

Labor de la comunidad científica para la fundamentación de la asimilación de una Tecnología de obtención de biodiesel de residuos sólidos de la industria de la Azúcar de caña.

Work of the scientific community for the foundation of the assimilation of a Technology of obtaining of biodiesel of solid residuals of sugar cane industry.

Romel García Prado¹; Gretel Villanueva Ramos²; Inti González Herrera³, Diana Concepción Toledo⁴.

1) Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2) Departamento de Ingeniería Química, UCLV, Cuba;

3) Centro de Estudios Informáticos, UCLV, Cuba 4) Departamento de Marxismo, UCLV, Cuba

Resumen:

En el trabajo se demuestra que mediante la colaboración de la comunidad científica, es factible evaluar las posibilidades de producción de biodiesel de cachaza de caña de azúcar en las condiciones de la industria de la caña de azúcar con varias instalaciones industriales en un territorio. En el estudio se incluyen los resultados obtenidos en el escalado a nivel de Planta Piloto de las producciones de biodiesel mediante la tecnología desarrollada por un grupo de trabajo en colaboración con otro grupo interesa en la introducción de esta tecnología. Gracias a la colaboración internacional multidisciplinaria, se estiman los indicadores económicos de la ubicación de una instalación en cada fuente de cachaza y finalmente ante resultados no aceptables en algunas macrolocalizaciones se evalúa la posibilidad de dos instalaciones industriales, a la cual tributen varias fuentes de r4esiduos sólidos.

Palabras claves: biodiesel, planta piloto, localización, residuos sólidos, cachaza.

Abstract:

In the work it is demonstrated that by means of the collaboration of the scientific community, it is feasible to evaluate the possibilities of production of biodiesel of phlegm of cane of sugar under the conditions of the industry of the cane of sugar with several industrial facilities in a territory. In the study the results are included obtained in the one climbed at level of Plant Pilot of the biodiesel productions by means of the technology developed by a work group in collaboration with another group it interests in the introduction of this technology. Thanks to the multidisciplinary international collaboration, they are considered the economic indicators of the location of an installation in each source of phlegm and finally before having not been acceptable in some macro localizations the possibility of two industrial facilities is evaluated, to which you/they pay several sources of solid residuals.

Key words: diesel bio, plants pilot, localization, solid residuals, phlegm.

Introducción.

La transferencia tecnológica para los países receptores, puede implicar riesgos muy serios en el momento de seleccionar la tecnología más adecuada, es por ello que se deben valer de métodos que propicien la mejor selección, considerando no sólo factores técnicos, comerciales y económicos de la tecnología sino también de otros, como la respuesta a un mercado pequeño, a las restricciones de las materias primas, a la escasez de las habilidades y a la infraestructura subdesarrollada.

No siempre los resultados científicos generados tienen el nivel de acabado necesario para la introducción en la práctica productiva, debido a que por las limitaciones financieras y concepciones que deben superarse se han dedicado pocos recursos en el contexto latinoamericano al acabado necesario de los resultados para su transferencia al sector productivo, por lo que la comunidad científica debe colaborar en la terminación de los resultados.

Aquí se comprende, que la disponibilidad de nuevas tecnologías, a nivel de laboratorio, de obtención de biocombustibles, en centros de generación de conocimientos de países del sur, es una oportunidad que no debe ser descartada y más bien potenciada, siendo necesario minimizar el problema del desconocimiento, que genera incertidumbre.

Aunque existe incertidumbre en el impacto real de toda tecnología que va a ser transferida, no se ha logrado una metodología científicamente fundamentada que permita seleccionar de forma imparcial y con una visión multilateral la mejor tecnología que minimice la incertidumbre existente ante su comportamiento y futuro, por lo que se requiere también en este sentido un trabajo colaborativo de los sectores de generación de conocimientos que sin duda en una sinergia adecuada contribuirán también al mismo desarrollo de las instituciones y sus capacidades de aprendizaje y transmisión de nuevos conocimientos.

Desarrollo.

2.1. Las metodologías para la asimilación de tecnologías de biocombustibles.

Se deben disponer de herramientas para que los países en desarrollo puedan accionar para disminuir los efectos negativos de la transferencia y asimilación de tecnología, en las que se destacan las metodologías científicas para la adquisición y adaptación de tecnologías, la selección y evaluación de tecnologías que se va a asimilar y el diseño local

de la tecnología más apropiada a la realidad de cada uno de los países. (González, E;)

Para elaborar una adecuada decisión en las actividades de transferencia de tecnología en los procesos que usan biomasa como materia prima, no debemos olvidar que los procesos de obtención de biocombustibles son procesos transformativos dominados por los principios de los fenómenos de transporte y de la ingeniería de las reacciones químicas en los que descansa la industria de procesos químicos y en la que han sido debidamente caracterizados los problemas de incertidumbre.

La etapa de desarrollo tecnológico puede definirse como el proceso que, al tomar como base los trabajos de investigación, desarrollo e ingeniería, al interactuar con ellos y tener en consideración la necesidad social, así como las demandas actuales y potenciales de mercado, sirve de base para mostrar las posibilidades de aplicación práctica y económica de estos conocimientos, que facilitan la información requerida para los proyectos y diseños de ingeniería (Sáez, Tirso; 1999).

Es por ello, que en desarrollo de nuevas tecnologías se manifiesta con fuerza la problemática de convertir en términos económicos de producción y comercialización los conocimientos adquiridos en las etapas de investigación y desarrollo, enlazados con los conocimientos ya establecidos universalmente, que dan la posibilidad de generar una nueva tecnología. Este proceso de interacción de diferentes disciplinas es la ingeniería, la cual consiste en garantizar que, desde la propia escala de laboratorio se tome la ruta adecuada hasta la realización final de la nueva tecnología con un enfoque técnico económico adecuado, y en ello, como se ha señalado: “Los estudios experimentales a nivel de laboratorio son la base fundamental para el estudio y desarrollo de las propuestas tecnológicas y es necesario su escalado a nivel de Planta Piloto” (Oliva Y.; 2010), por lo que las instalaciones de Planta Piloto deben estar presentes en los procesos de asimilación de nuevas tecnologías. Los estudios a escala de planta piloto resultan de especial importancia para el cambio de escala en muchos procesos, no solo en las etapas fundamentales, sino también en procesos auxiliares, (de filtración, centrifugación, de suministro de materiales y movimiento de productos y otros), así como para evaluar los factores críticos dentro del mismo, aunque son costosos tanto por los gastos requeridos

para inversiones, como en operaciones.

Un esquema básico para el trabajo de investigación y desarrollo y la ingeniarización de producciones de la industria química y biológica se ofrece en la Figura 1. (Sáez, T. W.; 1999).

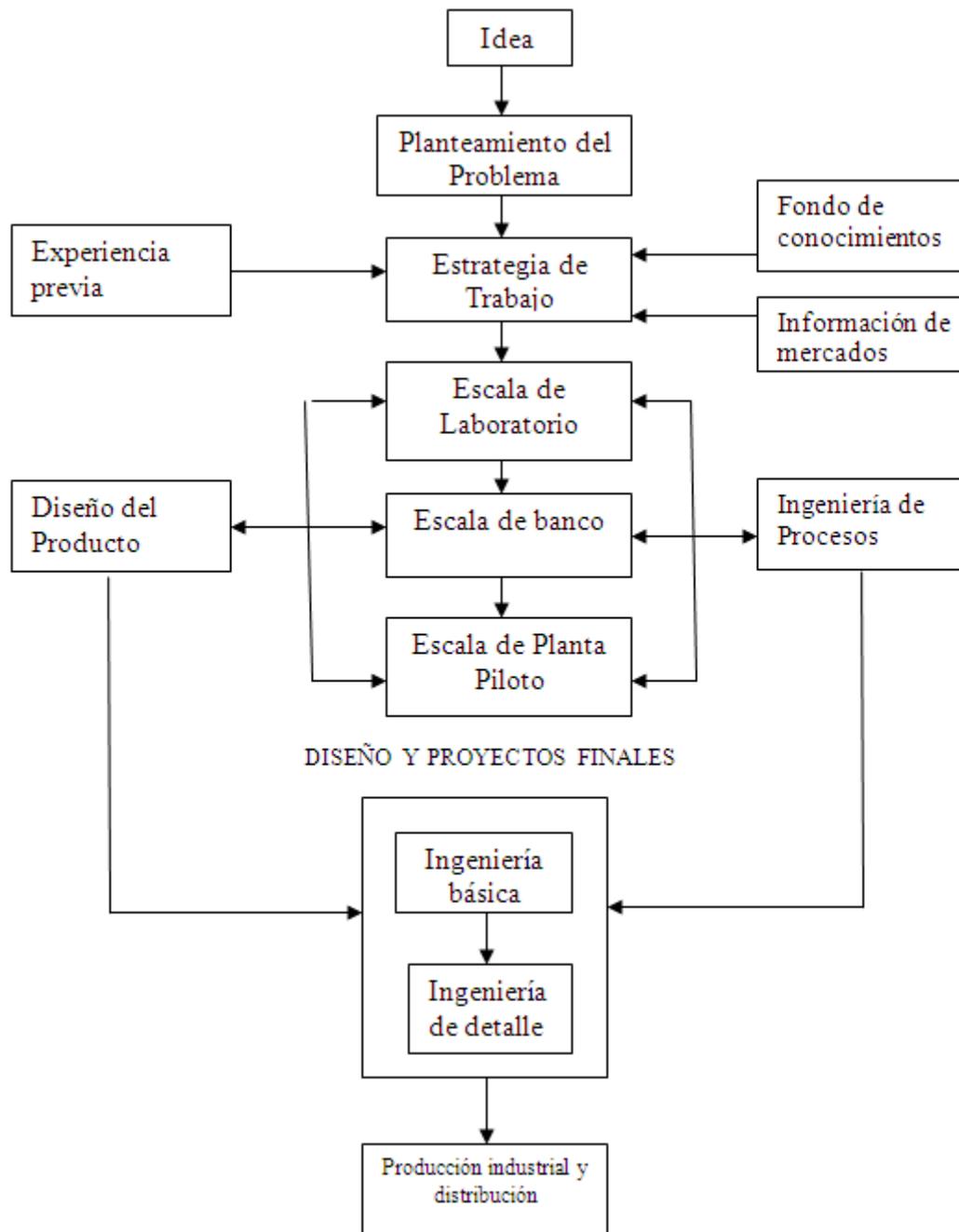


Figura 1. Esquema del papel de la I+D y la ingeniarización en el desarrollo de tecnologías típicas de productos de y tipo químico, biológico, etc.

En es el caso de interés aquí, encontramos que por un grupo de investigación de un país del sur (Cuba) se ha desarrollado una tecnología que es necesaria para satisfacer la demanda de biodiesel que existe para la transportación de mieles, con el objetivo de fabricar etanol, en otro país del sur (Guatemala) y esto hace que plantee la tarea de asimilar, a nivel industrial, en un país, la tecnología desarrollada en un laboratorio en el otro país.

En estas condiciones son un conjunto de acciones esenciales, que constituyen el fundamento metodológico, para la terminación y asimilación de la tecnología generada en Cuba por la industria de la caña de azúcar de Guatemala, a saber:

1. Búsqueda del financiamiento para el escalado de la tecnología; que ha sido responsabilidad del grupo guatemalteco;
2. Diseño tecnológico del equipamiento de la Planta Piloto, de lo que ha sido responsable el grupo cubano;
3. Diseño mecánico, construcción y montaje de la Planta Piloto, que ha sido responsabilidad de ambos grupos.
4. Prueba a escala Piloto de la Tecnología cubana elaborada a nivel de laboratorio; que ha sido responsabilidad de ambos grupos.
5. Evaluación de la nueva tecnología considerando en ello su macrolocalización;

La asimilación de una nueva tecnología requiere la evaluación de la tecnología en el menor tiempo posible. Una tarea de tal magnitud requiere de criterios y métodos de evaluación. A la hora de evaluar tecnologías los inversionistas se plantean preguntas que favorecen el proceso de selección de la mejor tecnología, que no siempre pueden ser respondidas de la información técnica disponible, aun más, en los casos que por acciones e Vigilancia Tecnológica y con una visión prospectiva se avizoran oportunidades de tecnologías emergentes, en muchos casos sin un completo desarrollo, se requiere estar atentos a cuestiones de gran interés, como las que se muestran en la figura 2 (Puchalski, C. y colaboradores; 2008).

En el caso del análisis económico se utilizan estimaciones del futuro para ayudar a tomar decisiones. Estas estimaciones pueden ser incorrectas y en consecuencia se presentan, en algún grado los errores en los análisis económicos. Existen formas de estimar estos errores. El efecto de la variación en el estimado utilizado, en los análisis económicos, pueden determinarse realizando los análisis de sensibilidad, estos constituyen estudios para ver de qué manera se alterará la decisión económica si varían ciertos factores. Entre los indicadores más recomendados para la realización

de los mismos se encuentran el VAN, la TIR y el PRD, lo que para la industria de los derivados de la caña de azúcar ha sido reportado en la investigación científica (Lauchy; 2009).

- 2.2. Prueba a escala Piloto de la Tecnología elaborada a nivel de laboratorio; que ha sido responsabilidad de ambos grupos.

Los objetivos de la prueba a nivel de planta piloto fueron los siguientes:

- Chequear los cálculos de diseño.
- Resolver problemas de escalado.
- Ganar en conocimientos del proceso (dinámica del proceso, arrancada y parada).
- Producir muestras representativas.
- Fijar flujos de residuales.

Resultados:

Se logró la operación estable de la instalación con un rendimiento ligeramente inferiores al 12 % obtenido en Cuba.

Es recomendable que la Planta Piloto continúe funcionando aún después de construida la planta industrial, pues se utilizará para hacer futuras modificaciones en el proceso, y para facilitar su operación debe instalarse una bomba de solvente desde el extractor al evaporador.

- 2.3. Evaluación de la macrolocalización de la nueva tecnología en cada ingenio.

La evaluación de la asimilación de una nueva tecnología debe considerar los beneficios económicos que se generan y su relación con los egresos que son necesarios, siendo esenciales en ello los gastos en materias primas e inversionistas, por ello los pasos inmediatos son determinar los costos inversionistas y de producción, para lo que se requiere la determinación de la capacidad potencial de producción de biodiesel de acuerdo con la disponibilidad de materias primas en cada fuente de cachaza.

Determinación de los gastos inversionistas para la producción de biodiesel de cachaza.

La evaluación de toda inversión está vinculada a su localización, debido a la relación que existe en las evaluaciones económicas y ambientales con las fuentes de materias primas y los destinos de los productos.

De acuerdo con los estudios realizados (Albernas,2007) el costo del equipamiento para una instalación de 21 000 kg/d es de \$ 230 614.7 USD. De estos resultados se puede estimar, con ayuda de la regla de la punto seis (Peters-Timmerhauss, 1981) el costo del equipamiento y el Capital Fijo a Invertir con ayuda de las tablas de estimación de costo inversionista, para cada una de las capacidades a instalar estimando 150 días de operación de la planta. de manera que el biodiesel producido esté destinado al traslado de las mieles durante y los días posteriormente cercanos a la zafra azucarera.

Para determinar el Capital Fijo Invertido se siguió el criterio de distribución de costos de inversión propuesto en trabajos anteriores (Albernas; 2007).

Los costos de inversión y su diferentes componentes han sido determinados del costo del equipamiento según la regla de la punto seis y con apoyo de las tablas propuestas en trabajos anteriores (Albernas; 2007) con ayuda de la experiencia resumida en la literatura especializada (Peters-Timmerhauss, 1981). Determinación de los Costos Variables, los Costos Totales de y Unitarios de producción de biodiesel. Los costos de Producción son otro elemento a considerar para el análisis de factibilidad técnico económica se estimaron igualmente considerando la composición reportada en trabajos anteriores (Albernas; 2007) y sobre la base de que la vida útil de la inversiones es de 15 años.

En la Tabla 1 se resumen por instalación los Gastos Variables de producción (CVP), y los Costos: Fijos de producción (CF), de Producción Totales (CPT) y por litro de biodiesel (C/L).

Tabla 1. Gastos Variables de producción (CVP), Costos Fijos de producción (CF), Costos de Producción Totales (CPT) y Costos por litro de biodiesel (C/L).

Ingenio	Biodiesel kg/d	CVP USD	CF USD	CPT USD	C/L USD/L
A	85520.102	2935696	5303192	9469986	0.65776
B	85873.883	2942976	5316344	9493472	0.656675
C	49586.3	2116836	3823961	6828502	0.817994
D	49693.297	2119575	3828910	6837339	0.817289
E	30665.053	1586559	2866043	5117934	0.991374
F	28259.342	1510662	2728938	4873104	1.024307
G	17595.862	1136885	2053727	3667370	1.238029
H	11793.853	894259.5	1615436	2884708	1.45289
I	9403.6734	780636.1	1410181	2518181	1.590654
J	7425.9509	677518.8	1223905	2185545	1.748212
Total	401882.61				

Los resultados de los costos unitarios de producción de biodiesel son un reflejo muy claro del impacto del tamaño de escala en los costos de producción. Incluso puede valorarse transportar la cachaza para ser procesada en instalaciones de mayor capacidad para bajar costos de producción y de transportación total. En la Tabla 2 se resumen los niveles de producción, los valores de venta y totales que se generan del procesamiento de la cachaza a biodiesel y coproductos.

Tabla 2. Niveles de producción, los valores de venta y totales que se generan del procesamiento de la cachaza a biodiesel y coproductos durante el año.

Ingenio	Biodiesel kg/d	Valor de Biodiesel
A	85520.10	10515381
B	85873.88	10558881
C	49586.30	6097032
D	49693.29	6110188
E	30665.05	3770514
F	28259.34	3474712
G	17595.86	2163552
H	11793.85	1450149
I	9403.67	1156257
J	7425.95	913080
K	26065.30	3204937
Total	401882.61	49414682

La determinación de los indicadores dinámicos se realizó según lo propuesto por la literatura especializada (Lauchy, A. E. González., 2005) y se resumen a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores dinámicos para las inversiones en instalaciones de biodiesel.

Ingenio	VAN USD	TIR %	PRD
A	22243914	168	1,5
B	22392052	169	1.8
C	7974700	62	2.9
D	8014237	62	3
E	1431789	21	8
F	682,921	16	9.5
G	-2270000	-5	>11
H	-3500000	<-5	>11
I	-3800000	<-5	>11
J	-4000000	<-5	>11
K	22365000	12	11

Como se puede ver, todas las inversiones en la producción de biodiesel de relativos bajos niveles tienen muy altos tiempos de recuperación de la inversión, de manera que solo en 4 ingenios se logra resultados que justifiquen invertir en el propio ingenio que genera la cachaza con niveles de producción de biodiesel superiores a 49 693.29 Kg/día. En esas condiciones se infiere que hay un problema de economía de escala siendo aconsejable macro localizar en dos ingenios instalaciones productoras de biodiesel que utilicen como materias primas la cachaza generada en más de una instalación productora de azúcar y que deben considerar el retorno de los desechos de la producción de biodiesel a los suelos de las tierras cercanas a los ingenios que generar inicialmente la cachaza como fuente de biodiesel.

2.4. Macrolocalización de instalaciones de biodiesel considerando vinculación entre fuentes.

La disponibilidad total de cachaza es de 198 811 toneladas, por lo que pueden proponerse dos instalaciones de no menos un insumo de 94 400 toneladas, lo que significa instalaciones de 49 420 kg/d. en la Tabla 4 se ofrecen las disponibilidades por ingenio.

Tabla 4. Disponibilidad de cachaza anual y producción potencial de biodiesel por día en cada ingenio.

Ingenio	Cachaza, t/año	Biodiesel Potencial; kg/d
E	33567.08	17595.86
F	22498.77	11793.85
G	30665.05	6665.05
H	26065.29	6065.30
I	14166.26	7425.95
J	53909.47	28259.34
K	17939.09	9403.67
Total	198 811.00	104216.70

La búsqueda de las condiciones óptimas de macrolocalización de las instalaciones para producir biodiesel es un caso típico del problema del transporte que puede ser resuelto con ayuda de la programación Lineal (Hichcock; F.L., 1941), entonces los problemas de macrolocalización se formulan de las siguientes formas, según el caso:

Caso 1: Para el caso en el cual se decide mover toda la cachaza para ser aprovechada para la producción de biodiesel destinada a lograr una capacidad de producción total (aprovechando la cachaza disponible en los 11 ingenios) de biodiesel de 374 890.27 kg/d de biodiesel, es decir 420 752.26 l/d, la formulación del problema será:

Sea n el número de ingenios y p un vector donde el valor del elemento p_i es la cantidad de toneladas de cachaza que tiene el ingenio i . Existe un matriz de distancias entre ingenios $D_{n \times n}$. Se desea determinar la localización de dos plantas de biodiesel a partir de cachaza de forma tal que se minimice el costo de transportación de las materias primas. La localización de cada instalación debe ser en un ingenio existente.

Para ello se plantea un modelo donde el objetivo es minimizar el valor de la variable z :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde x_{ij} es la cantidad de cachaza que se transporta del ingenio i al mientras es el costo de transportar una tonelada de cachaza entre el par de ingenios teniendo en cuenta el costo del combustible.

El modelo está sujeto a las siguientes restricciones: El número de plantas de biodiesel debe ser 2, es una variable binaria que indica si hay una planta en el ingenio. Por tanto:

$$\sum_{i=1}^n r_i = 2 \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = p_i \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 3.}$$

Cada ingenio aporta toda la cachaza que tiene, moviéndola hacia alguna localización.

cumplir simultáneamente las siguientes restricciones: proveérsele un volumen de materias primas de 94000 toneladas. Así, los ingenios tendrán que Se desea que las plantas creadas tengan una capacidad instalada mínima, por lo que debe

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 94000 \times r_j \quad j = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 4.}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq r_j \times \sum_{i=1}^n p_i \quad j = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 5.}$$

Adicionalmente:

$$r_i \in \{0,1\} \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 6.}$$

Los resultados que se alcanza se ofrecen en la Tabla 5, con la macrolocalización de las instalaciones en los ingenios G y J.

Tabla 5. Resultados de la macrolocalización de las instalaciones de producción de biodiesel y la transportación moviendo toda la cachaza.

Ingenio/Ingenio	E	F	G	H	I	J	K
E			14770.890			18796.190	
F			22498.770				
G			30665.05				
H			26065.29				
I						14166.260	
J						53909.470	
K						17939.090	
Total			94000			104811.01	

El análisis de los indicadores dinámico de la inversión en estas dos instalaciones se reflejan en la Tabla 6.

Tabla 6. Indicadores dinámicos para las inversiones en instalaciones de biodiesel en los casos que se transporta toda la cachaza.

Ingenio	VAN USD	TIR %	PRD
G	6 472 460	53	3.5
J	8 608 268	66	3.0

Caso 2: Para el caso en el cual se decide mover solamente la cachaza que permita mínimos costos de transportación destinada a lograr una capacidad de producción de biodiesel a mínimo costo, con un nivel mínimo de producción de 49 000 kg/d de biodiesel, la formulación del problema del transporte será: Sea n el número de ingenios y p un vector donde el valor del elemento p_i es la cantidad de toneladas de cachaza que tiene el ingenio i . Existe un matriz de distancias entre ingenios $D_{n \times n}$. Se desea determinar la localización de dos plantas de biodiesel a partir de cachaza de forma tal que se minimice el costo de transportación de las materias primas. La localización de cada instalación debe ser en un ingenio existente. Para ello se plantea un modelo donde el objetivo es minimizar el valor de la variable z :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Donde x_{ij} es la cantidad de cachaza que se transporta del ingenio i al j mientras c_{ij} es el costo de transportar una tonelada de cachaza entre el par de ingenios teniendo en cuenta el costo del combustible ($c_{ij} = 0.30 \times d_{ij}$).

El modelo está sujeto a las siguientes restricciones:

El número de plantas de biodiesel debe ser 2, r_i es una variable binaria que indica si hay una planta en el ingenio. Por tanto:

$$\sum_{i=1}^n r_i = 2 \quad \text{Ecuación 9.}$$

Cada ingenio aporta toda la cachaza que tiene, moviéndola hacia alguna localización.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = p_i \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 10.}$$

Se desea que las plantas creadas tengan una capacidad instalada mínima, por lo que debe proveérsele un volumen de materias primas de 94000 toneladas. Así, los ingenios tendrán que cumplir simultáneamente las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 94000 \times r_j \quad j = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 11.}$$

Adicionalmente:

$$x_i \geq 0 \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 12}$$

$$r_i \in \{0,1\} \quad i = 1 \dots n \quad \text{Ecuación 13.}$$

Los resultados que se alcanza se ofrecen en la Tabla 13, con la macrolocalización de las instalaciones en los ingenios G y J.

Tabla 7. Resultados de la macrolocalización de las instalaciones de producción de biodiesel y la transportación buscando mover solo la cachaza que garantiza un nivel mínimo de producción.

Ingenio/Ingenio	Palo Gordo	Tululá	Madre Tierra	San Diego	Concepción	Trinidad
Palo Gordo			25581.90		7985.18	
Tululá		10811.01	11687.76			
Madre Tierra			30665.05			
Tierra Buena			26065.29			
San Diego					14166.260	
Concepción					53909.47	
Trinidad					17939.09	
Total		10811.01	94000.00		94000.00	

Aquí los costos de transportación de la materia prima ascienden a 1 510 248.56 USD al año, los que se pueden distribuir en la misma proporción para las dos instalaciones en 755 124,25 USD por año, de manera que el resultado del análisis de los indicadores dinámico de la inversión en estas dos instalaciones se refleja en la Tabla 8.

Tabla 8. Indicadores dinámicos para las inversiones en instalaciones de biodiesel en los casos que se transporta la cachaza.

Ingenio	VAN USD	TIR %	PRD
G	6263553.85	50	4.0
J	6263553.85	50	4.0

De estos resultados se observa que es factible mejorar sustancialmente los indicadores dinámicos de la producción de biodiesel incrementando la capacidad de sus instalaciones, de manera que aunque se incrementan los costos de transportación los beneficios son superiores por un problema de economía de escala, lo que se refuerza en el hecho de que debe utilizarse al máximo la cachaza disponible para incrementar los volúmenes y valores de producción.

Conclusiones.

1. Es factible en acciones de la comunidad científica, mediante la colaboración internacional, el escalado industrial de la tecnología desarrollada por un u otros país del sur en beneficio de ser transferido al país interesado.
2. La labor de la comunidad científica vinculada a la industria de la caña de azúcar, ha permitido la evaluación del impacto económico positivo de la asimilación de la tecnología de producción de biodiesel de residuos de la industria de azúcar de caña.
3. Mediante estudios multidisciplinarios que incluyan el vínculo de trabajo de especialistas de varis ramas del conocimiento que de diferentes países aporten información y herramientas de análisis se puede encontrar la rentabilidad de producciones de biodiesel, a partir de la disponibilidad de residuos sólidos de pequeñas fábrica de azúcar de caña, a través de la vinculación de esos residuos a instalaciones productoras de biodiesel óptimamente macrolocalizadas.

Bibliografía:

1. Albornas Carvajal, Y. Impacto económico de la producción de Biodiesel en la Empresa Mielera “Heriberto Duquesne”. Tesis de maestría. Universidad Central de Las Villas, Cuba. 2007.
2. Feyt, R, Estudio y diseño de una Planta Demostrativa para la producción de Biodiesel a partir de un residuo de la Industria Azucarera. Trabajo de Diploma, UCLV. 2007

3. García, R., C. R. Gómez Pérez, E. González Suárez; G. Villanaueva Ramos. “Planta Piloto, con Fines Experimentales, para la Producción de Biodiesel”. Aceptado para publicar Centroazucar
4. González, E. (Editor).: Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica., La Habana ,2005. pp 263 .ISBN: 959-05-0377-2 (Premio al libro científico del Instituto del Libro y la ACC 2003 y Premio de la Critica Científica 2005).
5. Hichcock; F.L., 1941 The distribution of a Product from Several Sources to Numerous Localities”. Journal Mathematics and Physic. 20, pp 224-230, 1941.
6. Lauchy, A. E. González. Incertidumbre económica en las inversiones de plantas de la industria química. En González, E. (Editor).: Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica. Editorial Científico Técnica., La Habana, 2005. pp 263 .ISBN: 959-05-0377-2 (Premio al libro científico del Instituto del Libro y la ACC 2003 y Premio de la Critica Científica 2005) .
7. Oliva Convedo, Y.; Layanis Mesa Garriga, Erenio González, Carlos René Gómez, Víctor González Morales; Eulogio Castro Galiano, Cristóbal Parra. Fundamentación y avances de la estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar. Ponencia.
8. Peters, M. S., K. D. Timmerhauss. 1981. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill International Editions. ISBN 0-07-66473-0,
9. Puchalski, C.; Erenio González Suárez, Marlén Morales Zamora, Meylín González Cortés y Leyanis Mesa Garriga. Evaluación multilateral de tecnologías en los estudios inversionistas para la renovación de instalaciones industriales de procesos químicos y fermentativos (2008) / 15. *Centro Azúcar* 4 Octubre –Diciembre/2008.

10. Sáenz T.W. Ingenierización e Innovación Tecnológica. En Balladares Rodríguez, M. (Editor) "Tecnología y Sociedad". Editorial "Felix Varela".1999.ISBN:959-258-075-8.