

# ASPECTOS DE LA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES EN EL DISEÑO PRELIMINAR DE MINI-INDUSTRIAS DE ELABORACIÓN DE CONSERVAS DE FRUTAS

MSc. Heydi L. Rivero Gutiérrez<sup>1</sup>, Dr. C. Jesús D. Luis Orozco<sup>1</sup>

1. Universidad de Matanzas, [heydi.rivero@umcc.cu](mailto:heydi.rivero@umcc.cu)

## Resumen

La factibilidad económica constituye un aspecto determinante en el diseño de las pequeñas industrias, con la particularidad de que los análisis resultan más rigurosos en el caso de la elaboración de alimentos. El presente trabajo se realiza con el objetivo de identificar los aspectos más importantes para la estimación de inversiones como parte del diseño preliminar de mini-industrias de elaboración de conservas de frutas. Para ello se efectúa una búsqueda bibliográfica con el propósito de definir el tipo de estimado adecuado, el método de estimación de la inversión, y los indicadores necesarios para la evaluación de la propuesta. Se determina que la metodología idónea es la de Lang, que responde al tipo de estimado de estudio, y para valorar los resultados se utilizan factores indicativos como el retorno de la inversión y su plazo de recuperación, así como el valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad.

**Palabras claves:** *factibilidad económica; inversión; mini-industrias; conservas; indicadores.*

---

## Introducción

Un proceso industrial solo tiene estabilidad en el mercado y perspectivas de comercialización si su aspecto económico es favorable, por lo que el mismo debe ser técnicamente legítimo y económicamente atractivo (Turton et al., 2018).

Por esta razón, Ulrich (1985) afirma que resulta vital la sabiduría en la etapa de decisión acerca de la factibilidad de construir la planta, para evitar la pérdida de dinero y de oportunidad. En una organización bien administrada, la evaluación de ingeniería es una actividad esencial que comienza con la concepción e investigación de un proceso nuevo, continúa a través del desarrollo (serie de pasos de acción y decisión), hasta la construcción final de un proyecto prometedor.

## Desarrollo

La puesta en marcha de una planta cualquiera implica necesariamente un gran esfuerzo inicial que se produce en la construcción y puesta en operación de nuevas capacidades productivas, de facilidades para la distribución del producto terminado y de las obras que están de una forma u otra vinculadas a la satisfacción de las necesidades existentes. Todo este esfuerzo inicial genera gastos en recursos materiales y humanos, los cuales, expresados en términos financieros, constituyen los costos de inversión de la alternativa propuesta.

Los costos de inversión de una variante pueden dividirse en tres grandes grupos o categorías, tal como asevera Brizuela (1987): costos de inversión para la producción, para la distribución de la producción terminada, y de las obras inducidas. El nivel de detalle con que se realice el desglose y cálculo de los costos de inversión depende del grado de exactitud del análisis y por lo tanto del tipo de estimación que se vaya a emplear.

### Tipos de estimación de inversiones

Existen diferentes tipos de estimación de inversiones en función del avance del proyecto, el cual es proporcional a la exactitud deseada en la inversión. Según Tovar de Rivera (2009), la Asociación Americana de Costos (AACE) clasifica tales estimaciones en función de su precisión, en los cinco tipos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1- Tipos de estimación de inversiones

Tipo de estimación	Error (%)	Objeto	Tiempo
Orden de magnitud	40-50	Estudio de rentabilidad	Muy rápida
Estudio	25-40	Diseño preliminar	Rápida
Preliminar	15-25	Aprobación de presupuesto	Media
Definitiva	10-15	Control de construcción	Lenta
Detallada	5-10	Contratos “llave en mano”	Muy lenta

Fuente: (Tovar de Rivera, 2009)

La información requerida para el desarrollo de cada tipo de estimado es variable.

El orden de magnitud (también conocido como proporción o viabilidad) se basa en la información tomada de plantas previamente construidas. Luego dicha información de costo se ajusta mediante los factores de escala adecuados. Normalmente se requiere solo de un diagrama de bloques, según afirman Saravacos y Kostaropoulos (2016) y Turton et al. (2018). Este tipo de estimación es el más rudimentario, pero a su vez es rápido, requiere poca información y es útil para elegir entre varias alternativas para un mismo proyecto. Se aplica para descartar aquellas opciones con inversiones altas, y así evitar realizar cálculos posteriores en variantes que no ofrecen un potencial adecuado. A menudo, tales evaluaciones se hacen por extrapolación a partir de datos sobre procesos similares existentes (Ulrich, 1985).

Una vez que el proyecto está concebido, los planificadores e ingenieros suelen determinar una estimación con un nivel mínimo de precisión. Si el rango de exactitud de la estimación sigue siendo aceptable para la gestión, el proyecto puede seguir una etapa más definitiva. La utilidad de la estimación del orden de magnitud es que puede proporcionar información suficiente acerca de la economía en torno al proyecto de decisión (Tovar de Rivera, 2009). Se aplica para descartar aquellas opciones con inversiones altas, y así evitar realizar cálculos posteriores en alternativas que no ofrecen un potencial adecuado, según plantea Sias Anaya (1998).

El estudio (también conocido como equipamiento fundamental) utiliza una lista de los principales equipos que conforman el proceso, así como de sus materiales de construcción y otros detalles del proceso. Esto incluye todas las bombas, compresores y turbinas, columnas y tanques, hornos e intercambiadores de calor, etc. Cada uno se dimensiona y se determina su costo aproximado, para estimar entonces el costo total de inversión usando porcentajes basados en estos costos. Se debe contar previamente con el diagrama de flujo del proceso (Ulrich, 1985; Turton et al., 2018).

Tovar de Rivera (2009), considera que este tipo de estimación se aplica cuando hay probabilidades de construcción del proyecto y puede servir para la elección del proceso. Se realiza en función de un diseño preliminar aplicando una serie de factores específicos, y su exactitud depende de dichos factores.

El diseño preliminar (también conocido como alcance o autorización del presupuesto) requiere de una definición más explícita del proceso, información que se obtiene de la planta piloto, del estudio de mercadotecnia y otros. Además, la representación aproximada del equipo incluye las tuberías, la instrumentación y los requerimientos eléctricos, así como una estimación de los servicios auxiliares. Se necesita el diagrama de flujo del proceso, además de un esbozo de los equipos fundamentales, un plano preliminar de la planta y un diagrama de elevación (Ulrich, 1985; Turton et al., 2018). Este se realiza con la finalidad de preparar un presupuesto que sirva para la captación de fondos. Los precios de los equipos

se evalúan mediante curvas de costos o se obtienen directamente de los distribuidores (Tovar de Rivera, 2009).

El estimado definitivo (también conocido como control del proyecto) es más completo en lo que se refiere a los costos y requiere un poco más de información sobre el proyecto. Para ello, Tovar de Rivera (2009) y Turton et al. (2018) expresan la necesidad de disponer de las especificaciones preliminares para todos los equipos, servicios auxiliares, instrumentación, y servicios eléctricos. Se parte del diagrama de flujo final del proceso, la distribución espacial de los equipos, el diagrama de elevación, el balance de utilidades, y un diagrama preliminar de tuberías e instrumentación. En el caso de los equipos principales se solicitan presupuestos, y para los materiales a granel se estiman las cantidades.

La estimación detallada (también conocida como empresa o contratista) exige una ingeniería completa del proceso, y todas las facilidades auxiliares y utilidades relacionadas. Se requieren cotizaciones de parte de vendedores para los equipos y artículos más costosos. Se necesita de todos los diagramas para completar la construcción de la planta, en caso de que se decida. Por ello se requiere de los diagramas finales del proceso: el de flujo y el de utilidades e instrumentación, el esbozo de los equipos y su distribución espacial, el balance de utilidades, el diagrama de elevación y una representación isométrica del sistema de tuberías. Al final de la estimación detallada, la planta estará lista para pasar a la fase de construcción. El rango de exactitud de la estimación es muy elevado (Peters y Timmerhaus, 1991; Saravacos y Kostaropoulos, 2016; Turton et al., 2018).

Tovar de Rivera (2009) explica que, para la realización de los cálculos, se fracciona el proceso en unidades, se evalúa con precisión cada elemento y se engloban los costos al final. Además, se debe tomar en cuenta los cambios de moneda para equipos importados o estimaciones en el extranjero.

Cuando se llevan a cabo estudios de viabilidad, no se puede realizar grandes gastos en la estimación, ya que es posible que el proyecto en estudio no sea rentable, por lo que sería un gasto inútil. Por el contrario, cuando se realiza un proyecto “llave en mano” el riesgo del coste final de la planta es asumido por los que la diseñan, por lo que se debe recopilar gran cantidad de información, realizar un diseño preliminar y una estimación muy detallada del costo, a fin de poder fijar este con la suficiente precisión y así minimizar el riesgo. Por consiguiente, y como es lógico, se dedica un tiempo mucho menor a la realización de una estimación para un estudio de viabilidad, que para el caso de la estimación detallada de un proyecto.

En cualquier caso, el tipo de estimación seleccionado presenta un margen de error en cuanto a la exactitud de la misma. Esto significa que el verdadero costo de construir la planta probablemente se encontrará en el rango comprendido entre los límites superior e inferior ofrecidos como porcentajes del precio estimado (Turton et al., 2018).

Al analizar los cinco tipos de estimados, se puede llegar a la conclusión de que existe una relación directa entre las variables tiempo, costo y datos necesarios para realizar la estimación, mientras que el error es inversamente proporcional a aquellas.

En este caso, se selecciona el método de estudio para llevar a cabo la estimación, ya que no se dispone de suficientes elementos para realizar un análisis más detallado y preciso como proponen los tipos de estimación más avanzados, pero tampoco se carece de casi todos los datos como plantea el método de orden de magnitud. Para efectuar un diseño preliminar, se cuenta con el diagrama de flujo del proceso y con los equipos involucrados en el mismo, información que coincide con los requerimientos de la clase de estimación elegida.

### **Métodos de estimación de inversiones**

Según explican diversos autores, entre los que se destacan Jiménez Gutiérrez (2003) y Tovar de Rivera (2009), existen diversos métodos para estimar la inversión de capital, y la elección del mismo depende de la información detallada disponible y de la exactitud que se desea alcanzar.

Los llamados “métodos cortos de estimación” poseen requerimientos mínimos de información, por lo que se aprovechan en estimaciones de los tipos orden de magnitud y *estudio*. La facilidad de su aplicación simplifica su comprensión, y reduce considerablemente el tiempo de realización del estimado, aunque como se dijo anteriormente esto ocasiona que las evaluaciones de costo pierdan exactitud, dada la relación inversamente proporcional entre ambas variables. Dichos métodos se citan a continuación.

#### a) Métodos generales

Los métodos generales requieren de poca información referente al proceso y proporcionan estimaciones muy rápidas pero inexactas. Se corresponden mejor con estimaciones del tipo orden de magnitud.

Método del coeficiente de circulación o de giro: La estimación es el producto de la capacidad deseada para la planta, por el valor de venta unitario y por el inverso del coeficiente circulante, donde este último representa la relación entre el valor de las ventas anuales y el capital inmovilizado o inicial.

Método del coeficiente de inmovilización unitario: El coeficiente de inmovilización unitario es el valor del capital inmovilizado o inicial necesario para producir una unidad anual de producto; y para hacer la estimación basta con multiplicar la capacidad deseada de la planta por el coeficiente inmovilizado. Sin embargo, debe utilizarse para plantas con capacidades muy parecidas, pues no considera las economías de escala; además de que puede generar problemas para las plantas pequeñas.

Método de Williams: Relaciona los costos de dos plantas con sus capacidades o volúmenes de producción elevados a un exponente que depende del tipo de planta.

b) Métodos factoriales

Los métodos factoriales se caracterizan por el empleo de factores de experiencia que permiten incluir los accesorios adicionales para la operación de los equipos del proceso. La evaluación necesita una cantidad mayor de información que los métodos generales, y por tanto su exactitud es también mayor.

Método de Lang: Este método clásico permite estimar la inversión total de un proceso a partir del costo base de sus equipos principales, y multiplicar dicha sumatoria por un factor global de experiencia, que involucra el costo de tuberías, instrumentación y edificios, los honorarios de los ingenieros y contratistas, y las contingencias, según el material de construcción de los mismos.

Método de Gallagher: Constituye un reajuste del método de Lang, que toma en cuenta que el costo relativo de materiales, obra civil, montaje e ingeniería dependen de la clase de equipo a examinar.

Método de Hand: Hand recomendó aplicar el método de Lang en forma individual para cada equipo, con el propósito de obtener estimaciones más exactas usando factores específicos para diferentes tipos de equipos de proceso. Este método disminuye el error cometido en el método Lang, pero resulta más trabajoso, a la vez que presenta un inconveniente al no considerar aquellos equipos que no figuran en la lista por omisión o falta de definición del proyecto.

Método de Chilton: En este método, la utilización de intervalos de factores para diferentes condiciones, debe conducir a estimaciones más exactas. Mediante el mismo, puede extrapolarse el costo de un sistema completo a partir del costo de los equipos principales del proceso, y determinar una estimación de la inversión fija total con un error de 10-15 % del valor real, por la selección cuidadosa de los factores dentro del rango dado (Gamboa García, 2008).

Método de Guthrie: En 1969, Guthrie publicó una recopilación para la estimación de costos que sirvió como base para muchos otros métodos, y actualmente es utilizada para la estimación de costos de inversión de módulos de equipos de procesos utilizados en una planta. Para el manejo de la información, se divide la planta en módulos. El método comienza en la estimación de un costo base que se encuentre en función de alguna dimensión del equipo. Es necesario que el costo base implique el acero al carbón como material de construcción, una geometría base del equipo que se requiere, una presión de operación moderada y un año base de 1968. Seguidamente se debe corregir el costo al

incorporar los datos del equipo deseado. Además, se recomienda que se le agregue un factor del 15 % al costo para contingencias.

c) Métodos analógicos

Este tipo de métodos son considerados como mixtos, ya que son modificaciones y/o actualizaciones del método de Lang.

**Método de Zevnik-Buchanan:** Este método posibilita estimar la inversión en plantas químicas en dependencia de la capacidad de producción, de la complejidad (que incluye temperatura, presión y material de construcción) y del número de unidades funcionales de la planta.

**Método de Stallworthy:** Inicialmente, este método solo se empleaba en plantas petroquímicas. Es relativamente similar al de Zevnik y Buchanan, salvo que se modifican las unidades funcionales en pasos del proceso e intenta tener en cuenta la influencia de las corrientes alternas y el reciclado (Tovar de Rivera, 2009).

Luego de explicar brevemente los métodos cortos de estimación, se selecciona la metodología de Lang para estimar la inversión de las plantas en cuestión, ya que a criterio de los autores Ulrich (1985), Brizuela (1987), Jiménez Gutiérrez (2003), Tovar de Rivera (2009) y Turton et al. (2018), es el método más comúnmente utilizado en los proyectos que abordan estimaciones del tipo estudio, debido a su grado relativamente bajo de complejidad, la rapidez de sus resultados, y a que aunque el propio tipo de estimado no exige una elevada precisión, esta técnica es capaz de alcanzar una mayor exactitud que los métodos generales. En realidad, Lang elige el equipo como elemento que define una instalación industrial y la diferencia de otras, ya que es precisamente el equipo el que permite realizar las operaciones del proceso. Este planteamiento se corresponde perfectamente con la estimación de estudio, la cual incluso se conoce también como equipamiento fundamental, puesto que solamente requiere del diagrama de flujo del proceso y de los principales equipos que conforman el mismo, especificando sus dimensiones y materiales de fabricación.

### **Estimación de la inversión según la metodología de Lang**

Para efectuar la estimación del costo de inversión de la planta, se debe seguir un grupo de pasos establecidos en el método de Lang.

a) Determinar el costo base de los equipos del proceso

Determinar el costo de adquisición del equipamiento tecnológico de una planta implica el conocimiento de los distintos equipos necesarios en la misma y de sus características físicas primordiales. Si se conocen las dimensiones fundamentales de cada equipo, resulta posible estimar su costo de adquisición empleando para ello la literatura general disponible, la cual

está constituida por manuales de información económica de carácter industrial, información económica específica sobre plantas previamente construidas en el país, catálogos de equipos, ofertas para la venta de equipos similares a los que se van a adquirir, entre otros. Normalmente la literatura económica correlaciona el costo de adquisición con una dimensión o característica física fundamental del equipo (Brizuela, 1987). También pudieran emplearse softwares dedicados a la estimación de los costos de equipos tecnológicos.

El software CAPCOST es una herramienta muy útil para la estimación de los costos de inversión de plantas que involucran distintos tipos de equipos. Este programa computarizado le permite al usuario introducir los datos de forma interactiva y obtener un costo estimado en mucho menos tiempo que el requerido para los cálculos manuales y con menor probabilidad de error. La información que se debe suministrar sobre el equipo depende de la naturaleza del mismo y de sus dimensiones fundamentales, tales como la capacidad, la presión de operación o los materiales de construcción (Turton et al., 2018).

b) Calcular el costo total del equipamiento tecnológico de la planta

Según Tovar de Rivera (2009), este método comienza con la suma del costo base de los principales componentes del proceso.

$$I_e = \sum I_i \quad (1)$$

Donde:

$I_i$ : Costo base de los principales equipos del proceso (CUP)

$I_e$ : Costo total del equipamiento de la planta (CUP)

En el caso particular de las mini-plantas de elaboración de conservas de frutas, los principales equipos son las marmitas de precocción y cocción, los molinos trituradores y refinadores, las tinajas de lavado y enjuague, y la cisterna de agua residual. En el caso de las tinajas y la cisterna, los costos generalmente se estiman a partir de consultas con especialistas de la construcción, y empleando los costos reales de los materiales de fabricación.

c) Estimar el costo total de inversión de la planta

Luego se multiplica el costo del equipamiento por una serie de factores de experiencia.

$$I = (I_e + (\sum f_i \cdot I_e)) \cdot f_i \quad (2)$$

Donde:

$I$ : Estimación de la inversión completa del proceso (CUP)

$f_i$ : Factor para la estimación del costo de tuberías, instrumentación, edificios, y otros

$f_i$ : Factor que toma en cuenta los gastos indirectos, tales como salarios del personal involucrado (ingenieros, contratistas), contingencias, etc.

Si se modifica la expresión anterior, se obtiene la siguiente:

$$I = ((1 + \sum f_i) \cdot f_i) \cdot I_e \quad (3)$$

O lo que sería lo mismo:

$$I = f_L \cdot I_e \quad (4)$$

En este caso  $f_L$  es el factor de Lang, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$f_L = (1 + \sum f_i) \cdot f_i \quad (5)$$

A continuación, se muestra la Tabla 2, la cual contiene los valores del factor de Lang que se han reportado para distintos tipos de plantas, en función de las sustancias que procesa y del material de construcción de los equipos.

Tabla 2 – Factores de Lang para la estimación de la inversión en plantas químicas

Tipo de proceso	Acero al carbono	Acero inoxidable	Súper aleaciones
Fluidos	4,74	3,0	3,0
Sólidos	3,10	2,5	2,0
Sólido-fluido	3,63	2,8	2,5

Fuente: Tovar de Rivera (2009)

El factor de experiencia de Lang se deriva del análisis de varios procesos existentes. Esto refleja que los costos de los equipos, contrario a lo que tal vez pudiera esperarse, pueden representar en muchas ocasiones una fracción no muy considerable dentro de la inversión total de una planta.

El factor de Lang en este caso tiene un valor de 2,8, ya que este tipo de mini-industrias maneja tanto sólidos como fluidos, y el material de construcción principal será el acero inoxidable (AISI 304).

El acero inoxidable es el más importante de los tipos de acero usados en la fabricación de equipos para estar en contacto directo con los alimentos. Para la mayoría de los casos se emplea el AISI 304, y en caso de que la acidez de los productos sea alta, resulta común utilizar AISI 316 (Saravacos y Kostaropoulos, 2016). En este caso, dado que el pH de las materias primas y productos involucrados no es demasiado bajo, todos los equipos estarán fabricados a base de acero inoxidable AISI 304, mientras que los utensilios y recipientes a utilizar durante el proceso podrán ser de plástico, madera, vidrio o acero inoxidable, de

modo que la instalación cumpla con la Instrucción M-11/12 de 25 de septiembre de 2012 del MINAL (Instrucciones Generales Higiénico- Sanitarias y Tecnológicas para la Pequeña Industria Productora de Frutas y Hortalizas en Conserva).

### **Efecto del tiempo sobre el costo de adquisición de los equipos**

Los cálculos del costo de capital en los casos de prediseño, se fijan normalmente a partir de precios antiguos. Debido a las condiciones cambiantes de la economía, se necesitan índices correctivos para ajustar los datos a un estado corriente o futuro (Peters y Timmerhaus, 1991). Con respecto a esto, Jiménez Gutiérrez (2003) afirma que el efecto de la inflación sobre los costos de adquisición del equipamiento en plantas químicas puede cuantificarse mediante el uso de índices especializados. Para pasar la información del costo de un año base a un año deseado, simplemente se toma el cociente de los índices de los años en cuestión. Esto puede lograrse usando la expresión siguiente:

$$C_2 = C_1 \cdot \frac{I_2}{I_1} \quad (6)$$

Donde:

$C_1$ : Costo de adquisición en el año base (CUP)

$C_2$ : Costo de adquisición (CUP) en el año deseado (CUP)

$I_1$ : Índice de costo en el año base

$I_2$ : Índice de costo en el año deseado

Existen varios índices de costo empleados por la industria química, que se publican de forma periódica. Los más utilizados son: el índice de costos de plantas de Chemical Engineering, el de equipo instalado de Marshall & Stevens (para cemento, química, productos de arcilla, vidrio, pintura, papel, petróleo y hule), y el de construcción de refinerías Nelson (que se publica en la revista Oil & Gas Journal).

Como la esfera industrial del procesamiento de alimentos no se corresponde con ninguno de los dos últimos índices, el Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) es el apropiado en este caso, y por lo tanto será el que se utilice en la presente investigación para corregir el valor del costo en caso necesario.

### **Indicadores de la eficiencia económica de la inversión**

Para evaluar la rentabilidad de un proyecto, debe asumirse un tiempo de vida para el proceso. Esta normalmente no es la vida activa del equipo, ni el tiempo que permite la depreciación, sino una longitud específica de tiempo sobre la cual se compara la rentabilidad de diferentes alternativas de proyectos.

Para este propósito se utilizan normalmente las vidas de 10, 12 y 15 años. Resulta imprescindible estandarizar su valor al efectuar comparaciones, ya que la rentabilidad está directamente relacionada con este parámetro, y al comparar propuestas utilizando distintos tiempos de vida se pierde la fiabilidad en los resultados.

Resulta común que algunos procesos químicos anticipen tiempos de operación muy superiores a los 10 años, en cuyo caso deben ajustarse los costos de manufactura si no se espera que el equipamiento de un proceso específico dure para el período previsto. Por lo tanto, estos deben reflejar un costo de mantenimiento mucho mayor para incluir el reemplazo periódico de los equipos necesarios (Turton et al., 2018).

Según el criterio de Brizuela (1987) y Turton et al. (2018) el valor más ampliamente utilizado en cuanto al tiempo de vida útil es de 10 años, por lo que el análisis económico de la presente investigación estará referido a este valor.

Antes de realizar una inversión, es posible predecir su eficiencia económica a través de un grupo de factores indicativos, tal como expresan Peters y Timmerhaus (1991), Jiménez Gutiérrez (2003), Tovar de Rivera (2009), García García (2017) y Turton et al. (2018).

#### a) Retorno de la inversión

Este indicador permite evaluar el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada, y se expresa en proporción o porcentaje.

$$Rn = \frac{G}{I} \cdot 100 \quad (7)$$

Donde:

*Rn*: Retorno de la inversión (%)

El rango establecido por la Dow Chemical Co. (2017) es de 33-34 %; sin embargo, en las industrias relacionadas con productos alimenticios, el intervalo normado suele ser mucho menor.

#### b) Plazo de recuperación de la inversión

El plazo de recuperación de la inversión es el tiempo que la planta se tarda en recuperar el desembolso inicial realizado en la inversión. Es considerado un indicador que refleja el riesgo relativo y constituye un instrumento financiero.

$$PRI = \frac{I}{G} \quad (8)$$

Donde:

*PRI*: Plazo de recuperación de la inversión (%)

Altuve Godoy (2004) plantea que las inversiones que se recuperan en el período de 1 a 5 años son más prometedoras y mejor pagadas que las que requieren un tiempo superior.

c) Valor actual neto

El valor actual neto (*VAN*) permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en descontar al momento actual todos los flujos de caja futuros del proyecto; a este valor se le resta la inversión inicial, de forma tal que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. En función del resultado, se puede interpretar si el proyecto crea valor (*VAN* positivo), si destruye valor (*VAN* negativo) o si no crea ni destruye valor (*VAN* nulo). La expresión a utilizar es la siguiente:

$$VAN = S_0 + \frac{S_1}{(1+i_1)^1} + \frac{S_2}{(1+i_1)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+i_1)^n} \quad (9)$$

Donde:

*VAN*: Valor actual neto (CUP)

*S*: Movimiento de fondos (CUP)

*i*<sub>1</sub>: Tasa de interés vigente (%)

Según Ulrich (1987), la tasa de interés se toma generalmente como el 10 % en el cálculo del valor actual neto.

De acuerdo con Márquez Díaz y Castro M. (2015), si el *VAN* es igual a cero y está actualizado a la tasa de oportunidad del capital, indica que se cubre la inversión; y si es superior, entonces significa que después de cubierta la misma y pagado el interés, queda un resto de utilidades.

d) Tasa interna de rentabilidad

La tasa interna de rentabilidad (o de retorno) (*TIR*) de una inversión se define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. Es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero. El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es que si  $TIR \geq r$  se acepta el proyecto, ya que el mismo da una rentabilidad mayor que la mínima requerida, mientras que si  $TIR \leq r$  se rechaza, puesto que muestra una rentabilidad menor que la mínima requerida, donde *r* representa el interés vigente. Las ecuaciones que permiten calcular la *TIR* se muestran a continuación:

$$TIR = i_1 - \frac{VAN(+). (i_1 - i_2)}{VAN(+)-VAN(-)} \quad (10)$$

Donde:

$i_2$ : Interés para el cual el VAN cambia de signo (%)

Según Karellas et al. (2010), la tasa interna de retorno constituye un indicador de la rentabilidad de un proyecto y mientras mayor sea, más rentable será. Además, Márquez Díaz y Castro M. (2015) plantean que el valor de la tasa interna obtenido tiene que ser igual o mayor que el costo de oportunidad del capital (expresado como tasa de rendimiento) para que la inversión pague los costos y sea rentable. Johnson y Melicher (2000) afirman que un proyecto de inversión de capital debería aceptarse si tiene un valor actual neto positivo y una tasa interna superior a la normada.

## Conclusiones

De los tipos de estimado, el de estudio es el adecuado para efectuar un diseño preliminar, y el procedimiento ideal, en correspondencia, es el método de Lang, que resulta sencillo, rápido y efectivo. Los principales equipos de que constan las mini-industrias de elaboración de conservas de frutas son los molinos de trituración y refinación, y las marmitas de precocción y cocción; además de las tinas de lavado y enjuague y la cisterna de agua residual. El material de construcción fundamental para el contacto con los alimentos debe ser el acero inoxidable AISI 304. Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se necesita calcular un grupo de indicadores como es el caso del porcentaje de retorno de la inversión, el plazo de recuperación, el valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad, que definirán si se acepta o no la propuesta.

## Referencias bibliográficas

ALTUVE GODOY, J.G. *El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión*. Actualidad Contable, 9, 2004, pp. 7-17.

BRIZUELA, E. Aspectos fundamentales del diseño de plantas industriales. Tomos I y II. Ciudad de La Habana: Ed. ISPJAE, 1987.

DOW CHEMICAL COMPANY. *Finances. Enterprise records* [en línea] [2017] Disponible en: <http://www.dow%20chemical%20co%20cfd%20acciones>

GAMBOA GARCÍA, L. A. (2008). Métodos de factores desglosados. *Proyectos de inversión en plantas químicas*. p. 1-3. [en línea] [2008]. Disponible en: [http://fjartnmusic.com/Personal/7o\\_Semestre\\_files/PIPQPI.pdf](http://fjartnmusic.com/Personal/7o_Semestre_files/PIPQPI.pdf)

GARCÍA GARCÍA, Y. Propuesta tecnológica de una planta para la producción de resinas fenólicas a partir de la lignina del bagazo de caña de azúcar. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniera Química. Universidad de Matanzas: 2017.

JIMÉNEZ GUTIÉRREZ, A. Diseño de procesos en Ingeniería Química. Barcelona: Ed. Reverté, 2003, 257 p.

JOHNSON, R.W. y MELICHER, R.W. Administración Financiera. 5ª ed. México: Compañía Editorial Continental, 2000.

KARELLAS, S; BOUKIS, I. y KONTOPOULOS, G. *Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste*. *Renew. Sustain. Energy*. Rev. 14, 2010, pp. 1273-1282.

MÁRQUEZ DÍAZ, C.L. y CASTRO M., J.F.M. (2015). *Use of Net Present Value, Internal Rate of Return, and Benefit-Cost Ratio in Financial Evaluation of a Vaccination Program Against Foot and Mouth Disease in Venezuela*. Cátedra de Economía y Administración. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela: 2015.

MINISTERIO DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA (MINAL). Instrucciones generales higiénico-sanitarias y tecnológicas para la pequeña industria productora de frutas y hortalizas en conserva. Instrucción M-11/12. La Habana, Cuba. 2012.

PETERS, M. S. y TIMMERHAUS, K. D. *Plant design and economics for chemical engineers*. 4<sup>th</sup> ed. University of Colorado: Ed. McGraw – Hill, 1991.

SARAVACOS, G.D. y KOSTAROPOULOS, A. E. *Handbook of Food Processing Equipment*. 2<sup>nd</sup> ed. Switzerland: Springer, 2016, 775 p.

SIAS ANAYA, J. IQ Celaya. [en línea] [1998]. Disponible en: <http://www.iqcelaya.itc.mx/~richart/TesisMaestria/1998%20Sias%20Anaya.pdf>

TOVAR DE RIVERA, M. E. Diseño de plantas de proceso. Unidad 3: Estimación de costos en plantas químicas (Rescatado de artículos de la revista *Ingeniería Química* (I), (II), (III). Sept-Nov. 1991). 2009.

TURTON, R. et al. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*. 5<sup>th</sup> ed. West Virginia: Ed. Prentice Hall, 2018, 1 549 p.

ULRICH, G. D. *Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química*. 1985.