

Análisis técnico-económico comparativo de las alternativas de producción de etanol y fulgurar del bagazo de caña de azúcar.

Comparative techno-economic analysis of the alternatives of ethanol production and furfural from sugar cane bagasse.

**Autores:** Oliva Conyedo, Yaser<sup>1</sup>, Mesa Garriga, Leyanis<sup>2</sup>, González Suárez, Erenio<sup>2\*</sup>, Castro Galiano, Eulogio<sup>3</sup>

1) Empresa Comercializadora de Petróleo (CUPET). Santa Clara, Villa Clara

2) Centro de Análisis de Procesos, Universidad Central “Marta Abreu “ de Las Villas. Cuba

3) Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales. Universidad de Jaén. España.

### **Resumen:**

En este trabajo se hace un análisis comparativo técnico económico de las posibilidades de producción de etanol desde glucosa y xilosa o producción de etanol desde glucosa y furfural desde xilosa. En el estudio se analizaron ambas alternativas incluyendo la consideración de utilizar la lignina como materia prima para otras producciones. El costo del litro de etanol, el costo por peso de producción y el PRD fueron considerados como indicadores económicos. Los resultados demostraron que la alternativa considerando la producción de etanol desde xilosa presenta más bajos costos para el litro de etanol y PRD superiores a 6.5 años, y con más altos costos de producción con relación a la alternativa que consideró la producción de furfural desde xilosa. El PRD de la variante que obtiene como coproductos furfural es de 2.5 años, que es un indicativo de que en las condiciones analizadas se obtiene ganancia por medio de la fabricación de coproductos.

**Palabras claves:** Etanol, bagazo de la caña de azúcar, furfural, análisis técnico-económico

### **Abstract:**

A comparative technic –economic analysis of the possibilities of ethanol production from xylose and glucose or ethanol production from glucose and furfural from xilose was made. Moreover, in the study are analyzed both alternatives including the lignin supply for raw material from other productions. The cost of ethanol liter, the cost of production and PRD were considerer economical indicators. The results show that the alternative considering the ethanol productions from xylose present lower

cost by ethanol liter and PRD upper to 6.5 years, but higher values of the cost of production with relation the alternative that considering the furfural from xilosa. The PRD of the variant the furfural like byproduct is 2.5 years, that it is an indicative of obtain the profitability by mean to coproducts in analyzed conditions.

**Keys words:** Ethanol, sugarcane bagasse, furfura, technical-economical analysis

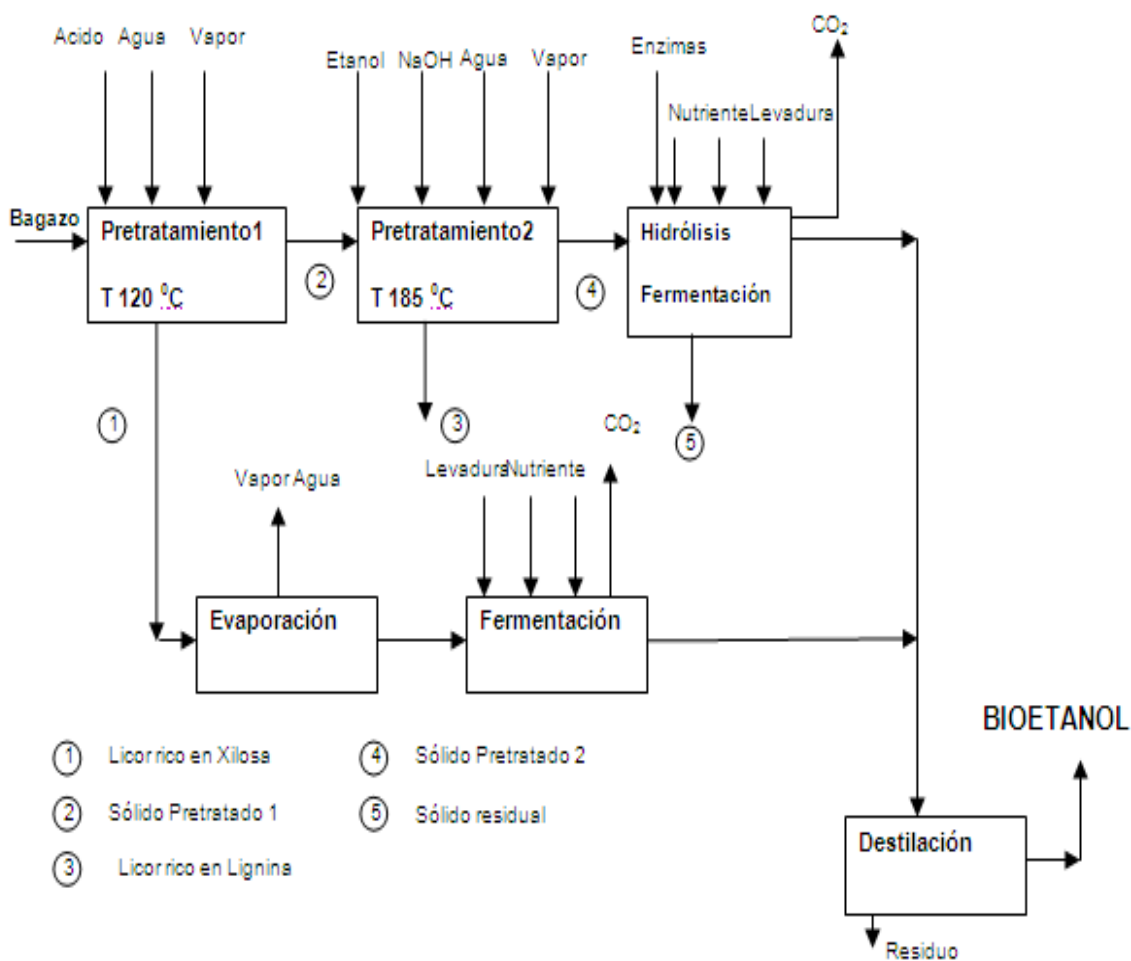
**Introducción**

La producción de etanol de residuos lignocelulósicos se ha propuesto con una tecnología que tiene dos etapas que fraccionan el material. Una primera etapa ácida dirigida a separar la hemicelulosa, transformada en azúcares de 5 átomos de carbono, una segunda etapa básica que separa la lignina y el producto final, que es el material celulignítico más concentrado en celulosa, el cual es posteriormente hidrolizado enzimáticamente para obtener azúcares de seis átomos de carbono. (Mesa; 2010). Aquí se presenta la evaluación técnico económico del mejor destino de los azúcares de 5 átomos de carbono separados en la primera etapa, aquí las alternativas evaluadas son, utilizarlos como fuente de etanol, o utilizarlas en la producción de furfural (González; E; 2010).

**Desarrollo**

**2.1. Formulación de alternativas:**

En el primer caso, la temperatura en la etapa ácida es baja y los azúcares de 5 átomos de carbono se destinan a etanol. Figura 1



**Figura 1: Etanol a partir de xilosa y glucosa con presacarificación y fermentación.**

En el segundo caso, alta temperatura en primera etapa, el furfural, este se extrae por arrastre con vapor para ser concentrado y purificado. Figura 2.

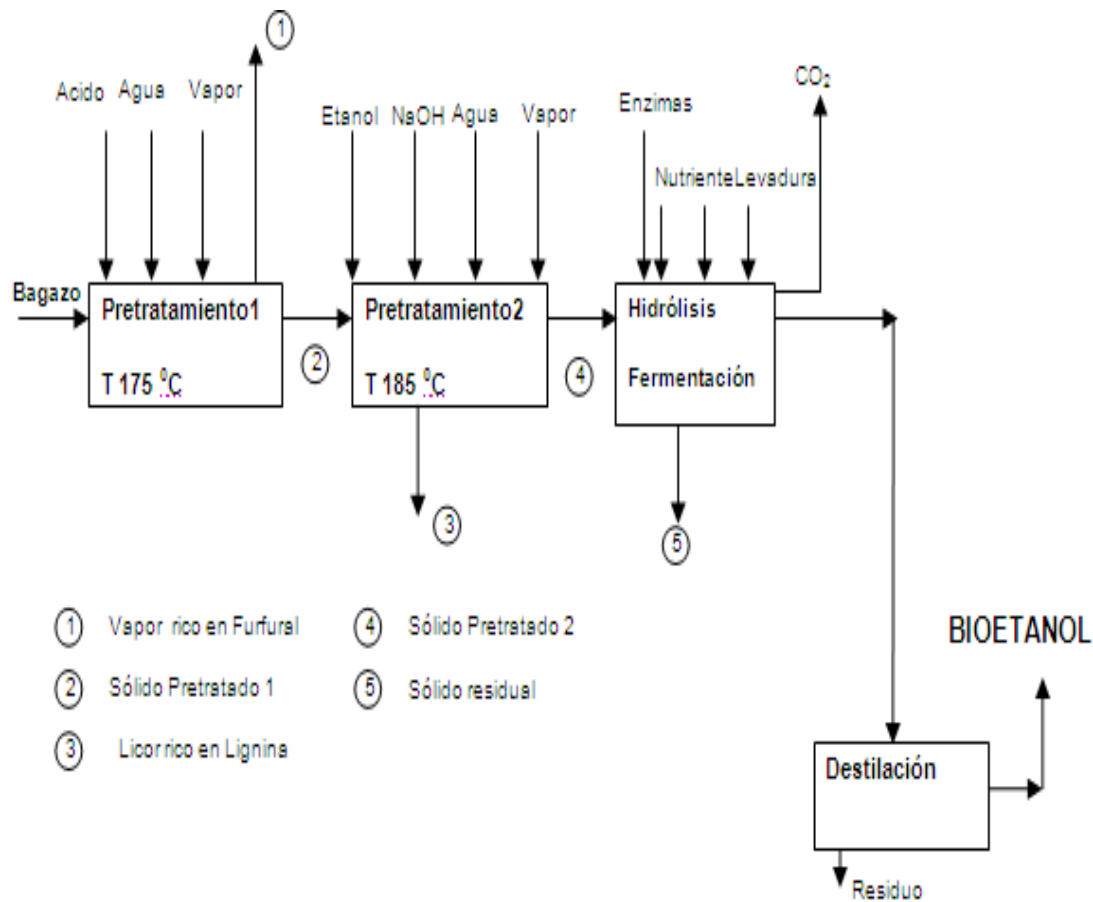


Figura 2: Producción de furfural a partir de xilosa y etanol de glucosa con presacarificación y fermentación.

2.2. Evaluación de las condiciones óptimas técnico económica de alternativas.

La evaluación técnico económica se realizó para 500 hectolitros de etanol por día y previendo 300 días de producción anual.

En ambas alternativas tecnológicas se usó la combinación de sacarificación y fermentación tipo PreSac. El análisis se hizo mediante la estimación de los valores inversionistas y los costos de producción (Peters-Timmerhaus; 1980), para un diseño experimental (teórico) del tipo 2<sup>3</sup>, incluyendo como variables independientes:

- El impacto de la variación del tiempo total del proceso  $X_1$  a niveles de 30, 32 y 34 horas y
- $X_2$ : Carga enzimática, a niveles de 10, 20 y 30 UPF/g de sustrato pretratado de acuerdo con el rango estudiado experimentalmente.

Como indicadores económicos se consideraron, el Costo por litro de etanol, Período de Recuperación de la Inversión (PRD) y la Ganancia.

Resultados económicos para la variante en la que se obtiene etanol de la xilosa

Los resultados del diseño 2<sup>3</sup> de la alternativa de obtener etanol se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de los indicadores económicos del diseño 2<sup>3</sup>. (Etanol de xilosa)

+

N	(X1)	X2	Costo/litro	Costo/peso	PRD	Ganancia 10 <sup>6</sup> USD/año
1	30	10	0,50	0,55	8,0	6,78
2	30	20	0,47	0,53	7,0	7,36
3	30	30	0,44	0,52	6,5	7,95
4	32	10	0,49	0,54	7,7	6,97
5	32	20	0,46	0,53	7,0	7,55
6	32	30	0,43	0,51	6,5	8,13
7	34	10	0,48	0,54	7,6	7,15

8	34	20	0,45	0,52	7,0	7,74
9	34	30	0,43	0,51	6,4	8,32

**Tabla 2. Resultados de los indicadores económicos del diseño 2<sup>3</sup>. (Furfural de xilosa)**

+

N	X1	X2	Costo/litro	Costo/Peso	PRD	Ganancia 10 <sup>6</sup> USD/año
1	30	10	0.90	0.44	2.8	14.38
2	30	20	0.79	0.43	2.5	15.18
3	30	30	0.71	0.42	2.4	15.98
4	32	10	0.86	0.43	2.7	14.64
5	32	20	0.76	0.43	2.6	15.44
6	32	30	0.68	0.42	2.4	16.24
7	34	10	0.82	0.43	2.8	14.89
8	34	20	0.73	0.42	2.6	15.70
9	34	30	0.66	0.42	2.5	16.49

### Conclusiones

En la alternativa en la cual la fracción xilano es llevada a etanol, se reportan valores muy altos del PRD. Mejores resultados se alcanza en la variante donde se obtiene furfural, como coproducto de alto valor, en la que logra, valores del PRD ventajosos para cualquier proceso inversionista. De lo anterior se refuerza el concepto de biorefinería para la obtención de etanol de residuos lignocelulósicos pues la rentabilidad de las inversiones solo se logra en la valoración de los coproductos de alto valor agregado.

### Bibliografía

- González; E; L. Mesa Garriga, M. Morales Zamora, C. Cara Corpas, E. Castro Galiano  
Obtention of furfural and ethanol from sugar cane bagasse. 18<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition from Research to Industry and Markets Lyon, Frances, 2010.
- Mesa L. González E, Cara C., Ruiz, E. Romero I., Castro E. 2009b. Preliminary evaluation of organosolv pre-treatment of sugar cane bagasse for glucose production: Application of 2<sup>3</sup> experimental design. Appl Energy, doi:10.1016/j.apenergy.2009.07.016
- Peters, M. S., K. D. Timmerhauss. 1981. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill International Editions. ISBN 0-07-66473-0,