

Integración de herramientas informáticas para la evaluación de proyectos de inversión

Corrales, Emiliano*, Gadaleta Liliana

Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Marcelo T. de Alvear 1168. emiliano@inti.gob.ar
lgadalet@inti.gob.ar

RESUMEN

El uso de herramientas informáticas es de gran ayuda para la evaluación de proyectos de inversión. En particular, las planillas de cálculo permiten manejar gran cantidad de información de manera sencilla y ordenada. Con este trabajo se demuestra que, la integración de esta tecnología con un programa de diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés), aporta velocidad a la medición del impacto que tiene sobre la evaluación económica de un proyecto de inversión, el añadir o quitar equipos, y modificar sus parámetros técnicos. Adicionalmente, dado que se trata de una interfaz gráfica que representa medidas reales, se contemplan las dimensiones físicas del edificio donde se instalarán los equipos. Con esto, se evita por ejemplo, pasar por alto el espacio necesario para la circulación del personal, o la cantidad máxima de equipos que pueden ser instalados. Se detallan en el trabajo, todos los pasos para realizar la instalación correcta del sistema, el diseño de los bloques, y la visualización de los datos exportados a una planilla de cálculos de Excel. Como ejemplo de aplicación del sistema desarrollado, se elige una planta artesanal de producción de dulce de manzana. Se detallan todos los pasos del proceso productivo, sus rendimientos, materiales, y mano de obra necesaria para su fabricación. Se utilizan técnicas de Ingeniería Económica para el cálculo de la inversión total, costos productivos, rentabilidad y punto de equilibrio. Realizado un primer diseño de la planta, se detecta que la producción está limitada por la etapa de cocción del dulce, situación que es corregida desde la interfaz gráfica. Se concluye en que el sistema añade sencillez y velocidad a la corrección de situaciones conflictivas de diseño de un proyecto de inversión, siempre y cuando el usuario cuente con los conocimientos necesarios de uso de AutoCAD, Excel y análisis económico de un proyecto de inversión.

Palabras claves: Proyecto de inversión, AutoCAD, Excel, Ingeniería Económica.

1. INTRODUCCIÓN

Realizar la evaluación de un proyecto de inversión utilizando las técnicas de Ingeniería Económica, involucra estimar la inversión fija, el capital de trabajo, los costos de producción y la rentabilidad. Este proceso de cálculo se realiza una vez que se han definido una serie de variables técnicas y económicas necesarias para la estimación. Evaluada la capacidad requerida de producción y seleccionada la tecnología a utilizar, se define el listado de equipos y la superficie edilicia necesaria.

Esta información, junto con la económica, permite determinar la inversión fija del proyecto. Los costos de producción se calculan a partir de los requerimientos y precio de los insumos y de la inversión. Si el costo de producción resultante es superior al precio de venta del mercado, se examina la posibilidad de disminuir los principales componentes de los costos de producción, interactuando con la información antes definida. Esta retroalimentación provoca la realización de una nueva estimación.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un sistema, integrando herramientas informáticas existentes, que permita realizar el diseño de una planta y la evaluación técnico-económica del proyecto. Se seleccionan dos herramientas, AutoCAD y Microsoft Excel, debido a la flexibilidad que ofrecen para su personalización, característica que permite desarrollar el sistema. Si bien existen en el mercado, programas gratuitos similares a los mencionados, se optan por estos en particular por ser ampliamente distribuidos.

El desarrollo de este sistema tiene como objetivo agilizar la estimación de la inversión necesaria y la toma de decisiones en nuevos proyectos. También, es posible utilizarlo para modelar una planta de producción existente y realizar cambios en los equipos involucrados, o variables como horas diarias asignadas a producción, cantidad de empleados, nivel de utilización de la planta, entre

otros, para poder medir su impacto en la velocidad de producción, inversión necesaria, flujos de caja y rentabilidad.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo incluye la aplicación del sistema desarrollado a un ejemplo real de proyecto de inversión. Se ha utilizado para la estimación económica del mismo, y como núcleo de los cálculos llevados a cabo en la planilla de Excel asociada al sistema, una metodología de estimación de inversión y costos de producción propuesta por Zugarramurdi y col. (1995) [3].

La metodología para la estimación de costos, los divide en dos grupos: los costos variables y los fijos. Los costos variables son aquellos proporcionales a la producción. En este rubro se encuentran la materia prima, envases, mano de obra directa y servicios. Cualquiera de estos componentes se incrementará, de manera proporcional, si se aumenta el nivel de producción (por ejemplo, cuanto más producto se desee fabricar, será necesario disponer de mayor cantidad de materia prima). Por otro lado, costos fijos como la depreciación o el costo por ventas y distribución, no verán cambios si el nivel de producción varía.

La inversión total necesaria se estima a partir de sus dos componentes, la inversión fija y el capital de trabajo. El método de los factores [4], permite realizar una estimación de la inversión fija a partir del precio de adquisición de los equipos principales de producción. Tomando como base dicho monto, se aplican una serie de factores que representa, cada uno, un rubro de inversión como fracción de la inversión fija. Se adoptan factores para los rubros: cañerías, instrumentación, construcciones, ingeniería y supervisión, y contingencias. Posteriormente, y a partir de los costos de producción ya estimados, se calcula el capital de trabajo requerido para la puesta en funcionamiento de la planta, completando de esta forma la inversión total.

Otro aspecto tomado en consideración para la aplicación del sistema desarrollado, es la distribución en planta. La orientación seguida, es la de reducir los movimientos innecesarios, a través de acercar los puestos de trabajo de modo que se obtenga un recorrido fluido desde la primera hasta la última etapa de fabricación y almacenamiento del producto terminado [2]. Debido a que el sistema desarrollado no realiza esta distribución de forma automática, se ha realizado de forma manual.

Debido al carácter modular del sistema, se ha elegido la utilización de bloques de objetos en Autocad [1]. Esto permite la creación de entidades de diseño a las cuales es posible asociar atributos, que son fácilmente extraíbles para su posterior procesamiento en Excel. Otra ventaja de este método es que es posible repetir rápidamente un mismo objeto.

3. ESTRUCTURA DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO

El sistema está compuesto por: el conjunto de archivos de AutoCAD y el de Excel. En la carpeta raíz, se encuentran: subcarpeta conteniendo los bloques de AutoCAD (archivos donde están dibujados los equipos a ser insertados), subcarpeta con los iconos gráficos para cada equipo, el archivo de menú llamado "menu.mns" (que contiene los comandos necesarios para el funcionamiento), el archivo etiquetado "ExtractionAll.txt" (con detalle de datos a ser extraídos), el resultado de la extracción etiquetado "ExtResult.txt" y el archivo "CalculoInversion.xlsm" (que es la planilla de cálculos de Excel desde donde se recuperan los datos extraídos y se genera la información del proyecto).

En el punto 3.1 se detallan los pasos más importantes de instalación y uso del sistema.

3.1. INSTALACIÓN

La instalación del sistema requiere la modificación del archivo de comandos base de Autocad. Esto se realiza editando el archivo "acad.pgp" (su ubicación depende de donde haya sido instalado el programa), y agregando los comandos presentados en Comando 1.

Comando 1 *Comandos en archivo acad.pgp*

EXCELDATOS, START D:/Emi/Facu/Autocad/TPFinal/CalculoInversion.xlsm, 1,,
AYUDA EQUIPOS, START D:/Emi/Facu/Autocad/TPFinal/AyudaMenu.txt, 1,,

El comando "EXCELDATOS" tiene como función abrir el archivo de Excel desde el cual importa los datos técnicos de los equipos insertados, y "AYUDAEQUIPOS", abre un archivo de texto con una breve ayuda sobre el uso del menú.

Los archivos deben encontrarse en el disco rígido, sin requerir una ubicación específica. Es recomendable que la carpeta donde se alojen los archivos se encuentre en la raíz del disco rígido (por ejemplo, c:\sistemacad), ya que se utiliza esta dirección en el archivo de menú reiteradas veces. Una vez que se realiza este paso, sólo es necesario agregar los bloques al menú, procedimiento que se detalla en el inciso 3.2.

3.2. CREACIÓN DE BLOQUES

Para definir un nuevo bloque (que a su vez es la representación de un equipo), es necesario crear un nuevo documento de AutoCAD, realizar el dibujo del equipo junto a los atributos (los cuales en su definición deben incluir los valores por defecto), y luego, utilizando el comando "wblock" guardar todo el conjunto como un bloque, dentro de la carpeta "BLOQUES". El listado de atributos definidos se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Nombres y definición de atributos

Nombre de atributo	Definición
NOMBRE	Nombre del equipo
CAPACIDAD	Capacidad del equipo (según el proyecto puede expresarse en diferentes unidades)
PRECIO	Precio del equipo
MANOOBRA	Cantidad de operarios necesarios
CONSGAS	Consumo de gas
CONSELEC	Consumo de energía eléctrica

Luego de crear los bloques, es necesario generar los macros dentro del archivo "menu.mns", para que los equipos aparezcan en el nuevo menú de AutoCAD. Esto se realiza abriendo el archivo "menu.mns" desde cualquier editor de texto simple. Para cada equipo, se debe insertar una línea de comandos. A manera de ejemplo, el Comando 2 muestra el código para la inserción del bloque "batea de pelado".

Comando 2 Macro ejemplo

```
ID_Pelado      [&Batea Pelado] ^C^C _layer; m; EqDulces; s;; c; 250; EqDulces;; ^C^C _insert;  
                c:/ProyAcad/Bloques/peladora;scale;1;\;
```

Es importante resaltar que no se deben dejar espacios en la línea de comandos; únicamente se deja un espacio de tabulación entre la etiqueta del macro (en el ejemplo, "ID_Pelado") y el inicio del mismo (en el ejemplo, [&Batea Pelado]).

3.3. CARGA DEL MENU Y EXPORTACIÓN DE DATOS A EXCEL

Una vez agregados los bloques al menú, se puede comenzar a utilizar el menú de equipos. Desde AutoCAD es necesario ejecutar el comando "menuload" y seleccionar el archivo "menu.mns". El nuevo menú desde donde pueden insertarse equipos al dibujo debe aparecer junto a los menús de AutoCAD, como se puede observar en la Figura 1.

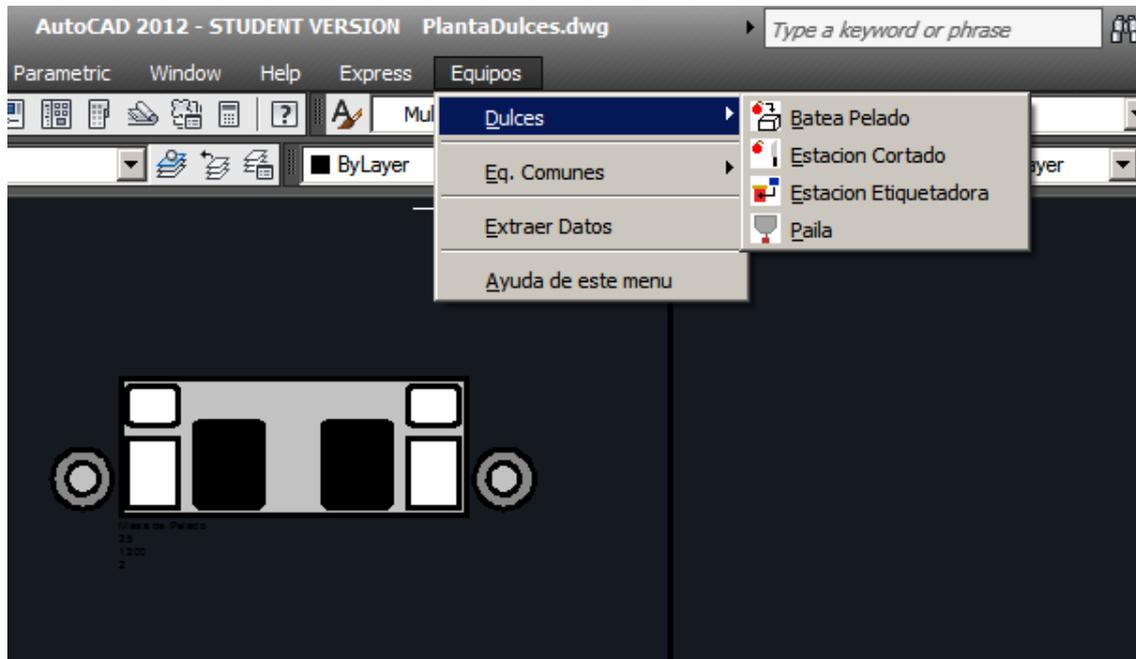


Figura 1 Menú "Equipos"

Una vez insertados los equipos en el dibujo, es posible exportar los datos a Excel para la realización de la evaluación económica, debiendo ejecutarse la opción "Extraer datos" desde el nuevo menú "Equipos". Esta orden genera un archivo de texto simple con el conjunto de datos, separados por comas.

3.4. VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN EXCEL

Luego de exportados los datos, el sistema abre el archivo de Excel "CalculoInversion.xlsm", el cual está compuesto por seis hojas de cálculo. En la primera hoja denominada "DatosExtraídos" se almacenan los valores importados. Esta hoja está bloqueada con el único objetivo de evitar la modificación accidental de algún valor, ya que deben ser utilizados exactamente como son extraídos por AutoCAD; cualquier cambio puede generar problemas en los cálculos posteriores.

En la Tabla 2 se detalla la información que contienen las hojas de cálculo restantes, y a manera de ejemplo, en la Figura 2 se muestra la hoja de Excel "Producción".

Tabla 2 Hojas de archivo Excel

Nombre de la hoja	Descripción
DatosTécnicos	Se ingresan en esta hoja los valores técnicos que definirán la cantidad de horas que se trabaja en la planta, tamaño del producto terminado o peso, los años de vida útil del proyecto.
Datos Económicos	En esta hoja se ingresan los costos de adquisición de materiales, envases, servicios y contratación de mano de obra.
Producción	Esta hoja contiene datos extraídos de AutoCAD (cantidad de materia prima, capacidad de la planta y por proceso, e insumos y mano de obra requeridos) y se ingresan los valores para el rendimiento de cada etapa, y las proporciones de otros insumos en función de la materia prima principal.
Inversión y Costos	En esta hoja se realiza el cálculo de inversión total necesaria, a partir del método de los factores.
Rentabilidad	En esta hoja, se ingresa el precio de venta del producto terminado y el porcentaje de impuestos pagados sobre los ingresos brutos. Se calcula de forma automática la tasa interna de retorno, tiempo de repago y punto de equilibrio.

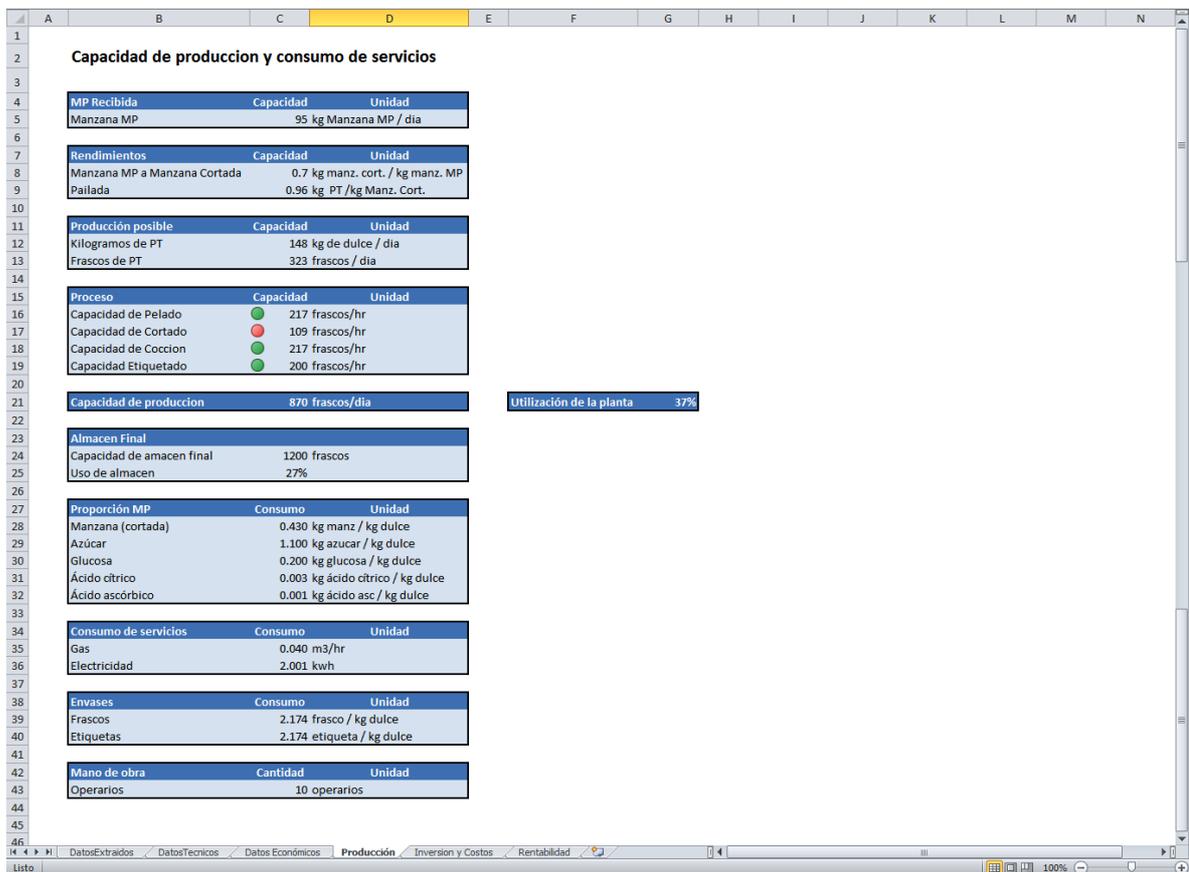


Figura 2 Hoja "Producción"

4. VENTAJAS RESPECTO AL CÁLCULO MANUAL Y LIMITACIONES

La principal ventaja que presenta el sistema es la flexibilidad para realizar modificaciones y visualizar el impacto que éstas tienen sobre todo el proyecto. La vinculación con una interfaz gráfica (AutoCAD), permite alterar el diseño rápidamente, y evaluar variación en el cálculo económico del proyecto. La interfaz gráfica, también es fundamental para evitar pasar por alto las dimensiones físicas del edificio, que introducen una limitación a la cantidad de equipos que pueden ser instalados.

Por otra parte, existen ciertas limitaciones. En primer lugar, es necesario contar con conocimientos básicos de AutoCAD, que es un programa dirigido a un público específico. Por otro lado, también es necesario tener conocimientos en evaluación económica de proyectos de inversión.

5. EJEMPLO DE APLICACION

Para el desarrollo de un ejemplo de aplicación, se selecciona un proyecto de inversión donde se produce un único bien, con el fin de simplificar los cálculos económicos. El sistema no está limitado únicamente a este tipo de casos, y es posible adaptarlo sistemas de mayor complejidad.

El proyecto seleccionado es una planta de producción de dulce de manzana, presentado en frascos de vidrio de 460 gramos de peso neto.

Realizado un estudio de mercado, se determina que la demanda será tal que deben producirse 200 frascos de dulce por día.

El proceso de producción consta de diferentes etapas, que se exhiben en el diagrama de la Figura 3.



Figura 3 Diagrama de flujo, producción de dulce de manzana

Las etapas de corte y de cocción en paila presentan un rendimiento menor al 100%, y lo suficientemente apreciable para ser tenido en cuenta (por su impacto en los costos). El rendimiento para la etapa de corte es del 70%, y para la cocción es de 96%. Estos valores de rendimiento, se ingresan en la hoja “Producción”.

En función de la demanda estimada y los rendimientos, se determina que serán necesarios 58 kg de manzanas. Debido a que las mismas se compran en cajones de 20 kg, se redondea el número a 60 kg.

El resto de los ingredientes utilizados se calculan en función de las proporciones necesarias. Dichos ingredientes se detallan en la Tabla 3. Estos valores se ingresan en la hoja “Producción”.

Tabla 3 Ingredientes y proporciones

Ingrediente	Proporción	Cantidad necesaria por día
Manzana	0.43 kg fruta / kg dulce	60 kg manzanas MP
Azúcar	1.10 kg azúcar / kg dulce	101,2 kg azúcar
Glucosa	0.20 kg glucosa / kg dulce	18,4 kg glucosa
Ácido cítrico	0.003 kg ácido cítrico / kg dulce	0,276 kg ácido cítrico
Ácido ascórbico	0.0008 kg ácido ascórbico / kg dulce	0,073 kg ácido ascórbico

Los equipos necesarios, en función del nivel de producción estimado y los modelos disponibles en el mercado, se detallan en la Tabla 4. Se deben consultar los consumos de servicios indicados por el fabricante de cada equipo, para ser añadidos a los bloques, y considerar el requerimiento de mano de obra para su funcionamiento.

Tabla 4 Equipos y capacidades

Nombre del equipo	Capacidad
Bascula para materia prima	300 kg
Mesada para corte	2 puestos de trabajo
Batea para pelado	100 l
Paila cocción	100 l
Zorrita de carga	750 kg
Mesa de etiquetado	2 puestos de trabajo

Para poder empezar a utilizar el sistema, es necesario crear los bloques para cada equipo. Adicionalmente, se crea un bloque llamado “Ingreso MP”, que sin representar un equipo en sí, y su importancia radica en que permite ingresar la cantidad de materia prima que será procesada por

día en la planta. Creados los bloques, se disponen en un dibujo de AutoCAD, de la forma en que se supone serán ubicados en la planta real. Es conveniente realizar un esquema a escala del contorno y divisiones del edificio a utilizar, de forma que sea posible visualizar a qué distancia se encontraran los equipos y detectar, por ejemplo, problemas de circulación del personal.

La disposición de equipos seleccionada se muestra en la Figura 4. Luego de disponer los equipos, se exportan los datos a Excel.

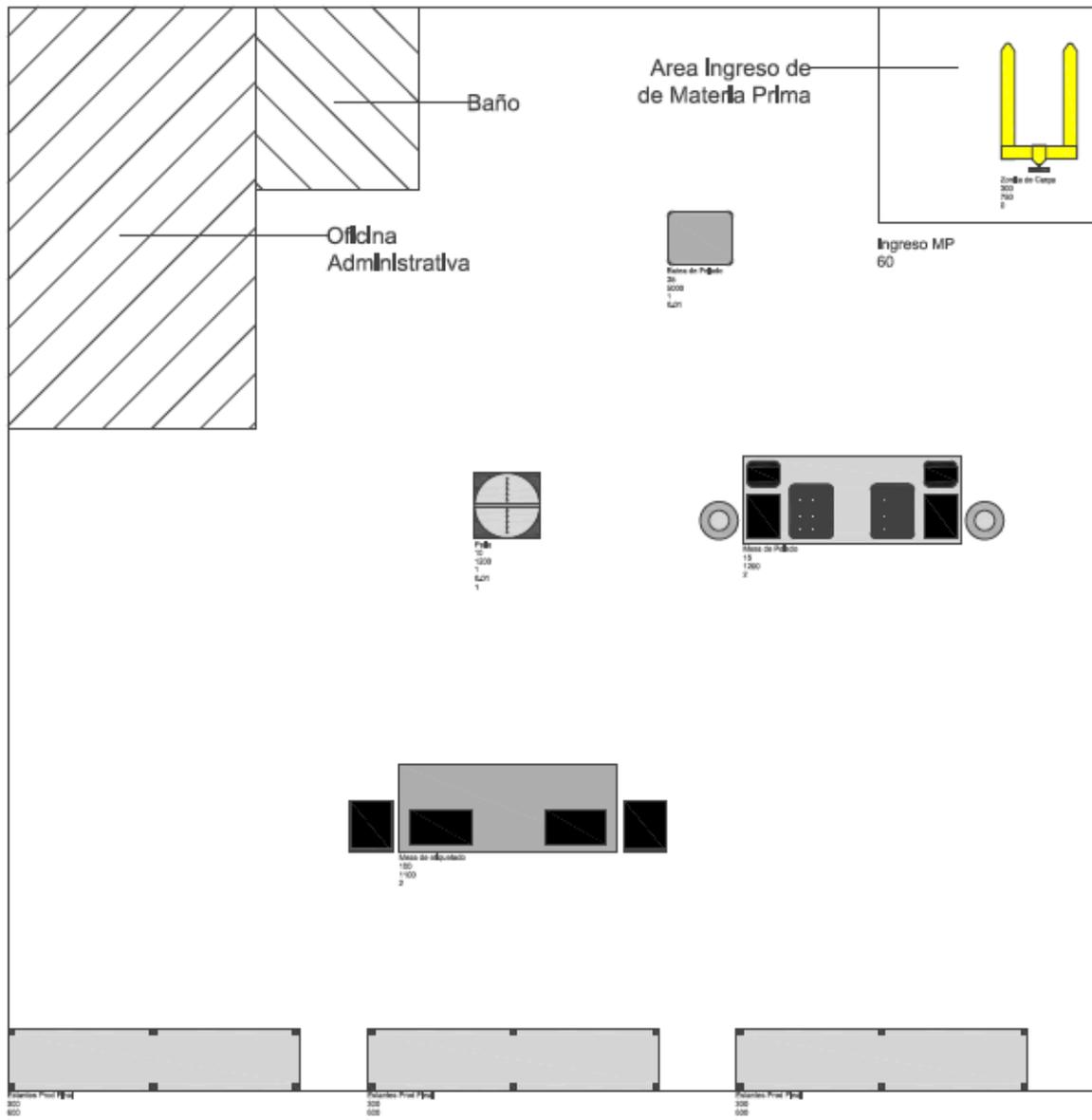


Figura 4 Disposición inicial de equipos

En primer lugar, se ingresan los valores técnicos en la hoja "DatosTécnicos", los cuales son necesarios para el cálculo en Excel de la evaluación económica.

Inicialmente se dispone de un sólo equipo para cada tarea (pelado, corte y cocción), y se exportan los datos de los equipos a Excel, para su procesamiento. Los cálculos arrojan como resultado que en estas condiciones la planta debe trabajar a un 117% de su capacidad. Es decir, la capacidad instalada no es suficiente para procesar los 60kg de manzanas diarios que se habían establecido como objetivo.

Una forma de solucionar este inconveniente, es agregar equipos y mano de obra adicional. En la hoja "Producción", se observa que las etapas que están limitando la producción son las de "Cocción" y "Cortado" (ver Figura 5). Se comienza con la etapa que tiene una capacidad menor, en

este caso “Cocción”, de modo que se añade una paila adicional. Esta corrección permite que la planta produzca hasta 261 frascos por día, es decir que ahora se utiliza el 78% de la capacidad instalada. Por lo tanto, no es necesario ampliar la capacidad de la etapa de “Cortado”, ya que ahora es posible alcanzar el volumen diario objetivo, y aún queda cierto margen para aumentar la producción.

Proceso	Capacidad	Unidad
Capacidad de Pelado	76 frascos/hr	
Capacidad de Cortado	33 frascos/hr	
Capacidad de Coccion	22 frascos/hr	
Capacidad Etiquetado	100 frascos/hr	

Capacidad de produccion	174 frascos/dia
--------------------------------	------------------------

Utilización de la planta	117,21%
---------------------------------	----------------

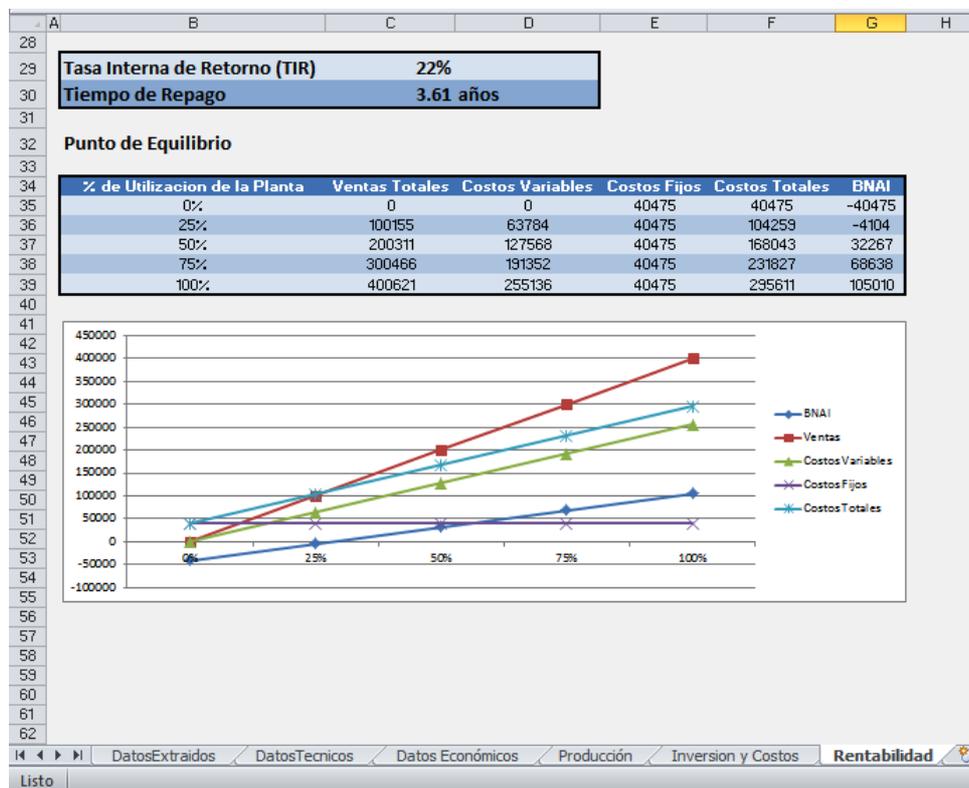
Figura 5 Capacidad de producción inicial

Una vez que se establece la cantidad de equipos necesarios, dado que la estimación de la inversión se basa en el Método de los factores (Chilton, 1949), es necesario ingresar los valores de dichos factores en la página “Inversión y Costos”. De este modo la inversión total necesaria, calculada automáticamente, para poner en funcionamiento la planta es de US\$ 244.187 y el costo unitario US\$ 3.83.

Ingresando el precio de venta de US\$ 5 y carga de impuestos de 40% anual, en la hoja “Rentabilidad”, se obtiene una estimación de la rentabilidad del proyecto de 22%, considerando una vida útil del proyecto de 10 años (datos ingresado en al hoja “DatosTécnicos”). En la misma hoja se registran los valores de ventas totales, costos variables y fijos totales anuales, y el beneficio neto antes de impuestos (BNAI), para distintos porcentajes de utilización de la planta (0%, 25%, 50%, 75% y 100%). Con estos datos se grafica el punto de equilibrio del proyecto, que a simple vista puede observarse que se encuentra alrededor del 25% de utilización de la planta (ver

Figura

6).



6. CONCLUSIONES

Como requisito para la utilización de este sistema, es necesario que el usuario cuente con conocimientos básicos de AutoCAD y Excel. Esto circunscribe el grupo de potenciales usuarios a aquellos que cuenten con un nivel de formación intermedio en informática y evaluación económica de proyectos. En función de este requisito, un estudiante o graduado de la carrera de Ingeniería Industrial debería cumplir sin problemas dichas condiciones.

El ejemplo seleccionado, es de baja complejidad respecto a los cálculos económicos, a fin de poder presentar claramente la forma de trabajar con el sistema. Es posible, adecuando las hojas de Excel, utilizar el sistema para evaluar proyectos de inversión donde, por ejemplo, exista más de una línea de producción.

La aplicación del sistema desarrollado a un ejemplo en particular, demostró que resulta sencillo realizar modificaciones al encontrarse conflictos de diseño, como por ejemplo, equipos que limitan la capacidad de producción. Al realizarse estos cambios desde un entorno gráfico, se ha evitado pasar por alto que las dimensiones físicas de la planta también representan una limitación para la cantidad de equipos que pueden ser introducidos sin afectar, por ejemplo, la correcta circulación del personal de planta.

Si bien en este trabajo se orienta el uso del sistema a la estimación de un proyecto de inversión real, como herramienta de asistencia al momento de realizar cálculos, sería posible también utilizarlo en la enseñanza de Ingeniería Económica. Su interfaz gráfica hace más fácil visualizar la distribución de equipos en planta, y tener consideraciones que en los cálculos numéricos no son evidentes, como por ejemplo los espacios para circulación del personal.

7. REFERENCIAS

- [1] Gutierrez Ferney, E. (2012). *Autocad 2012 – 2 y 3 Dimensiones, Guía Visual*. México. 1er Edición. Alfaomega Grupo Editor. México.
- [2] Casp Vanaclocha, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. España. 1er Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- [3] Zugarramurdi, A.; Parin, M.A. (1995). *Ingeniería Económica aplicada a la industria pesquera*. Italia. 1er Edición. F.A.O. España.
- [4] Chilton, C. (1949). *Cost data correlated*. New York. 1er Edición. McGraw. Estados Unidos.