

# **Estudio Técnico Económico para la Producción de Raspadura en Centrales Azucareros**

Dr. Ing. Vicente González Rodríguez<sup>1</sup>  
Ing. Liván Carlos Hernández Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cuba , Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central de las Villas. Actualmente Chemistry Department, Kyambogo University Uganda

<sup>2</sup> Cuba. Combinado Agro Industrial George Washington.

## **Resumen.**

El trabajo siguiente se dedicó al análisis técnico económico de la instalación de plantas de producción de “raspadura” anexas a cuatro Fábricas de azúcar de la provincia. Con este fin se realizaron los estudios para la simulación digital de las posibles alternativas para obtener el producto a partir del Azúcar, Guarapo y Melazas. Los equipos también se diseñaron según los usos en cada una de las variantes acorde con la producción deseada y las características de las materias primas.

Dentro de las alternativas tratadas la más eficaz es la combinación de 100 días de trabajo con las melazas y 200 días de trabajo con azúcar crudo que permite obtener una producción de 3.81 millones de unidades de 600 g al año que permite recuperar la inversión en menos de 6 meses

## **Summary**

The present work is dedicated to the technical and economical analysis of the installation of different production plants of “raspadura” near by four sugars Factory of the county. In this way, studies were carried out by digital simulation of the possible alternatives to obtaining the product starting from Sugar, Juice and Molasses. The equipments were also designed to uses in each of one of the variants according to the wanted production and the characteristics of the raw material to use in it.

Between the considered alternatives, the most efficient was the combination of working 100 days with molasses and 200 days with raw sugar, which allows obtaining a production of 3, 81 millions of units from 600 g each for a year, which allows recovering the investment in less than 6 months.

**.Palabras claves (Key words):** Raspadura, derivados azucareros, análisis de alternativas.

## Introducción:

Durante largos años la raspadura ha sido un alimento habitual producido a partir de los azúcares presentes en la caña por tecnologías artesanales y con una amplia participación del trabajo manual. Es así como surge la idea de crear este producto mediante un proceso industrial para mejorar las condiciones de trabajo de los obreros y la obtención de un producto con mayor calidad y cantidad.

Este proyecto de fabricación de raspaduras se recomienda a causa de la demanda que tiene dicho producto por la población y en consideración a que el mismo puede mejorar la oferta alimentaria. Tiene como característica que en su proceso de elaboración no se utiliza materias primas costosas, ni de difícil adquisición.

Este proyecto se fundamenta siguiendo la muestra de plantas homologas artesanales ya instaladas que sirvieron como patrón de referencia para este trabajo. Además se considera que los consumos fundamentales de esta planta (vapor, azúcar crudo, agua, electricidad y otros) están en disponibilidad en las fábricas azucareras.

Este trabajo tiene como objetivo presentar el análisis de la posibilidad de construir pequeñas planta de producción de raspadura, anexas a fábricas de azúcar. Esta motivado además aspectos por aprovechar la disponibilidad de azúcares, guarapo y soluciones concentradas de azúcar para la producción de raspadura, así como de la generación de vapor de calentamiento y de las aguas de los condensados que poseen temperaturas adecuadas para el proceso y buena calidad.

Se hará énfasis en los análisis técnicos económicos para encontrar cual de las alternativas presenta mejores resultados al ser aplicada y que muestre un provechoso crecimiento económico para la entidad que realice la inversión.

Todos los cálculos de diseño y cálculos económicos fueron implementados en el Super Pro Designer y en el Microsoft Excel, para cumplir los objetivos de simulación del proceso con ayuda de las técnicas digitales.

## **Desarrollo:**

El proceso de fabricación de la raspadura utiliza como materias primas fundamentalmente el ácido cítrico y azúcar u otras materias que contengan grandes cantidades de sacarosa. La industria azucarera presenta una alta producción de azúcar, que a los precios actuales del mercado, crea la gran necesidad de diversificarse para poder sostenerse económicamente. De aquí que la producción de

raspadura para consumo nacional es una de las posibles variantes de diversificación de las fábricas de azúcar, pues en ellas se manejan grandes volúmenes de soluciones con altas concentraciones de sacarosa, las cuales pueden ser materias primas para la producción de este producto. Además cuenta con vapor de calentamiento y aguas de buena calidad para ser usados en la elaboración de este alimento.

En la actualidad existen en la zona analizada tres fábricas artesanales: A con una capacidad de 2000 unidades por día y otras dos B y C, con una producción de 1600-2000.

Existen diferentes vías para la obtención de raspadura, de ellas la más usada es partir de azúcar, pero también se puede utilizar el jugo de la caña y las soluciones concentradas que se manejan dentro de los centrales azucareros, como la meladura con 60°Bx que sale de los evaporadores.

Las tecnologías usadas en la fabricación artesanal de la raspadura son:

**A partir de jugo o guarapo:** Se echa el jugo más ácido cítrico en pailas que se colocan sobre un horno donde es concentrado, se va pasando de una paila a la otra, después se enfría y posteriormente es batido, luego se vierte en moldes humedecidos para conformación final.

**A partir de azúcar crudo:** se añade agua, ácido y azúcar la cual se disuelve con el calor, cuando la masa está lista se pasa a la etapa de enfriamiento luego se bate y moldes.

Tecnologías propuestas para la fabricación de raspadura por métodos industriales:

**A partir de jugo o guarapo :** este es bombeado desde los tanques hasta recipientes enchaquetados donde se añade ácido cítrico y es concentrado, de aquí se descarga en los tanques habilitados para el enfriamiento, al tener la temperatura requerida se pasa a los equipos de batición, evitando así el trabajo manual del hombre y luego se vierte en los moldes.

**A partir de Meladura:** primero se procede a una etapa de inversión de la sacarosa presente en la misma mediante la adición de ácido cítrico, seguidamente es bombeada hasta los equipos de concentración y a continuación siguen los mismos pasos de la variante anterior.

**A partir de Azúcar Crudo:** se disuelve en un disolutor con agua caliente proveniente preferentemente de los condensados, después continúa con los mismos pasos.

La raspadura es un producto sólido de color oscuro, con olor adecuado y sabor dulce agradable con un 90 % de azúcares principalmente, fructuosa, glucosa y sacarosa obtenido por una cristalización amorfa de una solución concentrada de azúcar invertida por la presencia de ácido cítrico y el suministro de calor.

Reacción :  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O(H^+) = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$   $\Delta H_a = -1.283$  kcal/mol,  
 $k=0.000166$  min<sup>-1</sup>

Para el desarrollo del estudio técnico económico para la producción de raspadura, se realizó la simulación de todas las variantes de obtención del producto a partir de los tres tipos de materias primas disponibles en un central azucarero así como del tiempo de dicha disponibilidad. Así se eligió el programa Super ProDesigner para su simulación tomando como base común para todas las variantes la producción de 1325 unidades por templa. Ver Ejemplo de Diagrama de Flujo en la Figura No. 1.

Descripción de las variantes utilizadas:

**A partir de jugo :** Se necesita de tanques para almacenar el jugo, un equipo con calentamiento para la concentración e inversión de la sacarosa. Para el enfriamiento y la batición se seleccionó tanque con agitación y enfriamiento y para moldeo se utilizó una tableteadora. El tiempo de producción anual es de 2400 h, pues el jugo de caña sólo es disponible durante la zafra.

**A partir de Meladura:** Se necesita de tanques para almacenar la meladura, un equipo para la inversión de la sacarosa, equipo con calentamiento para la concentración y para el enfriamiento y la batición se seleccionó un tanque con agitación y enfriamiento y el moldeo se utilizó una tableteadora. El tiempo de producción anual es de 2400 h pues la meladura sólo es disponible durante la zafra.

**A partir de azúcar:** Se necesitó la implementación, de recipientes receptores para azúcar y agua, intercambiador de calor para agua caliente y tanque agitado con chaqueta de calentamiento para la disolución del azúcar y su inversión en medio ácido. La concentración se realizó en tanque enchaquetado, el resto similar a los anteriores. El tiempo de producción anual es de 4800 h.

**A partir de jugo y Azúcar:** Se realizó teniendo en cuenta que la disponibilidad del jugo sólo es posible en tiempo de zafra (100 días) y que el azúcar se podría utilizar después que culminara el periodo de molienda. Para la selección de los equipos se tomaron los que aportan el tamaño necesario para ambos tipos de

materias primas para la producción base de 1325 u/templa. El tiempo de producción anual es de 6000 h, 100 días para trabajar con jugo de caña que sólo es disponible durante la zafra y 200 días para trabajar con azúcar crudo que puede almacenarse para todo el año.

**A partir de Meladura y Azúcar:** Esta se realizó teniendo en cuenta que la disponibilidad de meladura sólo es posible en tiempo de zafra (100 días) y que el azúcar se podría utilizar después que culminara el periodo de molienda. Para la selección de los equipos se tomaron los que aportan el tamaño necesario para ambos tipos de materias primas para la producción base de 1325 u/templa. El tiempo de producción anual es de 6000 h, 100 días para trabajar con meladura que sólo es disponible durante la zafra y 200 días para trabajar con azúcar crudo que puedo almacenarse para todo el año.

Se deja en todos los casos un margen de 65 días anuales para mantenimiento y reparaciones. Los cálculos de diseño de los equipos se realizan por el software según las condiciones de operación de cada equipo y de las cantidades de material a tratar.

### **Análisis Económico:**

De las variantes analizadas se realiza una comparación en cuanto a la cuantía de la inversión, rentabilidad del proyecto, periodo de pago, ganancias y otros indicadores, como se puede apreciar en la Tabla No. 3.

Tabla 1: Inversiones a realizar en cada tipo de producción

<b>Variantes de Materias Primas</b>	<b>Inversión (\$)</b>	<b>Costo Equipos (\$)</b>
Jugo (solo)	1161000.00	533000.00
Meladura (sola)	1778000.00	806000.00
Azúcar (sola)	1721000.00	806000.00
Jugo-Azúcar	1602000.00	775000.00
Melaza-Azúcar	1534000.00	721000.00

Tabla 2. Costo de Operación de cada tipo de producción.

<b>Var. De Materiales</b>	<b>Producción (u/a)</b>	<b>Costo Oper. (\$/a)</b>	<b>C. Oper. Unit.</b>
Jugo (solo)	1058559	428000.00	0.402
Meladura (sola)	1269257	527000.00	0.415
Azúcar (sola)	2541164	695000.00	0.273

Jugo-Azúcar	2803007	724000.00	0.273
Meladura-Azúcar	3810421	809000.00	0.212

Tabla 3. Indicadores Económicos Generales

<b>Var. de Materias Primas</b>	<b>Jugo (solo)</b>	<b>Meladura (sola)</b>	<b>Azúcar (sola)</b>	<b>Jugo-Azúcar</b>	<b>Melaza-Azúcar</b>
Inversión	1161000	1778000	1721000	1602000	1534000
Ventas (\$/a)	1059000	1269000	2541000	2803007	3810000
Producción (u/a)	1058559	1268257	2541164	2803007	3810421
Costo Operación (\$/a)	428000	527000	695000:	724000	809000
Costos Operación Unitario (\$/u)	0.402	0.415	0.273	0.258	0.212
Ganancia Neta (\$/a)	633000	743000	1846000	2079007	3001000
Retorno de la inversión (%)	41.69	46.78	111.12	122.95	162.13
Tiempo de Pago de la Inv. (años)	2,4	2.14	0,9	0.81	0.549
Tiempo Trabajo por año (h)	2400	2400	4800	5000	5000

### **Análisis de los Resultados.**

A partir del diseño y la simulación de la fabricación de raspadura con el uso del Super Pro Designer como principal programa usado, se aprecia la conveniencia de la obtención de raspadura a partir de las tres materias primas previstas, es así como en los centrales azucareros es factible la introducción de esta producción para diversificar el espectro comercial de la que fue la primera industria del país. Un análisis detallado para la producción de 1325 unidades de 600 g de peso y con un Valor de venta de \$1.00, con las alternativas técnicas previstas arrojaron que en todos los casos es rentable la producción, presentan un período de recaudación de la inversión mucho menor a 5 años, lo cual está acorde con requerimientos mínimos de la industria química.

Al analizar las tres materias primas que se pueden utilizar en la producción se pudo realizar una combinación de estas para incrementar la producción por año y disminuir el periodo de tiempo sin trabajo, lo que trae consigo una reducción de los costos de operación, un aumento de la ganancia y de la rentabilidad del proyecto como se refleja en las Tablas 2 y 3,

Al realizar los cálculos económicos de las combinaciones de Jugo para 100 días de labor y azúcar para 200 días, disminuyen los costos de operación por un mejor uso de la capacidad instalada ya que como el jugo de caña no es disponible todo el año en el central, no quedan los equipos sin producir después que se termina la zafra, lo cual traería consigo que se recarguen el costos de fabricación con la depreciación del equipo. Igual ocurre con la combinación de Melazas y Azúcar.

Basándose en los indicadores económicos la variante de mayor ganancia es la combinación de Melazas y Azúcar, el cual además presenta un tiempo de pago de la inversión de 0.59 años

### **Conclusiones.**

1. Los equipos a montar en la planta no son de grandes dimensiones, por lo que requiere de construcciones de edificios pequeños pudiéndose instalar cercano a las fuentes de materias primas
2. La producción de raspadura requiere una inversión del orden de \$ 1.5 millones para producir 1315 u/templa.
3. De las alternativas analizadas, la de menor inversión es la de utilizar solo jugo de caña, pero es la que recupera la inversión en mayor tiempo y crea una ganancia anual mas baja.
4. La alternativa económicamente más eficaz es la combinación de trabajar 100 días con Melazas y 200 días con azúcar. Esta reporta una ganancia de más de \$ 3 millones anuales, con una inversión de \$ 1,53 millones, Por lo tanto la inversión queda pagada en menos de 1/2 año. Siendo factible su implantación.

### **Recomendaciones.**

1. Realizar un estudio de mercado de este producto, pues no se valoró la posible competencia de otros productos similares y su influencia es el precio de venta.

2. Analizar como instalar la planta de raspadura con la utilización de capacidades no utilizadas dentro de las fábricas o que no se utilicen a toda capacidad. Por ejemplo tachos, evaporadores, tanques, bombas etc.
3. Utilizar la alternativa de producción a partir de Melaza y Azúcar pues presenta los mejores indicadores económicos.

### **Bibliografía.**

1. Alonso Fuentes W.; Proyecto de una planta para fabricar raspadura. Proyecto de Curso, UCLV. 1992.
2. Díaz Pérez J. A.; Desarrollo de un proyecto simplificado para la producción industrial de raspadura. Trabajo de Diploma. 1992.
3. Fernández Jaime, D.; Química General. T-1. Edición Revolucionaria. 1984.
5. González Rodríguez J.L.; Desarrollo de un proyecto de fabricación de raspadura. Trabajo de Diploma, UCLV. 1972.
6. Honig Pieter.; Principios de tecnología azucarera. Elsevier Publisher Inc. 1964.
7. Hougen, Watson and Ragazt; Principios de los procesos químicos. 1974
8. Mc Cabe, Warren. L y Smith, J.C.; Operaciones básicas de Ingeniería Química. Volumen I y II. Edición Revolucionaria Cuba, 1988
9. Pávlov, E K, Romakov, P. G y Noskov, AA.; Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química, Editorial MIR, Moscú 1981.
10. Perry, Robert, H. and Chilton, Cecil H.; Chemical Engineers Handbook, Tomos I, II y III. Edición Revolucionaria, Cuba. 1984.
11. Peters, Max S. and Timmerhaus, Klaus D.; Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edición Revolucionaria. Cuba 1990.
12. Rosabal, Julio M. y Puyans, Leonel G.; Hidrodinámica y separaciones mecánicas. Tomo I y II. Editorial Pueblo y Educación, Cuba. 1988.
13. Vilbrandt Frank C. and Dryden, Charles. E.; Chemical Engineering Plant Design. McGraw-Hill Book Company INC., New York 1959.



Figura No. 1  
Diagrama de Flujo: Raspadura a partir de Jugo

