementado respecto del año anterior, por lo que entonces se capitaliza y se está en presencia de una operación de interés compuesto (Díaz, 2000). Por eso se define este interés compuesto como aquel acumulado en cada periodo de capitalización.

5. Ahora calcula el valor futuro F al final del año 2.

$$F2 = \$1,050 + \$1,050 (0.05) = \$1,050 + \$52.5 = \$1,102.5$$

Al final del año 2, el valor futuro F2 será igual a \$1,102.5

Nota que, al igual que el interés se acumuló, el valor futuro F también lo hizo.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

6. Calcula el interés compuesto generado en el año 3 y el valor futuro acumulado al final de dicho año.

$$I = \$1,102 (0.05) = \$55.13$$

$$F_3 = \$1,102.5 + \$1,102.5 (0.05) = \$1,102.5 + \$55.13 = \$1,157.63$$

Al final del año 3 el interés compuesto será de \$55.13 y el valor futuro acumulado será igual a \$1,157.3

El esquema de interés compuesto desarrollado lo puedes presentar en una tabla como la siguiente (Blank y Tarquin, 2006):

Año	Cantidad obtenida en préstamo	Cantidad que se adeuda al principio del año (\$)	Interés sobre la cantidad que se adeuda (\$)	Cantidad que se adeuda al final del año (\$)
0	\$1,000			
1		1,000	1,000 (0.05) = 50	1,000+50=1,050
2		1,050	1,050 (0.05) = 52.5	1,050+52.5=1,102.5
3		1,102.5	1,102 (0.05) = 55.13	1,102.5+55.13=1,157.63

Figura 1.7. Ejemplo de tabla de esquema de interés compuesto

En la tabla anterior el interés incrementa con el tiempo, debido a que el monto sobre el que se calcula aumenta al final de cada año por la suma de los intereses vencidos. Observa que, al final de cada año, se obtiene un nuevo capital que se le conoce también como monto compuesto (Díaz, 2000). Así, la fórmula del interés acumulado para cada periodo de capitalización se calcula sobre el principal más el monto total del interés acumulado en todos los periodos anteriores (Blank y Tarquin, 2006).

Interés compuesto = (valor presente + todo el interés causado) (tasa de interés)



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El interés obtenido en el primer periodo es igual a la diferencia entre el valor final del primer año y el principal:

$$I = F_1 - P \quad I = 1050 - 1000 = 50$$

El interés obtenido en el segundo periodo es la diferencia entre el valor final del segundo año y el valor final del primer año:

$$I = F_2 - F_1 \quad I = 1102.5 - 1050 = 52.5$$

En este marco de análisis, lo mismo podemos verificar para el año 3:

$$I = F_3 - F_2 \quad I = 1157.63 - 1102.5 = 55.13$$

El proceso de generación de intereses se repite en tres periodos de capitalización, y que el valor acumulado total **F** se habrá incrementado. El monto compuesto será el que se obtenga al añadir al capital original el interés compuesto generado, y se determina utilizando la siguiente fórmula (Díaz, 2000):

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

En donde:

F = La cantidad acumulada al final del periodo **n** o monto compuesto

I = Tasa de interés por periodo

n = Periodos de capitalización

P = La cantidad inicial depositada en el periodo cero o valor presente

Si se aplica esta fórmula a la situación económica anterior, observarás que el valor futuro **F** es la incógnita y las demás variables estaban dadas. Es decir:

F = ?

i = 5% anual capitalizada cada año



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

$n=3$ años

$p=\$1,000$

Se sustituyen los datos en la fórmula:

$$F = \$1000(1 + 0.05)^3 = \$1157.63$$

Al final del año 3, el valor futuro F3 será igual a \$1,157.63

Es necesario aclarar que cuando se trata de interés compuesto se requiere especificar periodicidad de las capitalizaciones, ya que éstas pueden ser diarias, mensuales, bimestrales, trimestrales, semestrales, anuales. Así, por ejemplo, un depósito bancario que obtenga intereses de forma mensual tendrá mayor rendimiento que uno que los obtenga trimestralmente y éste, a su vez, será mayor que otro que los consiga cada semestre (Díaz, 2000).

Se derivan dos conclusiones del esquema del interés compuesto:

1. El interés compuesto se genera por un monto de dinero llamado capital inicial o valor presente, además de los intereses que se van obteniendo y que no se retiran durante los periodos siguientes.
2. El proceso de capitalización se presenta cuando los intereses generados y no retirados en los periodos anteriores son adicionados al capital inicial, con lo cual éste se va incrementando. Significa que la base para el cálculo del interés compuesto es cada vez mayor.

Para concluir, se presenta una comparación de los resultados de ambos métodos utilizando los datos de los ejemplos:

- En el esquema de interés simple, el interés al final del año 3 fue de \$1,150, dado un valor presente de \$1,000 que genera 5% durante tres años.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

- En el esquema de interés compuesto, el interés al final del año 3 fue de \$1,157.3, dado un valor presente de \$1,000 que genera 5% anual durante tres años.

Nota que en ambos casos el valor presente es de \$1,000 y la tasa de interés es del 5%. Sin embargo, en el primero se cotiza a una tasa de interés simple, mientras en el segundo a una tasa de interés compuesta. Observa que el valor futuro F es mayor en el marco del interés compuesto que en el esquema de interés simple, \$1,157.3 y \$1,150, respectivamente.

Esto resulta así, pues el interés capitalizado va a su vez a generar un nuevo interés y, por ende, el crecimiento será de forma exponencial, a diferencia del interés simple, que guarda un comportamiento lineal (Díaz, 2000).

Método del valor presente

En el marco del esquema de interés simple y después bajo el esquema de interés compuesto este último es de gran utilidad, porque es el que se usa actualmente en la mayoría de las transacciones financieras, a diferencia del primer esquema, que tiene una aplicación prácticamente nula (Baca, 2007).

Este hecho se explica porque el esquema de interés simple no implica un proceso de capitalización, mientras que el segundo sí y, desde esta perspectiva, la mayoría de los negocios banqueros sustentan el incremento de sus beneficios en operaciones financieras con periodos de capitalización, en donde se cobra interés sobre el interés que se debe.

En general, el esquema de financiamiento al que recurren los inversionistas de la industria del software está basado en el proceso de capitalización o método de interés compuesto.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

De acuerdo con Blank y Tarkin (2006), un alto porcentaje de préstamos para financiar proyectos de inversión, evaluados en la práctica por ingenieros, poseen tasas de interés compuesto por periodos menores de un año. Por lo mismo, en este subtema se profundizará en las estimaciones del valor futuro, teniendo como marco de referencia sólo al método de interés compuesto. Así mismo, se verá la importancia de calcular el valor presente. Ambas medidas de valor, futuro y presente se verán primero en el contexto de un pago único y después en el marco de una serie uniforme de pagos.

Valor futuro

Hasta ahora viste el proceso para determinar F , dado un monto inicial invertido P , n periodos de capitalización y una tasa de interés i . La pregunta planteada en los subtemas anteriores fue:

- ¿Qué suma se habrá acumulado al término de los n periodos?
- Como bien sabes, el proceso para estimar F se conoce a menudo como proceso de capitalización.

Se obtenía un préstamo de \$1,000 durante tres años y el capital banquero cobraba 5% de interés anual compuesto. La pregunta fue:

- ¿Cuánto es el monto que paga el prestatario al final de los tres años?

En términos de la ingeniería económica, lo que hiciste fue determinar el valor futuro que se acumuló después de tres años a partir de un capital inicial o valor presente de \$1000, con un 5 % de interés anual compuesto.

El diagrama de flujo obtenido era el siguiente:





Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Para calcular el valor futuro conocías las siguientes variables:

1. El valor presente (P) $P = \$1,000$
2. El número de periodos de interés o de capitalizaciones, $n=3$
3. La tasa de interés, $i = 5\%$

Si se utiliza la fórmula de valor futuro relacionado con el presente, que refleja la aplicación práctica del interés capitalizado: Fórmula de valor futuro relacionado con el valor presente:

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

$$F = \$1,000(1+0.05)^3$$

$$F = \$1,153$$

El prestatario debe pagar \$1,153 en un plazo de tres años por el préstamo de \$1,000 que recibió a una tasa de interés del 5% anual capitalizada anualmente.

La fórmula anterior te permitirá determinar el valor futuro F de una inversión única después de n periodos a interés compuesto i (Blank y Tarquin, 2006).

Recuerda que la fórmula del valor futuro se aplica no sólo a periodos de interés anuales, ya que también los de capitalización pueden ser menores a un año.

En los proyectos informáticos de inversión, como en los industriales, es importante la estimación del valor futuro F, particularmente de los beneficios futuros utilizando el factor de cantidad compuesta (visto anteriormente). Recuerda que el objetivo principal de cualquier proyecto de inversión es la maximización de las ganancias y, desde esta perspectiva, es necesario calcular los beneficios esperados antes de emprender cualquier inversión.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Valor presente

Hasta ahora observaste el método del valor futuro F , en donde se puede enviar cualquier cantidad de dinero del presente al futuro.

Es momento que revises lo contrario, es decir, ahora podrás calcular el valor presente de una cantidad futura. Existen algunas interrogantes: Cuál es la aplicación de la estimación del valor presente en las empresas productivas.

Como sabes, los beneficios empresariales de cualquier inversión, ya sea informática o industrial, se obtienen a través del tiempo, y el valor del dinero se modifica en el tiempo. Así mismo, sabes que la ingeniería económica tiene una técnica para hacer una comparación apropiada del dinero en diferentes periodos.

De acuerdo con Baca (2006), en una evaluación económica de un proyecto industrial, el instante de tiempo más utilizado para hacer la comparación es el presente o tiempo cero. Por lo mismo, en la ingeniería económica se conoce una técnica para enviar una cantidad de dinero del futuro hacia el presente, siempre a su valor equivalente, esta técnica se conoce como método del valor presente.

Este método se conoce como el proceso de descuento (Park, 2009) y es el proceso recíproco del de capitalización. En este tipo de problemas, deberás conocer el monto que se desea obtener en el futuro F y determinar el capital que es necesario invertir en el momento presente P a una tasa de interés determinada.

Para que visualices mejor esta situación se presenta el siguiente diagrama de flujo:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

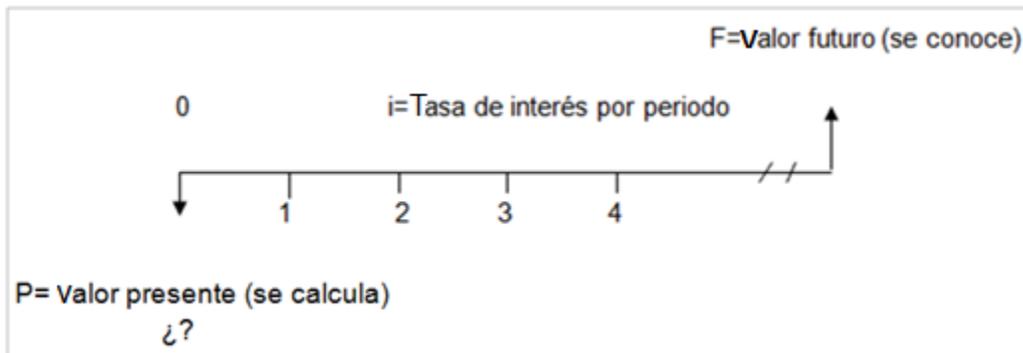


Figura 1.8. Diagrama de flujo de proceso de descuento

Como puedes ver, en el diagrama anterior la incógnita es el valor presente. La fórmula de esta relación se denota de la siguiente manera: **Fórmula de valor presente relacionada con el futuro:**

$$P = \left[\frac{F}{(1+i)^n} \right]$$

Para calcular el valor presente debes conocer tres variables:

- 1) El valor futuro F
- 2) El número de periodos de capitalización n
- 3) La tasa de interés i

Analiza el siguiente ejemplo:

¿Cuánto dinero estaría dispuesto a invertir un capital banquero si desea reunir un monto de \$50,000 dentro de tres años y la tasa de interés es de 16% anual?

En este caso, tienes que calcular el valor presente, dado el valor futuro, el número de capitalizaciones y la tasa de interés. Deberás realizar los siguientes pasos:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

1. Representar de forma gráfica la relación anterior; en este caso, para el prestamista:

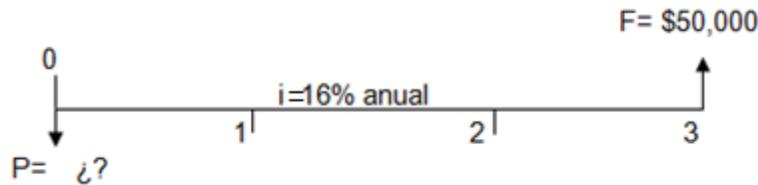


Figura 1.9. Calcular el valor presente

2. Aplicar la fórmula para el cálculo del valor presente, ya que conoces las tres variables necesarias para su cálculo, es decir:

$$F = \$50,000$$

$$i = 16\% \text{ anual}$$

$$n = 3 \text{ años}$$

$$P = \frac{\$50,000}{(1 + 0.16)^3}$$

$$P = \frac{\$50,000}{1.560896}$$

$$P = \$32,032$$

De acuerdo con lo anterior, el valor presente es de \$32,032. Observa que, en esta situación, el capital debe invertir \$32,032 a fin de contar con \$50,000 en un plazo de tres años, si la tasa de interés es del 16% anual. Este hecho puede describirse diciendo que el ingreso futuro de \$50,000 descontados al presente es de \$32,032 al 16% de interés (Taylor, 1986).

Es importante que observes que los dos factores (de cantidad compuesta y de descuento), así como las fórmulas presentadas aquí (de valor futuro y presente) son de pago único; es decir, son utilizadas para encontrar un pago o cobro involucrado (Blank y Tarquin, 2006). Sin embargo, hay multitud de ocasiones en que la forma común de pago es la aportación de una serie de cantidades iguales durante ciertos periodos.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Cálculo del valor futuro dada una serie uniforme de pagos

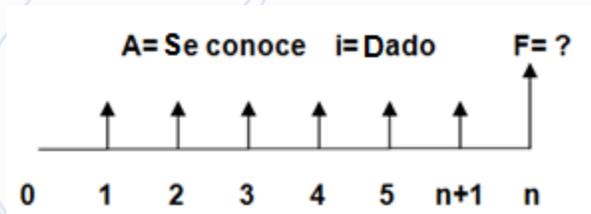
Hasta ahora has calculado el valor futuro en el marco de la relación de pago único. Este último se debe a que dada la tasa de interés i y el número de periodos de capitalización n , el prestamista recibe capital una sola vez al realizar el prestatario un solo pago durante el periodo determinado (Blank y Tarquin, 2006).

No obstante, a menudo nos encontramos con transacciones financieras en las que existe una serie uniforme de pagos, por ejemplo, los pagos de renta, los pagos de intereses sobre bonos, los pagos de casas, muebles, autos a plazos comerciales (12, 24, 36 o más mensualidades).

Para las situaciones descritas, te preguntarás cómo encontrar el valor futuro de una serie uniforme de flujos de efectivo. Antes de ver cómo, tienes que considerar las características de dicha serie, que se denotan con la letra A (Ochoa, 2003):

- Los flujos deben ser uniformes en cuanto al desembolso/reembolso, es decir, todos los valores deben ser iguales.
- Los periodos de desembolso/reembolso deben ser iguales (mensual, trimestral, anual, entre otros).
- Todos los flujos deben ser del mismo tipo: desembolso o reembolso.

El diagrama de flujo para determinar el valor futuro de una serie uniforme (Blank y Tarquin, 2006) se ilustra a continuación:





Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Figura 1.10. Diagrama de flujo para determinar el valor futuro de una serie uniforme

Para calcular el valor futuro relacionado con la serie uniforme, es necesario que conozcas tres variables: la serie uniforme A ; la tasa de interés i y el número de periodos de interés n .

Para explicar dicho cálculo, a continuación, se expone el siguiente ejemplo (Baca, 2007):

En el supuesto caso de que una persona ahorre cada año \$800 en un banco que paga 12 % de interés capitalizado anualmente, ¿cuánto tendrá al finalizar el noveno año?
La pregunta, en términos de la ingeniería financiera, se formularía de la siguiente manera:

Dada una serie uniforme A , ¿cuánto acumularán n periodos a una tasa de interés anual capitalizado cada año?

1. Analiza el problema, plantea qué datos están dados y cuál es la incógnita. Para ello, grafica el diagrama del problema; en este caso, desde la perspectiva del ahorrador.

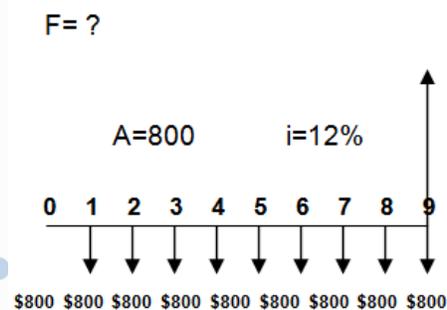


Figura 1.11. Diagrama del problema desde la perspectiva del ahorrador

Los datos que conoces son: $A = \$800$, $i = 12\%$ anual, $n = 9$.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Considera que cada pago de \$800 es un valor presente P, que debe trasladarse a su valor equivalente en el futuro, cada uno a diferente número de periodos. Para ello, tienes que expresar la suma de los valores futuros de los flujos que compone la serie, es decir:

$$F = 800(1 + 0.12)^8 + 800(1 + 0.12)^7 + 800(1 + 0.12)^6 + 800(1 + 0.12)^5 + 800(1 + 0.12)^4 + 800(1 + 0.12)^3 + 800(1 + 0.12)^2 + 800(1 + 0.12)^1 + 800(1 + 0.12)^0 = 800(14.776) = 11,820.8$$

El primer pago de \$800 en el periodo 1 se traslada al futuro ocho periodos; el último pago en el año nueve se eleva a la potencia cero, puesto que ya está en el año futuro que se desea, es decir, el nueve, por lo que ya no gana interés (Baca, 2007). La fórmula que se ha desarrollado para estimar el valor futuro en el marco de una serie uniforme de pagos es la siguiente:

Fórmula de valor futuro relacionado con pagos uniformes:

$$F = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$$

Algunas empresas hacen uso del financiamiento para llevar a la práctica sus proyectos de inversión industriales. En particular, para financiar todos los gastos derivados de la eventual puesta en marcha del proyecto. En la mayoría de los casos, la forma común de pago al capital es la aportación de una serie de flujos iguales durante cierto periodo, lo que no significa que no exista un proceso de capitalización. A continuación, verás el caso inverso, es decir, cuando una serie de pagos uniforme se relaciona con el presente.

Cálculo del valor presente dada una serie uniforme de pagos

Ahora corresponde que encuentres el valor presente P de una serie de flujos de efectivo A. El diagrama utilizado es el siguiente:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

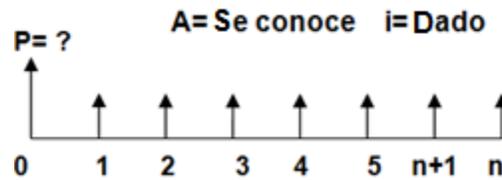


Figura 1.12. Diagrama para encontrar el valor presente de una serie de flujos de efectivo

Para que calcules el valor presente P relacionado con la serie uniforme A , es necesario que conozcas tres variables: serie uniforme A ; la tasa de interés i y el número de periodos de interés n . Es importante que observes que el valor presente está localizado en un periodo antes de la fecha del primer pago equivalente a una serie de flujos de efectivo iguales y periódicos. Así mismo, que el periodo n es el que contiene el último flujo de caja.

Un empresario industrial adquiere una máquina a crédito que se cancelará en 12 pagos mensuales iguales de \$300,000, a una tasa de 2% anual capitalizado cada mes. ¿Cuál es el valor de contado de la máquina?, la pregunta de este problema en términos de la ingeniería económica es la siguiente:

Dada una serie uniforme de pagos A , ¿cuál es el valor presente P de esta serie durante n periodos a interés compuesto i ?

Analiza el problema y pregúntate qué datos están dados y cuál es la incógnita. Para ello, grafica el diagrama del problema, desde la perspectiva del empresario que compra la máquina.

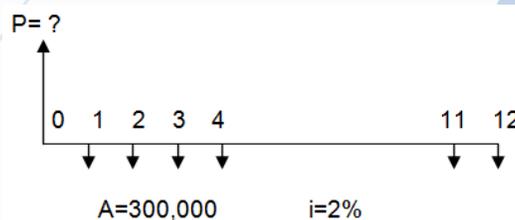


Figura 1.13. Diagrama del problema desde la perspectiva del empresario



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Verás que los datos que conoces son: $A= \$300,000$; $i=2\%$ anual; $n=12$.

Para resolver este tipo de problema, considera que cada pago de $\$300,000$ es un valor futuro F que debe trasladarse a su valor equivalente en el presente, cada uno a diferente número de periodos. Para ello, tienes que expresar la suma de los valores presentes de los flujos que compone la serie.

$$P = \frac{\$300,000}{(1+.02)^1} + \frac{\$300,000}{(1+.02)^2} + \frac{\$300,000}{(1+.02)^3} + \dots + \frac{\$300,000}{(1+.02)^{11}} + \frac{\$300,000}{(1+.02)^{12}} = \$3,172,602.37$$

$P = \$3,172, 602.37$ sería el valor de contado la máquina

Para simplificar lo anterior, el valor presente P de una serie uniforme lo puedes calcular con la siguiente fórmula: Fórmula de valor presente relacionada con pagos uniformes

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

La fórmula para calcular el presente, dada una serie uniforme de pagos, es utilizada para deducir el costo anual uniforme equivalente (CAUE). Esta estimación es una técnica de evaluación económica que se utiliza en los proyectos informáticos.

Las fórmulas para calcular el valor presente y futuro, primero cuando hay pago único y después cuando hay diversos pagos uniformes.

Como pudiste observar, son técnicas que se aplican en la evaluación de proyectos de inversión, ya sea industriales o informáticos. En el siguiente cuadro se presentan los diagramas de flujo de efectivo y las fórmulas que corresponden a cada tipo: pago único y serie uniforme de pagos.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

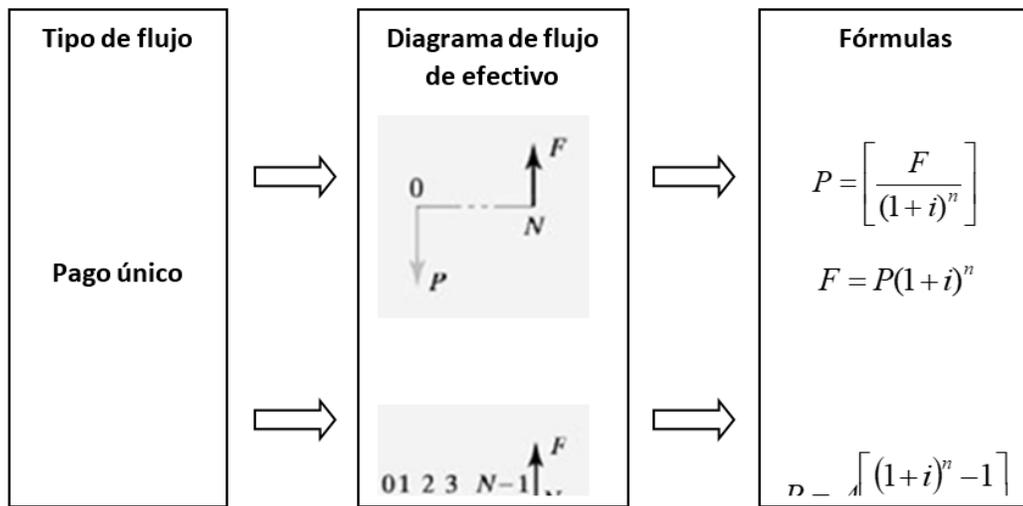


Figura 1.14. Diagramas de flujo de efectivo y fórmulas que corresponden a cada tipo

De la fórmula de valor futuro asociada a pago único que viste al inicio de la unidad, se derivaron las subsiguientes fórmulas: la de valor presente asociada a un pago único y las fórmulas de valor presente y valor futuro, ambas vinculadas a una serie de pagos uniformes. Esta fórmula básica, de acuerdo con lo que dicen la mayoría de los manuales de ingeniería económica, es la que gobierna el traslado del dinero a través del tiempo, y con la que se podrán resolver cualquier tipo de problemas de la ingeniería económica.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Semana 6

2. Modelos de depreciación y tasa de rendimiento

Para iniciar el estudio de los modelos de depreciación es de vital importancia tener en mente siempre el concepto de depreciación, el cual se define como la pérdida de valor que sufren los activos fijos (edificios, maquinaria, equipo de cómputo, mobiliario de oficina) logrando que su vida útil resulte limitada.

Así mismo, la vida útil se determina con base en la experiencia y se determina por especialistas en el asunto. Un punto muy importante es conocer las causas de la depreciación de los activos fijos, las cuales son principalmente dos:

- 1. Físicas:** En lo relativo a las causas físicas se refiere principalmente al desgaste producido por el uso o a la acción de los elementos naturales. Un claro ejemplo es cuando la maquinaria se desgasta por el uso, en cambio de planta o edificios sufre la acción de los elementos naturales al estar expuestos a la intemperie. Algunos activos se desgastan por una combinación de ambos, por ejemplo, los automóviles. Las causas físicas son las que predominan en la depreciación de la mayor parte de los activos fijos.
- 2. Funcionales:** En el caso de las causas funcionales se presentan por obsolescencia o por insuficiencia. Por ejemplo, la obsolescencia se presenta cuando el activo fijo se retira, no porque se haya desgastado, sino porque resulta viejo o fuera de moda, debido a nuevas invenciones o mejoras técnicas.

La **Tasa de Rendimiento** se refiere a la tasa que el inversionista espera obtener de sus inversiones antes de la carga tributaria donde se determina la tasa de rendimiento que ofrecen los instrumentos de inversión.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

La tasa de rendimiento debe exceder a la tasa de mercado en la elaboración de proyectos de riesgo. Además, se debe considerar:

- La tasa real
- La inflación acumulada en el lapso de la inversión
- El grado de riesgo

La tasa de rendimiento es el premio que se espera recibir, mientras que la tasa de descuento se refiere a un índice de rendimiento utilizado para descontar flujos futuros de efectivo a su valor actual o valor presente.

2.1. Terminología de la depreciación y la amortización

En este tema en particular se desprenden dos conceptos básicos en el desarrollo práctico de la ingeniería económica, una es la depreciación y la otra la amortización, por lo cual, se definirá cada una de ellas, así como los métodos que se estudiarán más adelante.

Depreciación es: De acuerdo con el valor de un activo, propiedad, instalación, maquinaria y equipo, la depreciación es la deducción del valor de estos activos en un año. Esta depreciación se realiza bajo criterios económicos, considerando un lapso en el que los activos se utilizan de forma efectiva en los sistemas productivos.

La depreciación se calcula mediante algunos métodos donde se especifica el costo del gasto de activos que corresponde a un periodo fiscal, por lo general de forma anual.

Algunos métodos de depreciación que se utilizan frecuentemente son:



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

- **Método basado en la actividad:** En este método la depreciación se encuentra posicionada en función al uso y productividad y no al periodo de tiempo.

El activo en su vida útil se considera en términos de su rendimiento (unidades que produce) o del número de horas que trabaja.

Conceptualmente, la asociación adecuada del costo se establece en términos del rendimiento y no de las horas de uso; pero muchas veces la producción no es homogénea y resulta difícil de medir.

Normalmente está en función de: $\text{Costo} - \text{valor de desecho} * \text{el tiempo de uso en el año} = \text{Cargo por total de horas estimadas}$

- **Método lineal:** La depreciación se considera en función del tiempo y no del uso. Este método se aplica ampliamente en la práctica, debido a su simplicidad. El procedimiento de línea recta también se justifica a menudo sobre una base más teórica y muy estudiada en la parte económica, ya que considera la obsolescencia progresiva como la causa principal de una vida de servicio limitada, la disminución de utilidad puede ser constante de un periodo a otro.

Este método es el apropiado cuando la depreciación se calcula del siguiente modo:

$\text{Costo histórico} - \text{Valor de desecho} \text{ o tiempo dado de vida del activo} = \text{Cargo por depreciación vida estimada de servicio}$

- **Métodos decrecientes:** Este método permite hacer cargos por depreciación más altos en los primeros años y más bajos en los últimos periodos.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El método se justifica citando que, el activo es más eficiente o sufre la mayor pérdida en materia de servicios durante los primeros años, por lo que se debe cargar mayor depreciación en esos años.

En el método del cargo decreciente se siguen dos enfoques: el de suma de números dígitos o el de doble cuota sobre valor en libros.

- **Suma de números dígitos:** Este método se centra en una fracción decreciente del costo depreciable (el costo original - el valor de desecho).

En cada fracción se usa la suma de los años como denominador, mientras que el número de años de vida estimada que resta al principal el año viene a ser el numerador. Con este método, el numerador disminuye año con año, aunque el denominador permanece constante al terminar la vida útil del activo, **el saldo debe ser igual al valor de desecho.**

- **Doble cuota sobre valor en libros:** En este método se utiliza el doble de lo que se aplica en el método de línea recta. A diferencia de lo que ocurre con otros métodos, el valor de desecho se pasa por alto al calcular la base de la depreciación.

La tasa de doble cuota se multiplica por el valor en libros (contables o banqueros de los activos) que tiene el activo al comenzar cada periodo. Además, el valor en libros se reduce cada periodo en cantidad igual al cargo por depreciación.

De manera que cada año la doble tasa constante se aplica a un valor en libros sucesivamente más bajo.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Amortización es: Un concepto muy utilizado en la economía y contabilidad financiera, que se refiere al proceso de distribución en el tiempo de un valor de un activo. Se utiliza normalmente como sinónimo de depreciación y en dos ámbitos diferentes casi opuestos: la amortización de un activo o la amortización de un pasivo.

2.2. Tasa de Depreciación

Es necesario conocer que el valor bruto de los activos fijos disminuye principalmente por dos factores (Baca, 2007):

- La utilización
- La obsolescencia tecnológica

La disminución del valor de los activos fijos por la utilización se debe al desgaste paulatino que sufren los bienes de capital con el paso del tiempo. Por ello, en cada ciclo productivo a la parte del valor del activo fijo que se utiliza, se le llama consumo de capital fijo o depreciación. Dicho consumo, está determinado por el valor de los activos fijos AF por su respectiva tasa de depreciación td (Mariña, 1996), como se observa en la siguiente fórmula para calcular la depreciación:

$$DEP = AF (td)$$

En donde la tasa de depreciación td es igual a la inversa de la vida útil promedio de los activos n:

$$td=1/n$$

Como se ha especificado previamente, en cada ciclo productivo una parte del valor del activo fijo se consume mientras otra queda fija, por ello, el valor bruto de los activos fijos va disminuyendo con el paso del tiempo hasta que finaliza la vida útil del activo. Por lo tanto, la depreciación de



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

cada periodo va disminuyendo el valor actual del activo fijo invertido que es la diferencia entre el valor bruto del activo fijo y la depreciación acumulada como observaste en la tabla Activo fijo y depreciación anual (cifras en pesos). En otros términos, para que obtener el valor actual del activo fijo, deberás restar la depreciación acumulada DA del valor de adquisición inicial AF (Baca, 2006):

$$\text{Valor actual del activo fijo} = \text{AF} - \text{DA}$$

Por otra parte, la disminución del valor de los activos fijos también está muy ligado a la obsolescencia tecnológica que, de acuerdo con Lange (1986), significa la pérdida de valor que experimentan los bienes de capital en uso como resultado de la aparición en el mercado de bienes nuevos tecnológicamente superiores; por ejemplo, la obsolescencia rápida de las computadoras, ya que en muy poco tiempo aparecen nuevos modelos con más velocidad y capacidad entre otras características. Por esa razón, el valor bruto del activo fijo disminuye, aunque casi no hayan sido utilizados (Baca, 2007).

El valor de la depreciación debe retornar en cada proceso al empresario en forma de dinero, de tal forma que se irá formando un fondo de reserva que se utilizará hasta el momento en que los elementos del activo fijo, una vez concluida su vida útil, deban reponerse en especie (Mariña, 1996). En este sentido, el significado de depreciación implica no solo la pérdida del valor del activo fijo, sino la recuperación de la inversión inicial.

Al llegar a este punto, te preguntarás ¿cómo se lleva a cabo la recuperación de la inversión inicial del activo fijo? En México, cualquier empresa legalmente constituida, con base en la ley tributaria promulgada por la Secretaría de Hacienda, podrá recuperar la inversión inicial en sus activos fijos a través de la vía fiscal. Para entender cuál es el mecanismo legal, mediante el que se recupera la inversión del activo fijo debes saber que el empresario lo logrará haciendo cargos de depreciación



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

permitidos por las leyes hacendarias. Los cargos anuales se calcularán con base en los porcentajes de depreciación establecidos por las leyes impositivas o fiscales mexicanas.

Los cargos de depreciación que se calcularon en el estudio económico- financiero para un proyecto industrial se muestran en la siguiente tabla. Se realizaron para los primeros cinco años, considerados en el estudio económico financiero. En el siguiente cuadro aparecen el valor inicial del activo fijo, las tasas autorizadas por la ley tributaria y los cargos de depreciación anual correspondientes. Al final aparece una columna llamada valor de rescate a los cinco años o valor de salvamento (VS), el cual se calcula restando al valor de adquisición la depreciación acumulada (del año 1 al año 5).

Concepto	Valor	%	Años					VS
			1	2	3	4	5	
Equipo de producción	3,248,055	8	259,844	259,844	259,844	259,844	259,844	1,984,833
Vehículos	320,000	20	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	0
Equipo de oficina	55,100	10	5,510	5,510	5,510	5,510	5,510	27,550
Computadoras	45,000	25	11,250	11,250	11,250	11,250	0	0
Construcción	1,276,000	5	63,800	63,800	63,800	63,800	63,800	957,000
Total:	4,944,155		404,404	404,404	404,404	404,404	393,154	2,933,383

Figura 2.1. Cargos de depreciación en el estudio económico-financiero para un proyecto industrial

Es importante mencionar que entre mayor sea la tasa de depreciación (los porcentajes son los autorizados por la ley tributaria), la cual se integra en la columna%, el valor del activo fijo disminuirá más rápidamente. El valor actual del activo fijo será igual a la diferencia entre valor inicial invertido y la depreciación acumulada.

Por ejemplo, el valor de las computadoras en el año 1 es igual a \$33,750; éste se obtiene al restar la depreciación del año 1 \$11,250 al valor inicial del activo fijo. El valor de las computadoras en el



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

año 2 disminuye a \$22,500. Este valor se obtiene de restar el valor inicial del capital fijo (\$45,000) y la depreciación acumulada (\$22,500) debido a la depreciación acumulada (la del año 1 y 2), y así sucesivamente.

Observa a continuación una comparación entre el valor actual de las computadoras y el valor actual de la construcción:

Concepto	Años				
	1	2	3	4	5
Computadoras	33,750	22,750	11,250	0	0
Construcción	1,212,200	1,148,400	1,084,600	1,020,800	957,000

Figura 2.2. Valor actual del activo fijo: computadoras y construcción

Con los datos expuestos en la tabla anterior te puedes dar cuenta que las computadoras, por ejemplo, al depreciarse más rápido que la construcción, tendrán que reponerse en el año 5 con el fondo de reserva que se acumuló y que será igual al monto inicial que se adelantó en este rubro. Al final del año 4 se debe disponer de un monto de \$45,000 para comprar de nuevo computadoras.

Hasta ahora se ha explicado cómo se realizan los cargos de depreciación, pero no has visto cómo funciona el mecanismo para formar el fondo de reserva, que como ya se mencionó es por la vía fiscal.

Para formar el fondo de reserva, en primer lugar se debe considerar que, los impuestos se pagan sobre la base de restar a los ingresos totales (a) todos los costos totales (b), en estos se incluyen costos de producción (incluidos los costos de depreciación), costos de administración, costos de ventas, costo de pago de intereses por concepto de deudas.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

A esta diferencia se le llama utilidad antes de impuestos (f) y se representa mediante la siguiente fórmula:

$$f = a - b$$

Sobre esta base se paga un porcentaje determinado de impuestos. A mayores costos (a) la utilidad gravable será menor (f) y, por tanto, se pagarán menos impuestos.

En este caso, la compra de los bienes de capital fijo para las actividades de producción, administración y ventas, representan un desembolso de dinero (inversión inicial de capital fijo en el año cero) y al hacer cargos de depreciación, por ejemplo, en el año 1 de \$404,404 ya no representa un desembolso de dinero; sin embargo, al ser cargado como costo sin hacer el desembolso, se aumentan los costos totales de operación (b) y esto causa, por un lado, un pago menor de impuestos y, por otro lado, es dinero en efectivo disponible (Baca, 2006).

Como puedes darte cuenta, el hacer un cargo por el concepto mencionado implica que en realidad ya no se está desembolsando ese dinero, sino que se está recuperando. Para las computadoras, por ejemplo, el efectivo disponible recuperado en el año 1 es de \$11,250, en el año 2 y 3 aumentará a \$22,500 y \$33,750, respectivamente. Finalmente, al término del año 4, la inversión inicial en computadoras se habrá recuperado ya que el fondo de reserva será igual a \$45,000. Así, por la vía fiscal, el inversionista podrá recuperar la inversión hecha en su activo fijo. La LISR permite hacer el número suficiente de cargos de depreciación para que se recupere exactamente la inversión hecha en el periodo de la inversión o tiempo cero (Baca, 2006).

Has visto que el cargo anual que se realiza para recuperar la inversión de los activos fijos, vía fiscal, es la depreciación. Ahora verás que sucede lo mismo con los activos diferidos, pero el cargo anual para recuperar la inversión de éstos vía fiscal será, a través de la amortización (Baca, 2006). Como ves ambos términos, depreciación y amortización, desde el punto de vista fiscal, tienen el mismo significado, pero mientras el primero solo se aplica al activo fijo, la amortización se aplica a los



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

activos diferidos o intangibles, tales como: gastos preoperativos, gastos de instalación, asistencia técnica, compra de marcas y patentes, entre otras.

De acuerdo con Baca (2007), la compra de una patente es una inversión, que con el paso del tiempo y con su uso, su valor no disminuye (deprecia) como en el caso de los activos fijos; sin embargo, para la recuperación de la inversión de este activo, los activos intangibles se amortizarán gradualmente. Por tal razón, la depreciación y amortización son un mismo concepto, y en la práctica ocupan un mismo rubro en el estado de resultados que se verá más adelante.

En la siguiente tabla, verás que la tasa de amortización del activo diferido es igual al 10%. Recuerda que el valor de salvamento (VS) es el valor residual de las depreciaciones y amortizaciones. La inversión diferida al amortizarse al 10% cada año, el valor de la amortización por cada año será de: \$39,086. El valor residual después del año 5 será de \$195,430.

Concepto	Valor	%	Años					VS
			1	2	3	4	5	
Equipo de producción	3,248,055	8	259,844	259,844	259,844	259,844	259,844	1,948,833
Vehículos	320,000	20	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	0
Equipo de oficina	55,100	10	5,510	5,510	5,510	5,510	5,510	27,550
Computadoras	45,000	25	11,250	11,250	11,250	11,250		0
Construcción	1,276,000	5	63,800	63,800	63,800	63,800	63,800	957,000
Inversión diferida	390,860	10	39,086	39,086	39,086	39,086	39,086	195,430
Total:	5,335,015		443,490	443,490	443,490	443,490	443,240	3,128,813

Figura 2.3. Depreciación y amortización de activo fijo y diferido (en pesos)

A continuación, se expone otro indicador que es específico del balance general: el capital de trabajo, el cual es otro de los puntos importantes a calcular en el estudio económico-financiero.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Semana 7

3. Relación costo/beneficio y análisis de reemplazo

De acuerdo con Fontaine (1999), el Análisis Costo-Beneficio (ACB) es un método para evaluar los costos y beneficios sociales monetarios de un proyecto de inversión en un periodo de tiempo.

Un **proyecto puede ser evaluado** desde diversos puntos de vista: desde un punto de vista privado y desde un punto de vista socioeconómico, también llamado **social**. En el primer caso, a un empresario o grupo de empresarios les interesa saber si le conviene o no realizar determinado proyecto; se hará entonces la evaluación teniendo en cuenta los beneficios y costos que el proyecto implica para ellos, sin tener en cuenta si existen otras personas o actividades económicas que también se vean beneficiadas o perjudicadas con la implementación del proyecto.

A quien va a tomar la decisión de llevar a cabo o no el proyecto, le interesa saber si al hacerlo su riqueza será mayor o menor que si no lo implementara. Si en la situación con proyecto se prevé que sea más rico que en la situación sin proyecto, entonces se elegirá llevarlo a cabo.

En la evaluación socioeconómica es relevante saber si el país como un todo, aumenta o disminuye su bienestar como consecuencia de la implementación del proyecto. Si en la situación con proyecto se prevé que el país alcanza un mayor bienestar que en la situación sin proyecto, convendrá que éste sea implementado. El bienestar de la comunidad depende de la disponibilidad de bienes y servicios del país, de su distribución entre las personas y de otras variables. Cuanto mayor sea el valor de los bienes y servicios disponibles, mayor será el bienestar de la comunidad; pero es necesario tener en cuenta que deben dejarse de lado aspectos redistributivos entre los agentes económicos que integran el país.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El objetivo entonces de la evaluación socioeconómica es determinar en cuánto se modifica la disponibilidad de recursos y servicios en el país como consecuencia de la ejecución de un proyecto. Al igual que en la evaluación privada que analizamos en la unidad anterior, se compara la situación con proyecto con la situación sin proyecto, para ver en cuál de ellas la disponibilidad para el país es mayor.

Los **criterios de decisión** que se aplican a la evaluación socioeconómica son los mismos que se usan para la evaluación privada, es decir, el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), principalmente. **Lo que hace diferente** a la evaluación socioeconómica es la consideración de costos y beneficios no tenidos en cuenta para la evaluación privada y, la distinta forma de valorar los costos y beneficios que son comunes a ambas evaluaciones.

La evaluación socio-económica y la metodología de análisis costo-beneficio surgen por la necesidad de recurrir a una herramienta metodológica que coadyuvará a una mejor toma de decisiones en torno a la aplicación de recursos públicos (provenientes de los impuestos que pagamos todos los ciudadanos) en determinados proyectos, volviéndose más relevantes aquéllos cuyos montos de inversión resultan significativamente altos, tales casos como los que tienen que ver con generación de infraestructura o adquisición de tecnología de punta como sucede en el sector logístico y de transporte. Entonces, ya que los recursos son escasos se debe tener una herramienta para conocer a qué proyectos se deben destinar para tener el mayor beneficio posible.

En general, se utiliza este método para evaluar proyectos públicos, los que financian y operan instituciones gubernamentales, federales, estatales o municipales. A menudo estos proyectos son mucho más grandes que los proyectos privados. En la evaluación de los proyectos públicos existen factores importantes que en la evaluación privada no se toman en cuenta, como su propósito que es común a toda una población, un ejemplo es la creación de un puente para disminuir el tráfico en un cruce.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

En otras palabras, el ACB es un método para evaluar una política, cuantificando en términos monetarios el valor de todas las consecuencias que tiene en todos los miembros de la sociedad. Se aplica a programas de gobierno de cualquier tipo (social, económico, salud, entre otros), proyectos, regulaciones y otras intervenciones de gobierno. Por ejemplo, se realiza el análisis costo-beneficio para determinar la pertinencia, en términos de rentabilidad socioeconómica por las afectaciones positivas o negativas que represente para todos los agentes involucrados, de las normas emitidas por las diferentes instancias de gobierno, tales como las normas de eficiencia energética o las regulaciones ambientales, así como las leyes que tengan grandes implicaciones directas sobre los ciudadanos como el caso de una nueva ley de impuestos e, incluso, sus modificaciones. Más gráficamente se representa así:

$$ACB = B - C$$

Donde:

ACB= Análisis Costo-Beneficio

B= Beneficios

C= Costos

El análisis costo-beneficio se basa en la economía de bienestar, un concepto que se usa en esta teoría es el de “eficiencia” y un proyecto es eficiente si los beneficios son mayores a sus costos. Para esto se requiere que todos los impactos del proyecto se expresen en términos monetarios.

A menudo para realizar un ACB es necesario valorar cosas como la vida humana, la calidad del aire, el valor de un bosque incluyendo la fauna que lo habita, esto no tiene un precio en el mercado. El propósito de asignarles un valor monetario, por ejemplo, a la vida humana, es para tener una guía con respecto a la cantidad de recursos que se quisieran gastar. Por ejemplo, un proyecto para prevenir accidentes carreteros y dado que existen muchos proyectos alternativos que pueden ayudar a salvar vidas, como el destinar recursos a buscar la cura de cierto tipo de



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

cáncer, como decidir cuál es la mejor alternativa, donde se maximizan los beneficios que se obtienen por cada peso que se invierte en el proyecto.

El ACB tiene una visión de largo plazo e incorpora todos los costos y beneficios relevantes. Una ventaja es que permite comparar los costos y beneficios en el tiempo, ya que los costos y los beneficios se expresan en una unidad común, la que es una unidad monetaria; tales como pesos, dólares, u otra. También es importante mencionar que una vez que los costos y los beneficios se han expresado en una unidad monetaria, ésta debe ser del mismo periodo debido a la presencia de la inflación. La mayoría de los proyectos se evalúan para más de un periodo por lo que tanto los costos como los beneficios se deben traer a valor presente.

De acuerdo con Fontaine (1999) quien menciona que los proyectos deben ser técnicamente viables, muchas veces el análisis técnico se hace con el análisis social y económico.

Hasta ahora, hemos dado una introducción respecto a las implicaciones que tiene el análisis costo-beneficio o evaluación socioeconómica en la toma de decisiones de inversión para proyectos que involucren recursos públicos, así como la lógica sobre la cual se justifica la realización de este esfuerzo. A continuación, te explicaremos la metodología y podrás analizar ejemplos que te ayudarán a echar mano de esta herramienta dentro de tu experiencia profesional.

3.1. Análisis beneficio/costo de un proyecto social o industrial

En este apartado abordaremos al Análisis Costo-Beneficio (ACB) como un proceso, siguiendo los pasos para llegar a obtener un resultado confiable. Sin embargo, el orden en los puntos no es rígido, de acuerdo con la naturaleza del problema que se investigue será necesario regresar a puntos anteriores para hacer ajustes. El fundamento metodológico de esta unidad, lo encontrarás



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

principalmente en el libro de Fontaine (1999) que hemos definido como fuente de consulta básica.

Vamos a revisar cada uno de los pasos del ACB:

1. Definir el problema

En este primer paso se debe realizar una investigación y estimación del problema, su contexto y sus antecedentes. Se requiere definir los objetivos del proyecto y quiénes serán sus beneficiarios.

2. Identificar las restricciones del proyecto

Ahora se deben revisar cuales son las restricciones para cumplir los objetivos, esto con la finalidad de ver si es factible. Las restricciones pueden ser:

- Financieras: límites de presupuestos, precios topes, etcétera.
- Distribucionales: repartir los beneficios en ciertos grupos de la población del proyecto.
- Gerenciales: limitaciones del equipo humano para operar el proyecto.
- Ambientales: considerar las normas de protección ambiental.

3. Identificar el conjunto de proyectos alternativos

Con la finalidad de tomar la mejor decisión de inversión, el ACB contempla la necesidad de tomar en cuenta un conjunto de proyectos alternativos –por lo menos uno- al que se plantea a fin de medir el costo de oportunidad de manera consistente y minimizar el riesgo que implica asignar recursos a un proyecto de inversión, pudiendo ser asignados a otro que podrían resultar más rentables.

Por lo tanto, es necesario identificar las alternativas para los recursos que se tienen lo que llevará a tener un escenario lo más completo para el ejercicio de selección. También se debe contemplar la opción de “no hacer nada” que también se conoce como el “caso base” o la “situación sin el proyecto”.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

4. Decidir cuáles son los beneficios y costos que se deben incluir para cuantificarlos

Se debe hacer un listado de todos los beneficios y costos que se esperan a lo largo del proyecto. Los beneficios y los costos deben compararse usando una medida en común, una medida monetaria.

Los precios de mercado, si es que existen, nos dan bastante información de lo que los consumidores están dispuestos a pagar por el precio de mercado, y puede ser considerado como una medida del valor que le da la sociedad al bien o servicio.

Los precios a veces se tienen que ajustar para convertirlos de precios privados a sociales, esto es, para que los costos y los beneficios reflejen las ganancias y las pérdidas para toda la economía. Por ejemplo, los precios deben incluir los impuestos, las empresas privadas calculan sus utilidades después de restar los impuestos. Por otra parte, los intereses del dinero que se pide prestado para el proyecto, así como el principal se deben registrar en el periodo en el que se realice el pago en efectivo.

Valor de los productos finales. Mientras que las empresas privadas restan del precio los impuestos para calcular sus ganancias, los beneficios sociales los incluyen, valor de los insumos físicos. Los impuestos en los insumos materiales incrementan el precio que pagan las empresas privadas, mientras que los subsidios los reducen.

Desde el punto de vista social, si los insumos físicos para el proyecto vienen de suministros nuevos o bien, no se necesitan en otro uso su costo debe reflejar el costo de producción. Ahora si los insumos se desvían de otros usuarios, la valuación se hace a través de su precio de mercado.

Intereses de préstamos. Los pagos en efectivo de los préstamos de dinero se deben registrar en el momento en que se realizan.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Depreciación. El costo de los activos físicos que se adquieren debe incluirse en el periodo que se realiza la compra. La disminución en el valor del activo se muestra por la diferencia entre el precio de compra y el precio final de venta de su vida útil.

Terrenos. El valor de los terrenos debe determinarse por su costo de oportunidad, esto es, la siguiente mejor alternativa productiva de estos terrenos. Puede ser el precio de mercado del terreno. Si es un terreno propiedad del gobierno no tiene un precio de mercado, por lo que se tiene que usar su precio sombra.

5. Identificar las categorías de impacto, catalogarlas y seleccionar los indicadores para medirlos
Ahora es necesario catalogar los impactos físicos de cada alternativa, además de especificar en qué unidad se medirán. El término impacto en general incluye los recursos que se requieren y los productos del proyecto.

Por ejemplo, los beneficios esperados de la construcción de una carretera son el tiempo de viaje que se ahorra, la reducción de los costos de operación para los viajeros de la nueva carretera, los accidentes que se evitarán, reducción de congestionamientos por más rutas alternativas, entre otros.

Los indicadores se derivan de cada impacto que se quiere medir, por ejemplo, el número de vidas que se han salvado por año, horas persona ahorradas en tiempo de viaje, gasolina ahorrada, etcétera.

6. Predecir los impactos cuantificándolos a través de la vida del proyecto

Predecir para cada proyecto alternativo el nivel de todos los impactos a lo largo de la vida del proyecto y en algunos casos por más tiempo. Por ejemplo, en el caso de la carretera se puede estimar el número de usuarios que tendrá si es de cobro o es una carretera libre de peaje.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

7. Asignar un valor monetario a los impactos

En el caso de la carretera, es necesario asignar un valor monetario al tiempo que se ahorra en el viaje, a las vidas que se salvan y a los accidentes que se evitarán. Para hacer esto a menudo se utilizan estudios previos o de estadística.

8. Traer a valor presente los beneficios y costos

Para proyectos que se extienden por varios periodos, se necesita un método que agregue los beneficios y los costos que se presentan en diferentes momentos. Se obtienen los valores presentes de los beneficios y de los costos.

9. Realizar el análisis de sensibilidad

Los proyectos están expuestos a muchos factores de incertidumbre. El análisis de sensibilidad es una herramienta muy útil para identificar los riesgos asociados con los resultados del proyecto. Esto implica probar los efectos en el valor presente neto del mejor escenario posible y del peor.

El análisis de sensibilidad debe aplicarse al nivel de la tasa de descuento para ajustarla por la incertidumbre que concierne al costo de oportunidad del capital en el periodo que dura el proyecto.

10. Hacer una recomendación

Se recomienda a la alternativa con el mayor **beneficio social neto (BNS)**, donde BNS representa la diferencia entre los Beneficios y los Costos sociales. Es importante, señalar que el ACB hace una recomendación, no es una decisión en sí, es solo un insumo para un proceso de decisión político.

En el siguiente cuadro puedes observar las diferencias en la implementación de un proyecto público y uno privado.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Diferencias entre un proyecto público y privado

	Públicos	Privados
Objetivo	Valores netos	Ganancias
Metodología de análisis	Análisis Costo Beneficio	Factibilidad financiera
Beneficiarios del proyecto	Todos los grupos de población en una comunidad	El o los inversionistas
Indicadores	Costos y Beneficios	Rendimientos y costos
Impactos	Impactos sociales Impactos ambientales Impactos distributivos	Impactos monetarios
Vida del proyecto	Entre 20 y 60 años	Entre 5 y 20 años

Figura 3.1. Diferencias entre un proyecto público y privado. Basado en Fontaine (1999)

Cómo pudiste observar en la tabla anterior, las diferencias entre un proyecto público y uno privado cambian, por lo que es importante que consideres el objetivo a la hora de tomar decisiones en determinado proyecto.

3.2. Selección de alternativas mediante el análisis B/C incremental

El método de selección de alternativas más comúnmente utilizado por las agencias gubernamentales federales, estatales, provinciales y municipales para analizar la deseabilidad de los proyectos de obras públicas es la razón beneficio/costo (B/C).

Como su nombre lo sugiere, el método de análisis B/C está basado en la razón de los beneficios a los costos asociada con un proyecto particular.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Se considera que un proyecto es atractivo cuando los beneficios derivados de su implementación y reducidos por los beneficios negativos esperados exceden sus costos asociados. Por lo tanto, el primer paso en un análisis B/C es determinar cuáles de los elementos son beneficios positivos, negativos y costos.

Se pueden utilizar las siguientes descripciones que deben ser expresadas en términos monetarios.

- Beneficios (B) Ventajas experimentadas por el propietario.
- Beneficios negativos (BN) Desventajas para el propietario cuando el proyecto bajo consideración es implementado.
- Costos (C) Gastos anticipados por construcción, operación, mantenimiento etc. menos cualquier valor de salvamento.

Dado que el análisis B/C es utilizado en los estudios de economía por las agencias federales, estatales o urbanas, es importante analizar al cliente como el propietario que experimenta los beneficios positivos y negativos y en el gobierno como en quien incurre en los costos.

3.3. Análisis B/C incremental de alternativas. Mutuamente excluyentes

Cuando la selección de una alternativa impide la aceptación de otras alternativas, estas se denominan mutuamente excluyentes.

Cuando se debe seleccionar sólo una entre tres o más alternativas mutuamente excluyentes (independientes), se requiere una evaluación de alternativas múltiples. En este caso, es necesario efectuar un análisis sobre los beneficios y costos incrementales semejante al método utilizado en el tema para las tasas de retorno incremental. La alternativa de "no hacer nada" puede ser una de las consideraciones.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Hay dos situaciones que deben considerarse respecto al análisis de alternativas múltiples por el método beneficio/costo:

1. En el primer caso, si hay fondos disponibles de manera que se pueda escoger más de una alternativa entre varias, sólo es necesario comparar las alternativas contra la alternativa de "no hacer nada". En este caso las alternativas se denominan independientes. Por ejemplo, si se pudieran construir varias represas de control de inundaciones en un río determinado y hubiese disponibilidad de fondos para todas las represas, las relaciones B/C deben ser las que estén asociadas con una represa en particular contra ninguna represa. Es decir, el resultado de los cálculos podría demostrar que la construcción de tres represas a lo largo del río sería económicamente justificable en base a la disminución de los daños causados por las inundaciones, a la recreación, etc., y, por consiguiente, debe construirse.
2. Por otra parte, cuando sólo se puede seleccionar una alternativa entre varias, es necesario comparar las alternativas entre sí en lugar de hacerlo contra la alternativa de "no hacer nada". Sin embargo, es importante que el estudiante entienda en este momento la diferencia entre el procedimiento que se debe seguir cuando los proyectos múltiples son mutuamente excluyentes y cuando no lo son. En el caso de proyectos mutuamente excluyentes es necesario compararlos contra cada uno, mientras que en el caso de proyectos que no son mutuamente excluyentes (proyectos independientes) es necesario compararlos sólo contra la alternativa de "no hacer nada". Tomando en cuenta que:
 - El criterio es el mismo usado para la evaluación de la tasa de retorno, excepto valor de B/C incremental debe ser mayor que 1.
 - Se selecciona el proyecto que tenga un B/C incremental $= >1$, y
 - Que requiera la mayor inversión justificada.
 - Aquellas alternativas que tengan un, pueden eliminarse inmediatamente y no necesitan considerarse en el análisis incremental.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Sin embargo, en un análisis B/C por lo común es conveniente calcular una relación B/C general para cada una alternativa, ya que el VP total debe calcularse como preparación para el análisis incremental.

3.4. Fundamentos del análisis de reemplazo

Técnicas de análisis de reemplazo

En la mayoría de los estudios de ingeniería económica se comparan dos o más alternativas. En un estudio de reposición, uno de los activos, al cual se hace referencia como el defensor, es actualmente el poseído (o está en uso) y las alternativas son uno o más retadoras.

Para el análisis se toma la perspectiva (punto de vista) del asesor o persona externa; es decir, se supone que en la actualidad no se posee ni se utiliza ningún activo y se debe escoger entre la(s) alternativa(s) del retador y la alternativa del defensor en uso. Por consiguiente, para adquirir el defensor, se debe “invertir” el valor vigente en el mercado en este activo usado.

Dicho valor estimado de mercado o de intercambio se convierte en el costo inicial de la alternativa del defensor. Habrá nuevas estimaciones para la vida económica restante, el **costo anual de operación (CAO)** y el valor de salvamento del defensor. Es probable que todos estos valores difieran de las estimaciones originales. Sin embargo, debido a la perspectiva del asesor, todas las estimaciones hechas y utilizadas anteriormente deben ser rechazadas en el análisis de reposición.

Ejemplo: Un hotel de playa compró hace tres años una máquina para hacer hielo, de la más reciente tecnología, por \$12,000 con una vida estimada de 10 años, un valor de salvamento del 20% del precio de compra y un CAO de \$3,000. La depreciación ha reducido el costo inicial a su valor actual de \$8,000 en libras.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Un nuevo modelo de \$11,000, acaba de ser anunciado. El gerente del hotel estima la vida de la nueva máquina en 10 años, el valor de salvamento en \$2,000 y un CAO de \$1,800. El vendedor ha ofrecido una cantidad de intercambio de \$7,500 por el defensor de 3 años de uso. Con base en experiencias con la máquina actual, las estimaciones revisadas son: vida restante, 3 años; valor de salvamento, \$2,000 y el mismo CAO de \$3,000.

Si se realiza el estudio de reposición, ¿Qué valores de P, n, VS y CAO son correctos para cada máquina de hielo?

Solución: Desde la perspectiva del asesor, use solamente las estimaciones más recientes:

Defensor P = \$7,500 CAO = \$3,000 VS = \$2,000 n = 3 años

Retador P = \$11,000 CAO = \$1,800 VS = \$2,000 n = 10 años

El costo original del defensor de \$12,000, el valor de salvamento estimado de \$2,400, los 7 años restantes de vida y el valor de \$8,000 en libros no son relevantes para el análisis de reposición del defensor Vs. el retador.

Dado que el pasado es común a las alternativas, los costos pasados se consideran irrelevantes en un análisis de reposición. Esto incluye un costo no recuperable, o cantidad de dinero invertida antes, que no puede recuperarse ahora o en el futuro. Este hecho puede ocurrir debido a cambios en las condiciones económicas, tecnológicas o de otro tipo o a decisiones de negocios equivocadas.

Una persona puede experimentar un costo perdido cuando compra un artículo, por ejemplo, algún software y poco después descubre que éste no funciona como esperaba y no puede devolverlo.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

El precio de compra es la cantidad del costo perdido. En la industria, un costo no recuperable ocurre también cuando se considera la reposición de un activo y el valor del mercado real o de intercambio es menor que aquel predicho por el modelo de depreciación utilizado para cancelar la inversión de capital original o es menor que el valor de salvamento estimado.

El costo no recuperable de un activo se calcula como:

$$\text{Costo no recuperable} = \text{Valor presente en libros} - \text{valor presente del mercado}$$

Si el resultado en la ecuación anterior es un número negativo, no hay costo no recuperable involucrado. El valor presente en libros es la inversión restante después de que se ha cargado la cantidad total de la depreciación; es decir, el valor actual en libros es el valor en libros del activo.

Ejemplo: un activo comprado por \$100,000 hace 5 años tiene un valor depreciado en libros de \$50,000. Si se está realizando un estudio de reposición y sólo se ofrecen \$20,000 como la cantidad de intercambio con el retador, según la ecuación anterior se presenta un costo no recuperable de $50,000 - 20,000 = 30,000$.

En un análisis de reposición, el costo no recuperable no debe incluirse en el análisis económico. El costo no recuperable representa en realidad una pérdida de capital y se refleja correctamente si se incluye en el estado de resultados de la compañía y en los cálculos del ISR para el año en el cual se incurre en dicho costo.

Sin embargo, algunos analistas tratan de “recuperar” el costo no recuperable del defensor agregándolo al costo inicial del retador, lo cual es incorrecto ya que se penaliza al retador, haciendo que su costo inicial aparezca más alto; de esta manera se inclina la decisión.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Con frecuencia, se han hecho estimaciones incorrectas sobre la utilidad, el valor o el valor de mercado de un activo. Tal situación es bastante posible, dado que las estimaciones se realizan en un punto en el tiempo sobre un futuro incierto.

El resultado puede ser un costo no recuperable cuando se considera la reposición. No debe permitirse que las decisiones económicas y las estimaciones incorrectas del pasado influyan incorrectamente en los estudios económicos y decisiones actuales.

Ejemplo de la máquina de hielo, se incurre en un costo no recuperable para la máquina defendida si ésta es reemplazada. Con un valor en libros de \$8,000 y una oferta de intercambio de \$7,500, la ecuación correspondiente produce:

$$\text{Costo no recuperable} = 8,000 - 7,500 = \$500$$

Los \$500 nunca debieron agregarse al costo inicial del retador. Tal hecho penaliza al retador puesto que la cantidad de inversión de capital que debe recuperarse cada año es más grande debido a un costo inicial aumentado de manera artificialmente y es un intento de eliminar errores pasados en la estimación, pero probablemente inevitables.

3.5. Vida útil económica

La vida útil es la duración estimada que un objeto puede tener cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Normalmente se calcula en horas de duración.

Cuando se refiere a obras de ingeniería, como carreteras, puentes, represas, etcétera, se calcula en años, sobre todo para efectos de su amortización, ya que en general estas obras continúan prestando utilidad mucho más allá del tiempo estimado como vida útil para el análisis de factibilidad económica el caso de vidas útiles fijadas por contrato o cláusulas legales se entiende que dicho límite no es un impedimento para que la finalización del ciclo de prestación se anticipe



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

por condiciones económicas. Al respecto, la norma 94 de la Normas Internacionales de Contabilidad (NIC) 38, establece:

La vida útil de un activo intangible que surja de un contrato o de otros derechos legales no excederá el período del contrato o de los citados derechos legales, pero puede ser inferior, dependiendo del período a lo largo del cual la entidad espera utilizar el activo. Si el contrato u otros derechos legales se han fijado durante un plazo limitado que puede ser renovado, la vida útil del activo intangible incluirá el (los) período (s) de renovación sólo si existe evidencia que respalde la renovación por parte de la entidad sin un costo significativo.

La vida útil de un derecho readquirido reconocido como un activo intangible en una combinación de negocios es el período contractual remanente del contrato en el cual el derecho fue concedido y no incluirá períodos de renovación.

3.6. Realización de un análisis de reemplazo

El análisis de reemplazo sirve para averiguar si un equipo está operando de manera económica o si los costos de operación pueden disminuirse, adquiriendo un nuevo equipo. Además, mediante este análisis se puede averiguar si el equipo actual debe ser reemplazado de inmediato o es mejor esperar unos años, antes de cambiarlo.

3.7. Ingeniería de Costos

El estudio de los costos es importante dentro de las empresas, para así poder incurrir en mejoramientos para poder aumentar las producciones y disminuir los costos, logrando así que los costos, sean de vital importancia para poder manejar una empresa.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Dentro de este trabajo de investigación, se hace un análisis sobre los conceptos más sobresalientes de los costos, como serán costos fijos, variables, real, primo, de producción, administrativo, etcétera.

Costo de producción: El conjunto de esfuerzos y recursos que se invierten para obtener un bien. El costo de producción está formado por tres elementos básicos:

- Materia prima
- Mano de obra
- Gastos de producción o fabricación

Así mismo, es importante tomar en cuenta los siguientes costos y gastos:

- **Costo primo:** es la suma de materia prima y mano de obra
Costo de producción: es el costo primo más los gastos de fabricación (Materia prima + mano de obra + gastos indirectos).
- **Costo de distribución:** este costo lo encontramos en toda empresa industrial o comercial y, afecta los ingresos obtenidos en un periodo determinado (Gastos de venta + gastos banqueros de operación + gastos de administración).
- **Costo total:** será igual a la suma del costo de producción más el costo de distribución.
- **Gasto:** es toda erogación clasificada en conceptos definidos, pendiente de aplicación al objetivo que la origina, del cual formaran su costo.
- **Costo de elaboración:** al conjunto de gasto de materiales utilizados, gasto de salarios pagados, y gastos inherentes a la producción.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Cierre de la unidad

En la presente unidad se han aprendido los elementos, características y conceptos básicos en los que se basan las herramientas para realizar un análisis de los proyectos de inversión a realizar en el sector público y privado. Para ello, fue necesario que te familiarizaras con los elementos de la ingeniería económica, así como con los indicadores básicos de rentabilidad, método de cálculo e interpretación de resultados.

A manera de ejemplo, si suponemos un proyecto en el que se valore la inversión de un proyecto industrial a través del tiempo, lo primero que habrá que caracterizar es la oferta que ahora mismo se encuentra disponible y posteriormente, identificar las necesidades o requerimientos del proyecto.

Así mismo, deberemos identificar los montos de inversión que serán necesarios para llevar a cabo la inversión en este proyecto, así como, los costos de operación y gastos asociados a la misma.

Una vez que se cuenta con la información que arriba se describe, es posible empezar con el proceso de evaluación de la factibilidad asociada a la inversión que se proyecta, para lo cual se presentan metodologías, así como la relación del costo beneficios que debe llevarse a cabo en la construcción de un modelo de negocio en el sector industrial.

Para saber más:

Con la finalidad de ampliar tus conocimientos sobre los temas abordados en esta primera unidad, te recomendamos los siguientes materiales relacionados con la asignatura.

- Empaware. (2011) ¿Qué es la TIR? [archivo de video]. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=Ql0iRVm3uTc>
- Tejeda, O. (2012) VAN, TIR, TMAR. Ingeniería Económica [archivo de video]. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=8rtYYDIZn5k>



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

En los materiales anteriores, encontrarás ejemplos y clases presenciales para que te familiarices con el análisis de evaluación financiera de proyectos de inversión.



Unidad didáctica 5. Industrialización y Productividad de los Entornos

Unidad 2. Ingeniería Económica

Fuentes de consulta

Básica

- Aguilar, V. (2012). *Ingeniería de software: un análisis de impacto en el proceso económico-tecnológico digital contemporáneo*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Economía-UNAM.
- Baca, G. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos informáticos*. México: MacGraw-Hill.
- Baca, G. (2007). *Fundamentos de ingeniería económica*. 4a ed. México: McGraw-Hill.
- Blank, L. y Tarquin, A. (2006). *Ingeniería económica*. 6a ed. México: McGraw-Hill.
- Díaz Mata, A. (2000). *Matemáticas financieras*. 3a ed. México: McGraw-Hill.
- Hernández, A. (2001). *Matemáticas financieras*. 5a ed. México: Thomson.
- Ochoa, G. (2003). *Administración financiera*. México: McGraw-Hill.
- Park, Ch. (2009). *Fundamentos de ingeniería económica*. 2a ed. México: Prentice Hall.
- Riggs, J., Bedworth, D. y Ranhwa, S. (2002). *Ingeniería económica*. 4a ed. México: Alfaomega.
- Smith, G. (1987). *Ingeniería económica*. México: Limusa.
- Taylor, G. (1986). *Ingeniería económica. Toma de decisiones económicas*. 2a ed. México: Limusa.

Complementaria

- DeGarmo, E. Paul, et al, *Ingeniería Económica*, Ed. Prentice Hall.
- Newman, Donald G., *Análisis Económico en Ingeniería*, Ed. McGraw Hill.
- Sepúlveda José A., et al, *Ingeniería Económica*, Ed. McGraw Hill Serie Schaum.