

# ANÁLISIS DE COSTOS Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UNA INVERSIÓN PARA COGENERAR EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

**Oswaldo Romero Romero\*, Esteban Jesús Quintero Concepción,  
Rolando Alfredo Hernández León y Héctor Pérez de Alejo Victoria,  
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI), Sancti Spíritus**

Recibido: Mayo/2005

Aceptado: Julio/2005

El trabajo presenta los resultados obtenidos del análisis económico de la inversión para el montaje de una planta de cogeneración en el central Melanio Hernández, la que deberá trabajar de forma integrada al central y la destilería todo el año. Como materia prima, se procesa caña energética al terminar la zafra. En el mismo se determinan los costos de producción del complejo integrado e indicadores financieros de la inversión. En el desarrollo del trabajo se determinan las fichas de costo de cada producto del complejo integrado, así como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación (PR) de una inversión para instalar 23 MW de potencia eléctrica en este. Se obtienen como resultados más importantes que la inversión posibilitará obtener ganancias por las ventas de alcohol, azúcar y electricidad; por otra parte, los resultados del VAN, TIR y PR demuestran que la inversión es factible.

Palabras clave: Análisis financiero, incertidumbres económicas, riesgos económicos, cogeneración, integración de procesos, caña energética.

## ***ANALYSIS OF THE COST AND THE ECONOMIC FEASIBILITY OF AN INVESTMENT FOR COGENERATION IN THE SUGAR INDUSTRY***

The work presents the obtained results of the economic analysis of the investment for the assembly of a cogeneration plant in the sugar factory Melanio Hernández, that will work integrated to the sugar factory and the distillery the whole year using energetic cane as raw material when finishing the sugar season. In the work are determined the production costs of the integrated complex and financial indicators of the investment. In the development of the work are determined the cost of each product of the integrated complex, as well as Net Present Value, NPV, the Internal Rate of Return, IRR, and the Pay Back of an investment to install 23 MW of electric power in this factory. They are obtained as more important results that the investment will facilitate to obtain earnings for the sales of alcohol, sugar and electricity; on the other hand the results of the NPV, IRR and Pay Back demonstrate that the investment is feasible.

Key words: Financial analysis, economic uncertainties, economic risks, cogeneration, integration of processes, energy cane.

## INTRODUCCIÓN

La inversión de una planta de cogeneración en un central azucarero, que pretende generar todo el año utilizando bagazo como combustible, implica utilizar una elevada cantidad de recursos financieros, encontrándose que el monto de la misma va a ser superior a 1,5 millones de dólares por MW de potencia que se desee instalar.<sup>2,5</sup>

La magnitud de los costos de inversión implica la necesidad de incrementar el período de explotación de la instalación por un período superior a las 7 000 h anuales, ya que si la planta de cogeneración es operada solamente durante los 150 días, que como máximo dura la zafra azucarera, la inversión no se recuperará en el período de vida útil de la misma. Para dar solución a lo anterior se propone extender la operación de estas plantas procesando caña energética como materia prima en el Tandem al terminar la zafra azucarera, de la misma se obtiene bagazo como combustible para la generación de electricidad y jugo para producir alcohol. Lo anterior implica que la fábrica de azúcar opere integrada a la fábrica de alcohol durante todo el año en tres períodos de operación que se denominan zafra azucarera y las zafas energéticas 1 y 2.<sup>3,4</sup>

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis de costos y de factibilidad económica a una propuesta de inversión para montar una planta energética de 23 MW de potencia eléctrica con turbinas de extracción condensación en el central Melanio Hernández de la provincia de Sancti Spíritus.

### **Materiales y métodos utilizados para el análisis económico**

#### **1. Análisis de los costos de producción del complejo integrado**

En el análisis económico se estiman los costos de producción de cada uno de los productos a comercializar por esta fábrica de azúcar después de encontrarse integrada la producción de azúcar, alcohol y energía eléctrica.

Para ello se determinaron los costos totales de cada uno de los períodos de operación y para cada

una de las plantas estudiadas, en este caso se consideraron como períodos de operación la zafra azucarera, zafra energética 1 y zafra energética 2. Se realizó el estudio de acuerdo a los productos a comercializar, por lo que se analizaron como gastos independientes los del central, la destilería y la planta de cogeneración.

$CT = CF + CV$  para cada una de las áreas estudiadas.

Donde:

CT – Costos totales,

CF – Costos fijos y

CV – Costos variables.

En la determinación de los costos totales, no se incluyeron aquellos materiales destinados a otros períodos de operación u otras producciones, pues se consideraron como flujos internos del complejo integrado.

#### **2. Análisis de la factibilidad económica de la inversión de la planta**

Posteriormente, se realiza un análisis económico de la inversión, para lo cual se determinan los valores del VAN, TIR y PR de la inversión. Para realizar el análisis económico se tuvieron en cuenta dos criterios fundamentales de análisis que se describen a continuación:

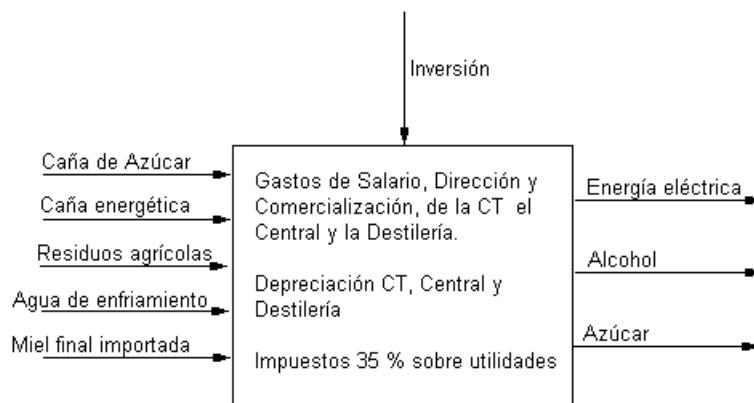
1. La inversión realizada produce un nivel de diversificación de la fábrica que permite considerar los gastos generales de operación de todo el central y la destilería como gastos de la planta, a la vez que los ingresos son atribuibles a la venta de electricidad, alcohol y azúcar.
2. La inversión realizada produce solo incrementos de producción de azúcar por incrementarse la caña molida de 4 600 a 5 750 t/d, por lo que se consideran como gastos de operación solo los de la planta, mientras los ingresos son atribuibles a las ventas de electricidad, jugo para producir alcohol, exergía del vapor a entregar al central y la destilería y el incremento de producción de azúcar del central. En este caso se analizó la influencia de la variación del precio de la energía eléctrica en el resultado final del análisis financiero.

**Centro Azúcar 33(2): abril-junio, 2006**

El valor de la inversión se determinó por la información recibida de la empresa que aporta el financiamiento de la inversión, ABB ALSTON POWER, y del MINAZ y se estimó en un valor de 1,53 millones de USD por cada MWh para la

tecnología de cogeneración y de 0,28 millones de USD por cada MWh para los trabajos de preparación y las obras inducidas en el central; por lo que el monto total a invertir fue de 1,81 millones de USD por cada MWh. (Véase Tabla 1)

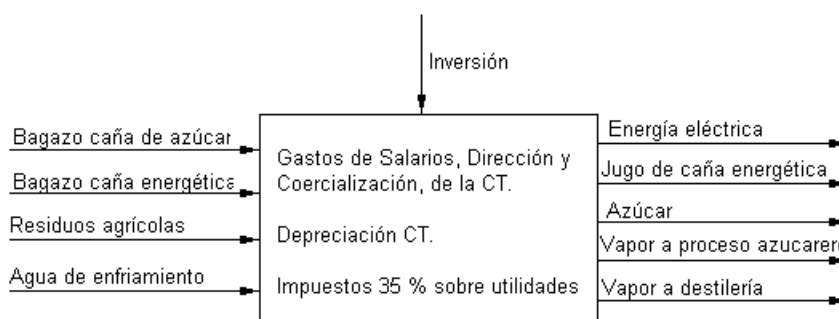
**Descripción del primer criterio o variante**



**Tabla 1. Listado de los principales precios utilizados**

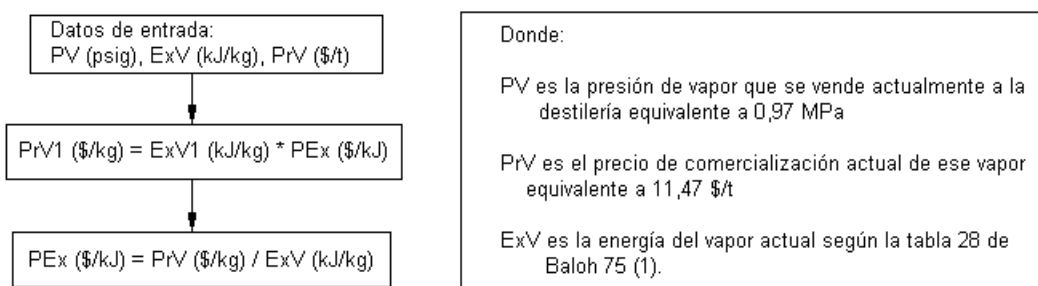
Criterio 1		Criterio 2	
Producto	Precio	Producto	Precio
Caña azucarera	21,91 \$/t	Bagazo azucarero	16,50 \$/t
Caña energética	21,91 \$/t	Bagazo energético	18,81 \$/t
Residuos agrícolas	15,46 \$/t	Residuos agrícolas (RAC)	15,46 \$/t
Energía eléctrica	54,97 \$/MWh	Energía eléctrica	54,97 \$/MWh
Azúcar	335,00 \$/t	Azúcar	335,00 \$/t
Miel final importada	39,92 \$/t	Jugo de caña energética	17,16 \$/t
Alcohol	35,00 \$/Hl.	Vapor al proceso azucarero	9,52 \$/t
		Vapor a destilería	8,47 \$/t
Precio electricidad sensibilidad 1		69,7 \$ / MWh	
Precio electricidad sensibilidad 2		80,0 \$ / MWh	

**Descripción del segundo criterio o variante**



El precio del vapor a proceso y a la destilería se estimó del precio actual de venta del vapor a la

destilería, según se expresa en el diagrama de bloques siguiente.



**Resultados y discusión del análisis financiero de la inversión para cogenerar en el CAI Melanio Hernández**

Puede apreciarse en la tabla 2 que después de la inversión, durante la zafra azucarera, se obtendrán costos de producción adecuados, para los precios actuales de las ventas que se

consideran. Es llamativo, sin embargo, que los costos de producción varían de forma apreciable cuando se calculan para las zafas energéticas, lo que está en correspondencia con una alta movilización de recursos y producciones más bajas al no producirse azúcar, esto ratifica una vez más las ventajas de la integración en zafra.

**Tabla 2. Ficha de costos obtenida para cada producto del complejo integrado**

Partida de costo (M USD anuales)	Azúcar (t)	Alcohol (Hl.)	Electricidad (MWh)
Caña azucarera	16 062,7	-----	-----
Caña energética	-----	3 115,6	4 673,4
Miel Comprada	-----	2 330,9	-----
Residuos agrícolas (RAC)	817,0	-----	-----
Agua	33,6	11,2	14,6
Costos Variables. (CV)	16 913,3	5 457,7	4 688,0
Salario y seguridad social	975,0	136,2	119,6
Gastos de administración	264,7	13,6	11,9
Gastos de mantenimiento	256,2	187,3	74,6
Otros gastos	63,6	13,2	11,3
Gastos comerciales	73,5	-----	-----
Depreciación	1 528,2	235,3	1437,5
Costos Fijos (CF)	3 161,2	585,6	1 654,9
Costos Totales (CT)	20 074,5	6 043,3	6 342,9
Ventas anuales estimadas	87 976,6 t	29 7000 Hl.	125 125 MWh
Costo Unitario.	228,18 \$ /t	20,35 \$ /Hl.	50,69 \$ /MWh
<b>Zafra Azucarera</b>	<b>Azúcar</b>	<b>Alcohol</b>	<b>Electricidad</b>
CV	16 913,3	1 064,4	6,6
CF	3 161,2	266,2	752,2
CT	20 074,5	1 330,6	758,8
Costo Unitario	228,2 \$/t	9,9 \$/Hl.	14,74 \$/MWh
<b>Zafra Energética 1</b>			
CV	-----	1 513,2	1 612,4
CF	-----	110,0	310,9
CT	-----	1 623,2	1 923,3

**Centro Azúcar 33(2): abril-junio, 2006**

Costo Unitario	-----	29,1 \$/Hl.	76,0 \$/MWh
Zafra Energética 2			
CV	-----	2 879,9	3 068,9
CF	-----	209,4	591,7
CT	-----	3 089,3	3 660,6
Costo Unitario	-----	29,1 \$/Hl.	76,0 \$/MWh

Puede apreciarse, en la tabla 3, que todos los productos principales aportarán ganancias al balance económico del complejo después que se alcance la integración total de la producción durante todo el año. En este particular, el producto azúcar aportará las mayores ganancias al balance económico anual, seguido del alcohol y, por último, de la electricidad, la que solo ofrecerá ganancias de 4,29 \$/MWh, si se considera como precio de venta el establecido en la actualidad por el SEN. Sin embargo, si se considera un precio de venta de 70 \$/

MWh, las ganancias unitarias de energía eléctrica serían de 19,31 \$/MWh y el aporte total de este producto al balance anual de la fábrica sería de 2416163,8 \$/a, incrementándose las ganancias por peso invertido a 0,35 \$/\$. Es evidente que el precio de la energía eléctrica generada es alto si se compara con el costo de 28,08 USD/MWh generado en la termoeléctrica y reportado por el SEN de Sancti Spíritus en febrero de 2002, el que se estima tenga un costo de 37,3 USD/MWh entregado al consumidor en Sancti Spíritus.

**Tabla 3. Costo de producción estimado, precio de venta y ganancias estimadas para los diferentes productos de la fábrica**

Producto	Costo Produc.	Precio de Venta	Ganancias	Producción estimada	Ganancias estimadas
Azúcar	228,18 \$/t	279,2 \$/t	51,02 \$/t	87 976,6 t/a	4 4885 66,1 \$/a
Alcohol	20,35 \$/Hl.	35 \$/Hl.	14,65 \$/Hl.	29 7000 Hl./a	4 351 050 \$/a
MWh	50,69 \$/MWh	54,98 \$/MWh	4,29 \$/MWh	125125 MWh/a	536 786,3 \$/a
Costo total de producción estimado \$/a					32 461 036,8
Valor de las ventas totales \$/a					41 837 439,2
Ganancia total estimada \$/a					9 376 402,4
Ganancias estimadas por peso invertido. \$/\$					0,29

Puede observarse en el análisis financiero (tabla 4) que si se considera la inversión como un proceso integrado de la planta energética con el central y la destilería, los resultados financieros a esperar son mejores que si se considera la inversión como una planta independiente. Por otra parte, si se varían los

precios de la electricidad a vender, como se observa en la tabla 3, los resultados que se obtienen son significativamente mejores, demostrándose que la electricidad debe contratarse a un precio de venta cercano a los 70 \$/MWh, si se desean obtener resultados económicos favorables.

**Tabla 4. Resultado del análisis de los criterios con y sin variación de los precios de la electricidad**

Criterio	TIR (%)	PR (Años)	VAN (MUSD)	RVAN (\$/\$)
1	27	4,36	19 833,0	0,53
2	24	5,01	15 419,1	0,41
Sensibilidad 1	28	4,38	24 330,5	0,65
Sensibilidad 2	32	4,05	30 585,7	0,82

## CONCLUSIONES

1. Los productos principales del complejo integrado todo el año producen ganancias, siendo el azúcar el que mayores ganancias aporta y la electricidad la que tiene el menor aporte; bajo estas condiciones se obtendrá una ganancia de 29 centavos por cada peso invertido anualmente.
2. Si se produce un incremento del precio de la electricidad vendida a 70 \$/MWh, se incrementaría el aporte de este producto al balance del complejo integrado y las ganancias ascenderían a 35 centavos por cada peso invertido anualmente.
3. Si se analiza la inversión dentro del complejo integrado, se obtienen mejores indicadores financieros que si se analiza la planta de cogeneración por sí sola, aunque en ambos casos se obtienen una VAN positiva y valores de TIR y PR satisfactorios.
4. Al analizar financieramente la inversión, variando el precio de la electricidad, se observa que al incrementarse el precio de la electricidad por encima de 70 \$/MWh se obtienen los mejores resultados financieros para la inversión.
5. Lauchy Ceñudo, A.; C. Llanes López; E. González Suárez; J. Machado: "La incertidumbre económica en las inversiones de plantas de química a partir de biomasa". *Centro Azúcar* 30 (1):57-63, enero-marzo de 2003.

## BIBLIOGRAFIA

1. Baloh, T.: *Wärmeatlas für die Zuckerindustrie*. Verlag M. & H. Schaper. Hannover, 1975.
2. Fuentes Mora, M.; C. Llanes López; E. González Suárez: *La incertidumbre económica en la inversión de una planta de acetal a partir de bioetanol*, Folleto UCLV, 1997.
3. Jochner, R. H. and J. E.: *Matos: Designing for Quality. An introduction to the best of Taguchi and Western methods of Statistical Experimental Desing*. ASQC. Quality Press American Society for Quality Control Mitwaukce Wisconson. Edit. Quality Resources, A division of the Kraus Organization Limited White Plains, New York, 2000.
4. Kelety Alcaide, A.: *Análisis y Evaluación de Inversiones*, 2da edición, 173 pp., Ed. Romaya-Valls, España, 1992.