

**Universidad Central de Las Villas
Facultad de Química y Farmacia
Departamento de Ingeniería Química**



**“Contribución a los métodos de asimilar
tecnologías, aplicado a un caso de
producción de biocombustibles”**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias

Autor: MSc. Néstor Ley Chong

Tutores: Dr. Sc. Erenio González Suárez

Dr. Vicente González Rodríguez

Año de la Revolución Energética en Cuba.

Santa Clara

2006

SÍNTESIS DE LA TESIS

En este trabajo se desarrolla una estrategia que responde a una metodología en forma de procedimiento para los estudios preliminares a los Proyectos de asimilación de tecnologías por transferencia tecnológica, donde se analizan y se evalúan las decisiones cuando se acomete la inversión de una planta química, el cual, puede emplearse como una herramienta de trabajo para el análisis de estos casos.

En dicha metodología se incorporan los estudios y análisis de los elementos que están débilmente tratados o no considerados por otras organizaciones, donde se regulan y se controlan a través de Decretos y Resoluciones como son los estudios de localización, selección de la tecnología, el análisis de sensibilidad y riesgo de la inversión y la vigilancia tecnológica, los mismos constituyen una parte importante para tomar decisiones en las fases de Adquisición y Adaptación de la tecnología.

A partir de los resultados de la metodología aplicada, además de conocer y dar solución a las dificultades presentadas antes de asimilar una tecnología, se pueden identificar los mecanismos de transferencia tecnológica que se deben considerar con mayor conveniencia para el país receptor.

Asimismo, se plantea una variante de producción de biocombustibles a partir de residuos sólidos agroindustriales, a partir del monitoreo de las tecnologías que se aplican en esta temática, además, se presenta el dimensionamiento de los equipos fundamentales del proceso y un análisis de su factibilidad, en el que se incluye un análisis de sensibilidad y riesgo de la tecnología asimilada.

INDICE

	Pág
Introducción	1
Capítulo I. Análisis Bibliográfico.	
1.1 La asimilación y la transferencia de tecnología en el proceso inversionista.	
La vigilancia tecnológica.....	5
1.1.1. La asimilación y la transferencia de tecnologías.....	5
1.1.2 La asimilación de tecnología y el proceso Inversionista en Cuba....	8
1.1.3 La vigilancia tecnológica y uso de patentes en la asimilación de tecnologías.....	11
1.2 El modelo de la transferencia de tecnología y su actualidad.....	13
1.3 Aspectos para la asimilación de la tecnología por transferencias tecnología	16
1.3.1 Estudio de Mercado.....	16
1.3.2 Selección de la tecnología... ..	18
1.3.3 La localización de las empresas.....	19
1.3.4 La Evaluación técnico económica en el análisis del proceso Inversionista	21
1.3.4.1 Métodos de Evaluación económica.	21
1.4 Tecnología para la obtención del Bioetanol y Biodiesel a partir de los residuos sólidos agroindustriales.....	23
1.4.1 El Proceso tecnológico para la obtención de Bioetanol a partir de residuos sólidos agroindustriales	23
1.4.1.1 Etapas tecnológicas para producir bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos.....	25
1.4.1.2 Etapas tecnológicas para producir biodiesel a partir de aceites residuales.....	30
Conclusiones parciales.....	33
Capítulo II. Metodología para la asimilación de una tecnología de producción de biocombustibles líquidos a partir de residuos sólidos”	
2.1 Estrategia para la transferencia tecnológica de un proceso químico.....	35
2.2 Aplicación de la estrategia para adquirir y adaptar la tecnología de	35

Producción de Biocombustibles Líquidos a partir de residuos sólidos industriales.	43
2.2.1. Adquisición y adaptación de la tecnología de producción de Bioetanol.....	43
2.2.2. Adquisición y adaptación de la tecnología de producción de biodiesel a partir los residuos sólidos de la Industria azucarera.	52
2.2.3. Análisis de la producción combinada de etanol, biodiesel y coproductos.....	56
2.2.4 Análisis de los consumos principales para las plantas de Bioetanol y Biodiesel	59
Conclusiones parciales.....	61
Capitulo III. Dimensionamiento de las etapas fijadas para el proceso.	
Evaluación económica.....	63
3.1 Dimensionamiento de los equipos seleccionados para la producción de Bioetanol y Biodiesel.....	63
3.1.1 Esquema y Balance de capacidades para la producción de biodiesel a partir de cachaza y bioetanol del bagazo.....	63
3.1.2 Dimensionamiento de las etapas del proceso de producción de Biodiesel.....	64
3.1.3. Dimensionamiento de las etapas principales para la producción de bioetanol	66
3.2 Cálculo de los Indicadores económicos. Análisis Económico de la Inversión.....	75
3.2.1 Análisis de los costos de inversión, costos de producción e indicadores de rentabilidad.....	80
Conclusiones parciales.....	92
Conclusiones generales.....	94
Recomendaciones.....	96
Bibliografía.....	98
Anexos	

Introducción:

Es evidente que para obtener tasas de crecimiento económico y de competitividad internacional en diferentes sectores de la economía de un país, es importante, tanto la posibilidad de generar innovaciones como la capacidad de asimilar de forma inteligente y a las condiciones locales los procesos de producción originados del exterior.

Para lograr los progresos tecnológico, una de las vías que se puede explotar es el desarrollo de la producción en pequeña escala de tecnologías de alto contenido científico a partir de colectivos de investigación, es decir, de la transferencia y asimilación de tecnologías, la cual debe realizarse simultáneamente con la creación de las bases científicas para la generación de tecnologías avanzadas que hoy en día se encuentran en fase de investigación fundamental.

Las épocas de cambio de paradigma están llenas de amenazas pero también de oportunidades, para aprovechar estas últimas, se requiere contar con recursos humanos dispuestos al esfuerzo que exige el salto al futuro y se adapte al nuevo contexto, Es por ello que se deben adquirir y adaptar tecnologías más modernas, convirtiéndolas en propias mediante la Investigación y Desarrollo (I+D), para usarlas de forma creativa en el desarrollo de productos competitivos internacionalmente, lo cual se logra con una buena información en cada área tecnológica, que permite tomar las mejores opciones sobre futuros proyectos de investigación o adquisición de tecnología.

En el caso de asimilar una tecnología, se debe ejercer un dominio total sobre ella, que incluya la plena aplicación de las actividades productivas, su posible reproducción, adaptación, mejoramiento y aplicación a nuevas situaciones dentro del país, teniendo en consideración, las formas en que se dispone la tecnología y los recursos con que cuenta el país para la misma, los cuales constituyen puntos de partidas para futuras decisiones en el diseño y en la compra de la tecnología.

A pesar de las ventajas que aporta la asimilación de tecnologías, el país que la recibe debe estar preparado para amortiguar las dificultades y riesgos que conlleva este proceso.

La existencia de barreras para las tecnologías más limpias (Environment Sound Technology), en la que se destacan la falta de habilidad para determinar, seleccionar, importar, desarrollar y adaptar tecnologías de forma apropiada, la falta de datos, informaciones y conocimientos específicamente de tecnologías emergentes y a la falta de confianza de tecnologías no probadas, justifica la necesidad de procedimientos y modelos que guíen los análisis para estos casos.

Para ello, se deben disponer de una serie de herramientas que los países del tercer mundo deben 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 asimilar y el diseño local de la tecnología más apropiada a la realidad de estos países.

Las necesidades de asimilar y transferir tecnologías limpias, deberán identificarse a la luz de las disponibilidades de los recursos naturales y humanos para realizarlo. En Cuba, hay una gran diversidad de recursos naturales que son técnica y económicamente viables para desarrollarse, todo depende de la evolución y definición de una política gubernamental y voluntad de toda la nación para que la misma se realice. En este sentido se trabaja particularmente en la obtención de procesos más favorables para el medio ambiente o una utilización más eficaz de la energía, donde se ha incursionado en la utilización futura de Biocombustibles para la transportación, producido a partir de residuos agrícolas y que a diferencia de los combustibles convencionales, no contribuyen a aumentar el efecto de los gases invernadero, aunque aún no son competitivas económicamente.

En la actualidad, como parte de buscar alternativas de fuentes de materias primas, de energía y de crear una capacidad adecuada de asimilación, transferencia y creación de tecnologías, se tiene la producción de Bioetanol y Biodiesel, para los cuales se

perfeccionan y desarrollan nuevas tecnologías que logren obtener estos productos, a partir de residuos sólidos agroindustriales, a costos competitivos y a través de tecnologías compatibles con el medio ambiente.

Por tal motivo, la selección de la alternativa más conveniente y su materialización con la eficiencia esperada, depende en gran medida de las mejores acciones tomadas para reducir los peligros e inconvenientes al transferir una tecnología los cuales deben ser avizorados por procedimientos y métodos que permitan tomar las decisiones correctas en cada etapa del proceso inversionista en la asimilación y transferencia de tecnología.

Por tanto el **Problema Científico** de éste trabajo consiste:

En el desarrollo de los proyectos de Inversión, se carecen de elementos que guíen metodológica y científicamente la adquisición y asimilación de tecnologías para adoptar decisiones que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en el país.

De ésta manera, se plantea la siguiente **Hipótesis**:

La posibilidad de desarrollar una metodología que permita los análisis preliminares para la adquisición de nuevas tecnologías de producción de forma rápida y segura.

Por lo anterior, el **Objetivo Central** del trabajo es:

Desarrollar una Metodología que permita establecer, analizar y evaluar integralmente las modificaciones que se realizan en el proceso de decisión cuando se acomete la Inversión de una Planta para la producción de Biocombustibles.

Para el cumplimiento de éste objetivo se han planteado los siguientes

Objetivos específicos:

1. Analizar los aspectos y procedimientos que se emplean para el estudio de factibilidad de las inversiones en la asimilación de una nueva tecnología por transferencia tecnológica.

2. Definir y Seleccionar las etapas de un proceso para la producción de Biocombustibles considerando la vigilancia tecnológica.
3. Proponer una metodología para la asimilación de una tecnología, desde el análisis de factibilidad hasta el Diseño del proceso.
4. Evaluar la metodología propuesta a una tecnología de producción de Biocombustibles a partir de residuos sólidos.

Novedades y aportes:

1. Se establece una Metodología que permite el estudio preliminar para la asimilación y transferencia de tecnologías de la Industria Química, que incluye los análisis de decisión en la adquisición y adaptación de las tecnologías, con un carácter interactivo de acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales no esta incluido en las herramientas que emplea el país para tales casos.
2. Se incluye a los estudios preliminares de asimilación y transferencia de tecnológica, la vigilancia tecnológica como parte del monitoreo de las actuales tecnologías y la forma de realizar el estudio de patentes para seleccionar y monitorear las tecnologías de producción más conveniente para el país en cuestión, estableciendo la necesidad de una estrategia de búsqueda y un tamizado de las patentes.
3. Como resultado de la Metodología propuesta se pueden identificar los mecanismos de transferencia más conveniente para el país receptor, los cuales se definen a partir de las primeras fases de la Metodología, que incluye desde la concepción de un equipo, su diseño y su funcionamiento hasta la asesoría total o parcial de la técnica empleada.
4. Se propone una alternativa de producción de Bioetanol y Biodiesel, así como la integración de sus plantas a partir de residuos sólidos agroindustriales de la caña de azúcar.

5. Queda establecido el dimensionamiento del equipamiento para la producción de Bioetanol y Biodiesel con un análisis de riesgo y sensibilidad para que la misma sea viable.

CAPÍTULO I ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.1 La asimilación y la transferencia de tecnología en el proceso inversionista. La vigilancia tecnológica.

La adquisición de tecnologías tiene un papel importante en el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas, orientando su gestión para usarla adecuadamente, adaptarla y mejorarla, más que adquirir una capacidad productiva.

Es por ello que en las etapas globales para la adquisición de tecnología, se incluye: la búsqueda de información, selección, evaluación, negociación y adaptación de tecnología; esta última fundamental para: el diseño de ingeniería, la compra de maquinaria y equipos, la construcción, el montaje, la prueba y puesta en marcha de los sistemas productivos. **(Ávalos L, 1993), (Tapias H, 2000)**

El uso de la tecnología seleccionada debe ser sensible a la disposición de los interesados para asimilarla, por tanto, se deben maximizar las oportunidades de éxito, con el propósito de reducir las expectativas poco realistas e incrementar la

capacidad de los interesados para adoptarla mediante la consulta e información a los involucrados sobre la existencia del riesgo de que las soluciones tecnológicas elegidas puedan ser inapropiadas o incapaces de responder adecuadamente a las mismas. **(Green P, 2002)**

1.1.1 La asimilación y la transferencia de tecnología

Diferentes investigadores e instituciones **(Behrman D, 1979)**, **(Ávalos I, 1994)**, **(Dueñas H, 2002)** han planteado, que la asimilación de tecnologías por medio de la transferencia tecnológica constituye un elemento común que conduce la estrategia de desarrollo tecnológico de un país independiente del nivel o grado de desarrollo en que se encuentre, a pesar de las dificultades que se presentan en este proceso.

La transferencia tecnológica ha sido definida por muchos especialistas. Algunos la definen como un traspaso de conocimiento y equipamiento de quien la suministra a quien la recibe **(Arriola J, 1988)**, **(Claire S, 1998)**. Otros la consideran como un proceso o conjunto de pasos que conlleva a la búsqueda, negociación y contratación de una tecnología dada para su futuro uso en la producción de un bien o la prestación de un servicio; el cual se inicia con la comercialización de la tecnología **(Herrera A, 1971)**, **(Castro F, 1983)**, **(Hidalgo A, 1994)**, **(Koltenikov V, 2001)**, **(Dueñas H, 2002)**.

Otro grupo trata de definirla como un proceso organizado, en el cual una Empresa o un país usan una tecnología para diseñar, producir, distribuir y sostener un proceso. **(Anónimo III, 2000)**.

Desde este punto de vista, el término de la transferencia de tecnología origina múltiples interpretaciones, que mal comprendido, produce la incapacidad para desarrollar programas de traslado de tecnologías viables, no obstante, coinciden en que es un proceso de traspaso de conocimientos, de técnicas y de bienes de un país a otro y puede ser interpretado como un flujo internacional de conocimientos que incluye las patentes, las licencias, la asistencia técnica y otras, abarcando tres momentos elementales: la adquisición, la asimilación y la difusión.

Partiendo de este concepto, los países en vía de desarrollo deben dedicar sus mayores esfuerzos a resolver los múltiples problemas que se derivan al asimilar una

tecnología por esta vía, ya que las características estructurales de estos países limita la eficiencia en la utilización de los recursos tecnológicos e impiden que se logren los mayores beneficios en los conocimientos tecnológicos que inciden en la puesta en marcha y su incorporación al proceso productivo sino también al enfrentamiento de tecnologías envejecidas, a los insumos de materias primas importadas por no poseer la calidad requerida, a la capacidad para poder concebir otro equipo de producción, a dificultades en la comunicación de proceso entre otras. **(Katz J, 1986), (Sáez T, 1988), (Hidalgo A, 1994), (Bart K, 1999), (Suárez I, 2001), (Rebentisch E, 2002)**

En este contexto, se han encontrado proyectos que comenzando en tiempo, obtuvieron una producción significativamente menor a lo esperado, motivado por la planificación inadecuada, la pobre preparación y la incapacidad para adoptar la tecnología importada a las condiciones locales. **(Ho SPS, 1997), (Jiménez J, 2002)**

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo (CNUCD) orienta aspectos que son importantes considerar para conducir eficientemente el proceso de transferencia tecnológica, por parte del país receptor como son:

- a) El conocimiento de la tecnología necesaria para fabricar el producto.
- b) La aptitud para elaborar los planes de la fábrica (comprendido los estudios técnicos de detalle), para construir fábricas y para hacer funcionar fábricas.
- c) El acceso al equipo necesario para fabricar el producto. El acceso de la materia prima y otros bienes intermedios empleados en la fabricación. El acceso a la financiación necesaria
- d) La existencia de un mercado interior o exterior suficientemente amplio para vender la producción total de la instalación.

Estos son factores que agrupan tres elementos del proceso de fabricación ellos son: la aptitud, la fortaleza y la accesibilidad, los cuales, informan individualmente sobre la profundidad de la adaptación del proceso, la selección de la localización, el entrenamiento y la elección de la tecnología que juntos describen la facilidad de transferir un proceso de fabricación y su idoneidad para la transferencia.

A ello se le añade que, para analizar los cambios climatológicos como parte de un

comportamiento más integral de la transferencia tecnológica internacional, se toman en consideración otros elementos como son: Las oportunidades para el mejoramiento de la eficiencia energética y el aprovechamiento de la energía renovable. **(Martinot E, 1997), (Moreira J, 2002)**

Lo anterior, demuestra que para lograr una eficiente transferencia tecnológica con respecto al costo, al tiempo y a las operaciones funcionales, se requiere de un conjunto de acciones para procesar toda la información disponible y resolver los problemas que se derivan de la tecnología de incertidumbre. **(Daremell G, 1983), (Grant E, 1997), (Stock G, 2000)**

Esta situación ha motivado que muchas organizaciones estatales y privadas de países en cualquier grado de desarrollo, necesiten de métodos y procedimientos **(González E y Col. 2001)** para tomar las decisiones más acertadas con respecto a los diferentes pasos que se derivan de la transferencia tecnológica como son las negociaciones, la selección de la tecnología, la asimilación, la adaptación, la reproducción y la difusión, las cuales deben ser estudiadas aún más por los países en vías de desarrollo, a través de metodologías que ayuden a analizar cada decisión dentro de la transferencia de tecnología.

1.1.2 La asimilación de tecnología y el proceso inversionista en Cuba.

El proceso de asimilación de una tecnología, se puede considerar como un tipo especial de proyecto, aportando factores que afectan a la introducción de una nueva tecnología, agrupados en aquellos que están vinculados a la tecnología a adoptar y su relación con la que se está utilizando, dado por: el impacto, la madurez y la adaptabilidad de la tecnología y los que están relacionado en como se ha planificado el proceso de adopción, así como los factores humanos que intervienen dado por el tipo de gestión, la actitud, la dependencia y las presiones para comenzar el proceso de adopción.

Por tanto, para obtener una mejor conducción y aceptación de la tecnología a transferir, se deben incorporar los análisis técnicos económicos en cada una de las fases del proceso de la transferencia tecnológica, los cuales, tienen una estrecha

relación con las etapas básicas de evaluación técnica-económica del proceso inversionista que propone Castro M. Tato (**Castro M, 1981**) en: La propuesta inicial de la inversión, en la tarea de inversión, en los Proyectos técnicos, en la contratación de fábricas completas o de suministro de maquinarias y equipos fundamentales y una evaluación final de la nueva fábrica.

En estas etapas, se establecen con precisión los diferentes elementos que inciden en la toma de decisiones, entre los que se destacan la demanda perspectiva nacional, los pronósticos de los precios, el Balance de la demanda y capacidad por año, el estudio de la tecnología, los consumos de las materias primas y fuentes de abastecimiento, los costos de inversión, el costo de producción anual, tamaño y localización de la Planta. (**Portuondo F, 1985**), (**Guzmán A, 1987**) (**Brizuela E, 1987**), (**González V y col.1988**), (**Sapag S, 1993**), (**Matute M, 2000**)

En Cuba, la ejecución y el control de las inversiones se realiza a través de Decretos y Resoluciones vigentes establecidas para este fin, un resumen de ellas aparecen en el **ANEXO IV**, como el **Decreto N° 5/1977** (Reglamento del Proceso Inversionista) el **Decreto N° 105/1982** (Reglamento para la Evaluación y Aprobación de las Propuestas de Inversión y de las Tareas de Inversión), **Decreto N° 57/1979** (Reglamento para la Evaluación y Aprobación de Proyectos Técnicos de Obras). En ellos, no existen procedimientos para el análisis técnico económico de la inversión, ni se indican los pasos de como realizarlos desde el ángulo mismo de las características propias de cada tecnología, donde la ejecución de la misma, es independiente de los resultados económicos y productivos, por otra parte aspectos como la localización, evaluación económica, selección de tecnologías, no se evalúan desde la óptica de una vigilancia y transferencia de tecnología como parte importante de mercado entre otras.

La **Resolución N° 157/1998** sobre el Perfeccionamiento de las Regulaciones Complementarias del Proceso Inversionista, comprende las indicaciones relacionada con la factibilidad de la inversión, donde los aspectos vinculados a la microlocalización, macrolocalización y la ingeniería básica están débilmente tratados, solo referido a los niveles de aprobación, y no a las cuestiones fundamentales para obtener una buena localización, otros como la selección de la tecnología no aparecen,

asimismo carecen de procedimientos y acciones para una buena asimilación y adquisición tecnológica.

Con respecto a la transferencia tecnológica, se aplica la **Resolución N° 13/1998** que establece los requisitos básicos para la fundamentación, evaluación y dictamen de la transferencia de tecnologías, asociada a proyectos de inversiones nominales, que contempla aspectos importantes relacionado con las cuestiones técnicas, de medio ambiente, capacidad de asimilación y desarrollo, energía, calidad entre otras, sin embargo, faltan los procedimientos y formas de accionar en el contenido de la Resolución, además de la pobre referencia a los análisis relacionados con la localización, con los riesgos de inversión y la vigilancia tecnológica, los cuales son temas importantes cuando se realiza un estudio preliminar de asimilación de tecnología por transferencia tecnológica y que toman parte en las decisiones.

La dinámica que caracteriza la transferencia de tecnología está dada por las tres fases en la consecución del control tecnológico ellos son: **(Arriola J, 1988), (Sáenz T, 1999), (Armenteros M, 1999)**

1. El acceso a la tecnología, este tiene por objeto la aplicación de los conocimientos que acompañan a la adquisición tecnológica, es decir, a la documentación técnica, planes descriptivos, etapas de fabricación, maquinarias requeridas, control de la calidad además comunicación del know-how y las posibilidades de colaboración para la asimilación por diferentes vías.
2. La asimilación, trata de hacer operativos los sistemas técnicos, enfrentándose a situaciones desconocidas y vinculadas a las características del entorno y a las dificultades de acceso a determinados materiales.
3. El control tecnológico, pretende pasar a la innovación, al mejoramiento de la tecnología y a la producción de nuevas tecnologías con los conocimientos acumulados y asimilados.

Como la tecnología importada no se creó ni para las características del país receptor, ni para sus condiciones, las dos primeras fases juegan un papel importante en la etapa preliminar para transferir y asimilar la tecnología, las cuales, están en estrecha

relación y dependen del país receptor, ya que debe promover los cambios y adaptaciones necesarias para que la tecnología cedida se pueda aplicar con la misma efectividad.

Dada esta situación, se manifiesta que las herramientas empleadas hasta el momento en el que se incluyen los documentos legales para la ejecución y control de los proyectos de inversión como son los decretos y las resoluciones vigentes para tales casos, están ausentes de procedimientos, fases de decisiones en el momento de adquirir y adaptar una tecnología y de análisis en los aspectos tales como la búsqueda de la información, la selección de la tecnología, la localización y los análisis de sensibilidad y riesgo de la inversión. Estudios realizados por Hernández J.P **(Hernández J.P. y Col, 2003)** demuestran que en nuestro país existen fábricas como la Empresa Electroquímica de Sagua, el Combinado Textil Desembarco del Granma de Villa Clara y el Combinado de Papeles Blancos de Jatibonico entre otros, que presentan una serie de anomalías tecnológicas por mala asimilación de la tecnología, teniendo en cuenta, las deficiencias en las herramientas utilizadas para los estudios previos a la asimilación entre ellas la calidad de la materia prima, problemas ambientales, deficiencias en la comunicación del Know How y adiestramiento del personal.

Es por lo anterior que se desarrolla una metodología que resuelva las deficiencias detectadas en las herramientas actuales, para la asimilación y transferencia eficiente de tecnologías de la industria química, la cual constituye la novedad principal de este trabajo.

1.1.3 La vigilancia tecnológica y uso de patentes en la asimilación de tecnologías.

Uno de los aspectos fundamentales que se debe incluir en el proceso de asimilación y transferencia de una tecnología es la vigilancia tecnológica. La Vigilancia Tecnológica tiene como objetivo la obtención continua y el análisis sistemático de la información con valor estratégico sobre las tecnologías y sus tendencias previsibles, lo que optimiza la toma de decisiones empresariales y la anticipación a los cambios. **(Peters T, 2000), (Maspons R, 2000), (Anónimo vig., 2003)**

Es por ello que la Vigilancia Tecnológica permite conocer las tecnologías y productos en que se está trabajando (investigando, patentando, publicando) en una determinada área, la aparición de tecnologías emergentes, las líneas de investigación y las trayectorias tecnológicas de las principales empresas competidoras, los centros de investigación, empresas y personas líderes.

En la Ingeniería Química, la necesidad de una correcta Vigilancia Tecnológica es crítica al diseño integral de los productos comerciales atendiendo a las necesidades del usuario y a las novedades y avances obtenidos a nivel de laboratorio y de producción. **(Bailon R, 2003), (Ley N y Col, 2006)¹**

En la actualidad no es muy extendido el uso de herramientas para la vigilancia tecnológica, no obstante, para producir un nuevo producto o para iniciar un nuevo proyecto de investigación se comienza con una primera fase de vigilancia tecnológica y comercial y para ello se debe preguntar "¿Qué se ha hecho ya? ¿Qué han hecho los competidores? ¿Qué documentación y artículos existen? ¿Qué patentes hay?". **(Escorsa P, 2002), (CDE, 2004)** De esta manera, se asimilarán las tecnologías que se encuentran desarrolladas, mejorando el producto o creando otro nuevo hasta comercializarlo.

En este sentido, se hace evidente que primero hay que vigilar y saber lo que se ha hecho, antes de investigar y desarrollar una tecnología, por lo que cada instituto de proyecto debe trabajar con bases de datos de artículos técnicos y con bases de datos de patentes y después hablar de la idea de la transferencia de tecnología. Estos aspectos empiezan a ser bastante habituales en el mundo empresarial.

Por otra parte, la vigilancia tecnológica no se limita solamente a los aspectos científicos y tecnológicos, sino también incluye la dimensión del mercado, su estructura y la percepción del negocio potencial, del marco legal y social, donde sus repercusiones benefician a los institutos de I + D, universidades y empresas. <http://www.concytec.gob.pe/redtec/vigilancia.html>, **2003**.

Es por ello, que se puede establecer un modelo de vigilancia tecnológica teniendo presentes los aspectos del **ANEXO I figura 1** donde se destaca un ciclo de la

inteligencia que se obtienen informaciones, se procesan y analizan y se difunden los resultados dentro de la empresa para tomar buenas decisiones. **(Palop F, 1999), (Arroyos A, 2004)**

En este mismo sentido los estudios y análisis de patentes pueden ser utilizados ante la necesidad de caracterizar la actividad tecnológica de un sector específico, conocer con mayor exactitud el estado de la técnica para un producto dado, así como inferir cuales son las tendencias y líneas de investigación de mayor desarrollo en un momento dado. (<http://www.biomundi.pco.cu.>, 2004)

Por ello, las patentes resultan una magnífica fuente de información para practicar labores de Vigilancia tecnológica debido a que: Son una fuente de información muy adelantada que se anticipa a la aparición de nuevos productos o tecnologías en el mercado; Sirven para vigilar los desarrollos sobre cualquier tecnología o producto ya que abarcan todos los campos de la técnica; Son documentos normalizados a escala internacional lo que permite hacer análisis y comparaciones con mucha utilidad. **(CDE, 2004)**

El aprovechamiento de estas consideraciones, hacen posible una correcta selección de tecnologías, la cual transita en gran medida por una minuciosa gestión de información externa que brindará todo lo referido a la tecnología que se va a adquirir y asimilar, tanto de los aspectos técnicos, sociales y económicos. **(CYTED, 2004), (González W y León T, 2005)**

Desde este punto de vista, un análisis de las patentes que incluye la selección y tamizado de las mismas, constituye un aporte importante de este trabajo que debe incluirse en los procedimientos de análisis y toma de decisiones para la asimilación de tecnologías.

1.2 El modelo de asimilación y transferencia de tecnología. Su actualidad.

La asimilación de tecnología y su transferencia es uno de los tres procesos que definen la “Technology Management”, donde se analizan desde dos perspectivas, las entidades que participan y las fases en la cual ocurre la misma.

En este contexto, el proceso de asimilar y transferir una tecnología se ha caracterizado por su evolución desde una simple interacción entre el suministrador y el receptor de la tecnología, hasta una versión más compleja en la que interactúan diferentes agentes y se producen numerosas influencias, por ese motivo, cada proceso de transferencia es único y de validez específica para cada empresa que trata de incorporarla, pues cada una necesitará de una configuración específica de la tecnología. **(Sarduy P, 2004), (CYTED, 2004)**

Sin embargo, se ha planteado que el proceso de adquirir y adaptar una nueva tecnología, puede considerarse similar a la de cualquier proyecto, por lo que hay que enmarcar el proceso de asimilación en algún modelo de referencia, para poder planificar y asignar los recursos, especificar lo que se desea, diseñar los diferentes elementos, controlar los riesgos y el progreso, y comprobar si se han satisfecho las expectativas del cliente ya que la tecnología no permanece estática en el tiempo y se está modificando de manera permanente **(Succar P,1987), (Rouse D,1994)**. Es por ello que, como marco de referencia para gestionar proyectos de este tipo, es útil el llamado modelo de transferencia de tecnología, el cual debe considerar tres elementos para determinar el modelo más adecuado, ellos son:

- Perfil de adopción concreto: implica la existencia de riesgos en algunas de las dimensiones claves, por lo que será necesario plantearse un modelo en fases con alguna tecnología intermedia.
- Restricciones de recursos existentes. Se refiere al análisis de los recursos humanos y materiales. Especial atención hay que prestar al marco temporal en el que debe finalizarse el proceso de adopción.
- Elementos de control y evaluación requeridos. Mecanismos de validación del proceso de adopción asegurando que existen beneficios concretos en el proceso. Esta situación implica la existencia de “indicadores” que permitan valorar la mejora producida.

En este sentido, el modelo actual que caracteriza la transferencia de tecnología, es interactivo con la participación de múltiples protagonistas, donde no solo se incluyen

los receptores de la tecnología, sino también, los suministradores y operadores de la misma. **(IBIS, 1999)**.

Este carácter interactivo es mostrado en el **ANEXO I figura 2**, donde se ha planteado que la asimilación y la transferencia de tecnología no ocurre de una vez, sino que transita por una serie de fases. Las dos primeras fases, Conocimiento y Educación, constituye el proceso en el que los usuarios potenciales entienden, cómo la tecnología debe emplearse. Las dos últimas fases, aceptación e inserción dan como resultado la utilización de la tecnología.

Este modelo del proceso tiene dos aplicaciones principales en la práctica, primero, proporciona la identificación e información de las actividades que son requeridas al asimilar y transferir una tecnología, y en segundo lugar nos permite medir la efectividad de la nueva tecnología sobre el estimado del retorno de la Inversión.

No obstante, estos modelos son simples, en los cuales se destacan las cuestiones de dirección en la asimilación y transferencia de tecnología y no establecen un procedimiento que permita guiar paso a paso cada una de las fases que se han planteado, por lo que cada organismo en dependencia de su especialidad, debe estructurar la transferencia deseada para lograr una tecnología viable y rentable.

Por otra parte, se han identificado tres modelos de asimilación de tecnologías por transferencia tecnológica como procesos de importación, los cuales, se listan por orden de efectividad. Ellos son: **(Zelkowitz M, 1994)**

1. Modelo del facilitador (People mover model): En este modelo existe un contacto personal entre el diseñador y el usuario de la tecnología, mediante un facilitador que se caracteriza por su espontaneidad y su responsabilidad y tiene la función de conocer la tecnología y comunicar los deseos de importarlo.
2. Modelo de Comunicación (Communication model): Es el modelo donde la nueva tecnología se encuentra publicada y el facilitador es capaz de difundirla a la organización que pertenece al igual que el modelo anterior.
3. Modelo sobre el estante (On the shelf model): En este modelo se requiere que la nueva tecnología se encuentre bien concreta y argumentada para que los no

expertos en la materia puedan descubrirla, aprendan de él y comiencen el proceso de difusión. Esto exige que el diseñador documente bien el método a fin de que se pueda usar fácilmente.

Estos modelos describen como se llega a conocer una tecnología que se necesita transferir para satisfacer los requerimientos del usuario, en el cual juega un papel importante el diseñador y el facilitador, no obstante, no describen la forma y los procedimientos para lograr una eficiente adquisición y asimilación de la tecnología, obviando lo conveniente para el país receptor y la toma de decisiones, solo la tecnología se valora en función de la capacidad de un tercero (facilitador), sin herramientas de análisis aplicados a las particularidades del país.

Asimismo, estudios realizados por Ley N (**Ley N y Col, 2006**)², han permitido establecer criterios y premisas que de considerarlo, se deben tener en cuenta para un modelo de asimilación de una tecnología, del cual se obtiene la información necesaria de la tecnología en cuestión y permite un análisis interactivo ante las problemáticas que enfrenta el receptor de la tecnología.

En esta nueva visión, se generaliza la importancia de establecer un modelo de asimilación de la tecnología a transferir como parte de controlar y establecer las necesidades de los recursos requeridos de la tecnología deseada, así como la forma de accionar para solucionar las problemáticas que se plantean al transferir una tecnología, específicamente química, los cuales no aparecen en los modelos anteriores.

1.3 Aspectos para la asimilación de la tecnología por transferencia tecnológica.

La Cartilla para la Transferencia Tecnológica que emite el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (**Anexo II**) registra aspectos que como cultura gerencial es importante tener en cuenta, en el proceso de transferencia tecnológica, no obstante en este trabajo se ha considerado que el estudio de mercado, la selección de la tecnología y el análisis de factibilidad sean los elementos mínimos esenciales para los análisis preliminares de asimilación de una tecnología junto al estudio de localización y el análisis de riesgo de la inversión los cuales no se incluyen en la Cartilla y son

aspectos de toma de decisiones para estos casos.

1.3.1 Estudio de Mercado

En el proceso de transferencia tecnológica intervienen varias acciones entre las que se destacan, la detección de la demanda y la formulación de la misma. Para ello, el estudio de mercado juega un papel primario en la determinación de la capacidad de producción, los precios, los futuros problemas relacionados con ventas y distribución y el análisis, determinación y cuantificación de la necesidad social de disponer el producto. Dicha cantidad representa la demanda desde el punto de vista del proyecto y se especifica para un período determinado de tiempo. **(Lauchy A, 1989), (Aaker D, 1995), (Morandi J, 2002), (Bernal M, 2005).**

De ahí, que el análisis del mercado sea parte esencial en los proyectos de asimilación de tecnologías, donde todos los demás aspectos como tamaño, localización, tecnología más adecuada, financiamiento tengan su fundamentación sobre la base en dicho análisis.

En el estudio del mercado se contemplan dos etapas fundamentales: la primera debe recopilar la información básica, y la segunda procesar y analizar dicha información, aspecto que constituye el análisis de la demanda propiamente dicha. **(Popritkin A, 2000), (Morandi J, 2002).** No obstante, se considera que los criterios de costos, precios de los productos y materias primas, los requisitos de los consumidores en cuanto a cantidad y calidad del producto deseado, así como los hábitos de consumos constituyen la información necesaria y suficiente para emprender los primeros pasos para el estudio de Mercado.

El procesamiento y análisis de la información recopilada, deben responder a las siguientes interrogantes: ¿Cuanto se venderá?, ¿A qué precio?, ¿Qué problemas plantea? (de distribución, ecológicos, etc.), ¿Cómo se va a abordar el problema de la comercialización del producto, dónde y cómo serán realizadas las ventas?. **(Colectivo de autores, 1999), (CEPAE, 2000)**

La viabilidad económica del proyecto y la determinación de su nivel de producción están íntimamente relacionadas no sólo con la demanda futura del producto en

cuestión, sino también para conocer los precios futuros a que puede ser vendido el producto y los diferentes componentes del costo del producto.

De las variables que se estudian en el Marketing de un producto, el precio es la única que provoca una reacción inmediata sobre los ingresos y cada Empresa productora puede controlar, estableciendo las estrategias de precios más convenientes (**Amehed C, 1998**).

Existen diferentes métodos como parte de proyectar el precio del producto, donde varios especialistas hacen referencias a los más empleados (**Rodríguez N. O, 2000**), (**Adames M, 2002**), resaltando los de mayor interés aquellos relacionados con los mecanismos internos de formación de precios y los que están en función del costo de producción o del libre juego de la oferta y la demanda con la determinación de la curva de la demanda - oferta y el punto de equilibrio.

Estos surgen de conocer el rango de variación del precio del producto y de considerar que para los productos industriales en general el comportamiento de los precios será el resultado, entre otros, de cambios en los costos de los insumos y de mejoramientos en la tecnología, dando lugar a resultados satisfactorios para los análisis de la transferencia de una tecnología.

1.3.2 Selección de la tecnología

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 solo 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.

Lo anterior implica que los países receptores de tecnologías deben tener un ambiente apropiado para recibir el paquete tecnológico, satisfaciendo las necesidades del mercado en su país y la consistencia de los recursos accesibles.

Un proceso ideal para la selección de la tecnología se muestran en el **ANEXO III** donde incluye una secuencia de pasos que analizan en detalle aspectos importantes

para elegir la tecnología (**UNIDO, 2002**), no obstante debe incluirse en el mismo las experiencias y las bases de conocimientos de tecnologías similares y de la búsqueda de fuentes de información como otros elementos importantes en el instante de seleccionar la tecnología.

Por tanto, la búsqueda internacional de tecnología constituye un aspecto decisivo para concluir con una buena selección de tecnología, (**Matute M, 2000**), el cual, debe incorporarse como método de análisis para la selección de la tecnología ya que en ella se relacionan las fuentes de tecnologías, los nuevos procesos, las principales investigaciones y los nuevos diseños de plantas y equipos.

Para evaluar el posible impacto de la tecnología importada en el país se debe tener un amplio conocimiento de las condiciones locales tales como: las materias primas y los insumos disponibles, las fuentes de energía, la infraestructura (vías de comunicación), las capacidades industriales disponibles para la fabricación de los equipos o partes de ellos, los laboratorios e institutos de investigación existentes para adoptar y mejorar la tecnología y las posibilidades de capacitación del personal.

Para buscar y elegir alternativas es necesario tener criterios previamente establecidos sobre como evaluar las alternativas. Algunos de estos criterios de evaluación pueden ser: el impacto social, uso de recursos locales, escala de producción, uso de capacidades de ingeniería y de fabricación de estudios locales, vida esperada y grado de obsolescencia, complejidad (alto nivel de instrumentación, facilidad de mantenimiento, contaminación ambiental) y rendimiento (productividad referida a las materias primas, mano de obra e inversión).

Muchos de estos factores forman parte de antecedentes y consideraciones que se realizan en los estudios de factibilidad y prefactibilidad de cualquier proyecto de inversión, sin embargo, ellos ayudan a metodizar en cierto modo el análisis de los distintos sistemas disponibles para facilitar la comparación de procesos y que en ocasiones son ignorados por quien tiene que tomar las decisiones.

Es por ello, que se deben incorporar en las metodologías de asimilación de tecnologías este acápite, para lograr la tecnología más adecuada a las condiciones reales que se presenten.

1.3.3 La Localización de las Empresas.

La elección de la localización es una decisión compleja en la mayoría de los casos, dado por sus interrelaciones como por la cantidad de factores y de lugares involucrados en este análisis, no obstante, las decisiones pueden estar determinadas desde la preferencia y la intuición del empresario hasta los procedimientos formalizados que se fundamenta en estudios más amplios y rigurosos, en dependencia de la naturaleza y el alcance de la decisión que se ha de tomar.

De aquí se deriva que, uno de los completamientos más importantes de un proyecto y que en la etapa inicial decide sus posibilidades de realización es la localización de la Planta (**González V y Col, 1988**), que de no ser así se llegaría a errores conceptuales.

Los criterios planteados por varios especialistas (**Rase y Barrow, 1963**), (**Brizuela E, 1987**), (**Holmes B, 2003**) tienen una gran evidencia y actualidad cuando se realizan los trabajos de localización, ya que se esclarecen la calidad, cantidad y propiedades de las producciones, las consideraciones técnicas del procedimiento y cálculos económicos, así como las consecuencias de los procesos relacionados con las materias primas, materiales auxiliares y de los productos terminados.

En cuanto a la elección del lugar se hace énfasis en el análisis de las materias primas y ventas del producto, en el aprovechamiento de las instalaciones existentes o construidas para la utilización de los requerimientos de vapor, agua, electricidad, condiciones del transporte, del terreno y mano de obra como fundamentales en el instante de elegir el lugar ya que esto puede disminuir los costos de inversión y de producción de la misma.

Como parte de organizar las tareas básicas que corresponden al estudio de localización de una fábrica, muchos especialistas (**Smith S, 1955**), (**Sinnott R, 1993**),

(Matute M, 2000) han establecido procedimientos generales que permiten tomar las decisiones más correctas de localización.

En el estudio de los criterios analizados en cada procedimiento, se lograron agrupar cuatro aspectos fundamentales considerados como aspectos metodológicos para estos estudios. Este procedimiento contempla los siguientes pasos:

1. Un análisis preliminar, que consiste en estudiar las estrategias empresariales y políticas de las diversas áreas, determinando los criterios y factores más importantes en la evaluación de alternativas.
2. La búsqueda de las alternativas de localización.- Se establecerá un conjunto de localizaciones, rechazándose aquellas que no satisfagan las exigencias.
3. La evaluación de alternativas (análisis detallado).- En esta fase se recoge toda la información y se realiza una evaluación cuantitativa o cualitativa.
4. La selección de la localización.- Se comparan las alternativas cuantitativa y cualitativamente. En última instancia, otros factores más subjetivos, pueden ser las propias preferencias del empresario que determinarán la localización definitiva.

Estas cuatro etapas, son extendidas a los análisis de localización en los estudios para la transferencia y asimilación de una tecnología, que como premisa principal es la determinación del lugar más adecuado con el menor costo posible.

1.3.4. La Evaluación Técnico Económica en el Análisis del Proceso Inversionista.

Para obtener un buen resultado en el desarrollo de los Proyectos industriales de cualquier tipo y género, se necesita tener una serie de decisiones que respondan a la continuidad de la Inversión, la cual, queda definida mediante la evaluación técnica-económica realizada en cada etapa del Proceso Inversionista.

La evaluación técnica-económica consiste en el análisis tanto de la ingeniería como de las cuestiones económicas de un proceso, sirviendo de guía para futuras decisiones, el cual se inicia antes de realizarse cualquier tipo de trabajo, pues

indicará si el proceso propuesto es prometedor y recomendará el sentido que puede tomar la experimentación.

Por ello, este aspecto debe ser incorporado en los procedimientos para la asimilación de tecnologías, en los cuales se determinan los indicadores para el análisis económico como el costo de inversión, costo de producción, factibilidad y los análisis de sensibilidad y riesgo de la inversión.

1.3.4.1 Métodos de evaluación económica.

Para tener un criterio de cuan atractiva es una inversión con respecto a otras posibilidades de invertir, se requiere de un instrumento de medida adecuado.

Como parte de la evaluación económica en la transferencia tecnológica, las técnicas de actualización como el método del Valor actual neto y de la Tasa interna de rendimiento, pueden utilizarse para evaluar cada etapa de decisión, que junto a un análisis de riesgo de la inversión se expondrán las consecuencias negativas de un Proyecto industrial. **(Urquijo J,1988), (Bueno E, 1990), (Macías R, 1992).**

De esta manera, se diseñan instalaciones para poder adaptar sin dificultad una tecnología y se incluye el comportamiento futuro a cambios previsibles de la demanda, precios, tasa de interés, volumen de producción y otras circunstancias. **(Jordá E, 1983), (Hernández J. y Ley N, 1999), (Oldrich M, 2001), (Speight J, 2002)**

En el análisis de riesgo, dos aspectos fundamentales a tener en cuenta es por una parte las causas que lo originan y por otra su determinación **(Vélez P, 2001).**

Los riesgos asociados a una alternativa de inversión tienen diversas causas y están relacionas unas con otras y que pueden estar atribuidas al comportamiento humano o al entorno en el que se desarrollan. Algunas de ellas de están agrupadas en las siguientes manifestaciones: a la inexistencia de datos históricos directamente relacionados con las alternativas que se estudian, al desvío en el cálculo de datos o de eventos posibles, al cambio en la economía tanto nacional como mundial, al análisis de interpretaciones erróneas de la información disponible, a la obsolencia, a la situación política, catástrofes naturales o comportamiento del clima y baja cobertura y poca confiabilidad de los datos estadísticos que se dispone.

La determinación del riesgo es otra parte importante en el proceso de las decisiones en invertir que conjuntamente con el análisis de sensibilidad aportarían criterios adicionales para mejorar la factibilidad de la inversión y adoptar medidas para reducir consecuencias indeseables.

El análisis de sensibilidad, determina el efecto que origina la variación de datos económicos individuales sobre la inversión, y permite identificar las variables críticas de los proyectos, a través de los métodos de actualización. Esta es una herramienta muy útil, a pesar de sus limitaciones con respecto a su exactitud y rigor matemático.

El análisis de riesgo es un método que permite evaluar el riesgo de los proyectos de inversión motivado por cambios previsibles de la demanda, precios y otras circunstancias, por lo que estimula el desarrollo de iniciativas en búsqueda de beneficios o rentabilidad esperada y decidir en consecuencia.

Es por ello, que se aprecia la inclusión del análisis de sensibilidad y riesgo en los procedimientos para asimilar una tecnología, por ser una herramienta que proporciona una información útil y que por lo general nunca da lugar a decisiones automáticas.

Hasta aquí se han mencionado los aspectos que deben incluirse en la metodología para la asimilación de tecnologías. Esta metodología se evaluará a través de los procesos de producción de Biodiesel y Bioetanol a partir de residuos sólidos industriales, es por esto que en los siguientes epígrafes se referirán aspectos fundamentales de las mismas.

1.4 Tecnología para la obtención de Bioetanol y Biodiesel a partir de residuos sólidos agroindustriales.

La tendencia actual hacia la obtención de productos y energía a partir de fuentes renovables plantea problemas potenciales que deben ser evaluados cuando se intentan proponer alternativas viables.

La biomasa constituye una fuente orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. Los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al

alimentarse de las plantas. Los productos de dicha transformación, que se consideran residuos, pueden ser utilizados como recurso energético.

1.4.1. El Proceso tecnológico para la obtención de Bioetanol a partir de residuos sólidos agroindustriales.

El punto de partida para la obtención de alcohol por vía fermentativa es a partir de una solución azucarada, que puede ser obtenida por tres alternativas **(CEPAL, 2004)**: Directamente de un vegetal como la caña de azúcar, que produce un jugo con alrededor de 15% de azúcares diluidos; por la dilución de una solución concentrada de azúcar, como las melazas o mieles resultantes de la producción de azúcar; por la sacarificación de sustancias celulósicas, como el bagazo, o amiláceas, como el almidón de maíz o yuca.

Este último proceso, constituye una vía de grandes expectativas teniendo en cuenta que parte de una materia prima abundante y renovable de bajo costo como la celulosa del bagazo, la cual está todavía en desarrollo, pero con perspectivas interesantes y que puede brindar grandes volúmenes de azúcares fermentables. **(Cunningham R. y Col., 1994), (Directiva/CE, 2005)**.

La tabla 1 del **ANEXO V** muestra la composición promedio para cada tipo de material lignocelulósico y del rendimiento teórico de azúcares fermentables.

Los materiales lignocelulósicos son de muy baja susceptibilidad a los ataques enzimáticos y microbianos debido a su composición y a su estructura química y física, en el que incide la cristalinidad de la celulosa que impide un contacto adecuado con el catalizador y la estrecha relación que existe entre la celulosa, hemicelulosa y la lignina formando una estructura no accesible a las enzimas y otros agentes químicos. **(Cunningham R y Col, 1994)**

Para incrementar la reactividad del material lignocelulósico, existen una serie de métodos de carácter físico, físico químico, químico, biológico o combinaciones que permiten modificar y destruir la naturaleza de este material dejando un sustrato más dócil para una hidrólisis enzimática o ácida. **(Schaffeld G., 1986)**

Las patentes como US20020192774 (**Ahring B. K, 2002**) y la US20050164355, (**Vlasenko E., 2005**) confirman los estudios y las necesidades de un pretratamiento al material lignocelulósico, para obtener mejores rendimiento de azúcares y de alcohol.

Los pretratamientos se clasifican, según se muestra en la tabla 2, **ANEXO V** de acuerdo al principal modo de acción sobre el sustrato. Estos tienen como objetivo fundamental, aumentar la susceptibilidad de la celulosa a la degradación enzimática o ácida, que incluye: reducir el tamaño de partícula del material (Aumenta la superficie de contacto), remover total o parcialmente la lignina y la hemicelulosa y disminuir la cristalinidad de la celulosa, siendo esta última la que más afecta a la eficiencia de la hidrólisis de la celulosa.

De los métodos de pretratamiento, cada modo de acción tiene un propósito, que depende de las características de la materia prima disponible, no obstante una combinación de estos pueden lograr un buen pretratamiento. De los métodos químicos y físicos – químicos se reportan buenos resultados en el orden técnico y económico en las que se pueden lograr hasta un 57 % de conversión (celulosa a glucosa) y con un costo de producción en un rango de 143 a 181 \$/ton de celulosa para la hidrólisis enzimática, en la que se destacan la Explosión con vapor, la Oxidación húmeda y la extracción con Organosolv.

Independientemente del pretratamiento seleccionado para el material lignocelulósico y de la eficiencia en la Hidrólisis, los hidrolizados obtenidos son de bajo rendimiento de azúcares, los cuales son llevados a la etapa fermentativa para transformarlos en alcoholes bajo la acción de microorganismos para transformar la Glucosa y la Xilosa con el propósito de obtener el mejor aprovechamiento de los azúcares.

Desde este punto de vista, el proceso de obtención de Bioetanol a partir de material lignocelulósico tiene como etapas críticas, el pretratamiento de este material y la hidrólisis de la celulosa.

1.4.1.1. Etapas tecnológicas para producir Bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos.

Para lograr la conversión del material lignocelulósico a Bioetanol y establecer las etapas que lograrán este propósito, se deben tener presente las limitaciones que tiene estas tecnologías de obtención de Bioetanol a partir de biomasa. Entre ellas se tienen:

- Los bajos rendimientos de azúcares que se obtiene de lo hidrolizados a medida que transcurre el tiempo de reacción, provocado por un mecanismo de inhibición por productos y por la inactivación enzima/sustrato.
- La estructura cristalina de la celulosa y su incidencia en la velocidad de la Hidrólisis, donde en aquellos materiales que contienen lignina, se aplican pretratamientos que no producen cambios apreciables en la cristalinidad de la celulosa.
- La presencia de otros azúcares (Xilosa) requiere de el uso de otros microorganismos además de la *Saccharomyces cerevisiae* para aprovechar mejor el sustrato en la producción de etanol.
- Elevado costo de la hidrólisis enzimática influenciado por el costo de las enzimas y la necesidad de diseñar sistemas para un mayor aprovechamiento del complejo enzimático.

Este último aspecto, pone en evidencia la existencia de etapas muy costosas que inciden directamente en los costos totales de inversión de la planta. Ullmann (**Ullmann F, 2004**) muestra una comparación de los costos inversión, evaluando el manejo de diferentes materias primas y la Hidrólisis de forma conjunta, observándose el costo elevado de éstas con relación al resto de las etapas analizadas, como se ilustra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Costo de Inversión de las etapas de Obtención 200 000 l/d de Bioetanol a partir de diferentes tipos de materias primas

Mat. Primas contienen	Manejo de Mat. Prima, Pret- Hidrólisis (\$) $\times 10^6$	Fermentación Destilación (\$) $\times 10^6$	Otros costos (\$) $\times 10^6$	Costos de Inversión total (\$) $\times 10^6$
Sacarosa	11,20	15,00	4,80	31,80

Almidón	14,20	15,00	4,50	34,50
Celulosa	32,00	15,00	4,50	52,3

Por otra parte, estudios realizados en California a cerca de los costos y beneficios de la producción Industrial de una planta de etanol a partir de biomasa, confirman que son plantas de tecnologías emergentes de altos costos de inversión y que su viabilidad es maniobrada por el precio de venta del etanol que depende de los costos de la materia prima, del tamaño de la planta, de la tecnología de producción y de otros factores. **(CEC, 1999), (CEC, 2001)**. Se plantea que estas plantas son de medias y altas capacidades de producción y pueden ser económicamente operativa si el precio del etanol esta en un rango de 1,30 a 1,70 \$/galón de etanol.

A partir de tales limitaciones, se definen las etapas del proceso:

1. Pretratamiento del material lignocelulósico.

Esta etapa consiste en el acondicionamiento de la materia prima luego de su recepción, con el propósito de obtener una biomasa mejor preparada para la acción enzimática. Puede estar constituido por una combinación de métodos de pretratamiento, como una reducción de tamaño mediante molinos de martillo o de rodillos a presión y un tratamiento con ácido diluido, o con explosión a vapor o con el uso de un solvente orgánico (Método Organosolv) entre otros. **(Reith J, 2002), (Mosier N y Col, 2005)**

Para el caso del Organosolv, este es caracterizado por ser un solvente que disuelve eficientemente la lignina y facilita el ataque del ácido o la enzima a la celulosa al incrementar los puntos de contacto disponibles para la reacción. En general es útil el empleo del etanol como solvente orgánico y se alcanzan buenos resultados en los procesos de deslignificación o pulpeo de los materiales fibrosos dado que el etanol es selectivo a la separación de la lignina, por tanto al emplear este método no ocurre una degradación de la celulosa como en otros como los tratamientos con ácidos o bases, esto es muy importante en esta etapa. **(González M, 2004)**, y como pretratamiento para procesos de hidrólisis enzimática posterior el material fibroso.**(Vaz C.E., 2005)**.

Aunque con diferentes condiciones operacionales en cada caso.

2. Hidrólisis de la Celulosa:

Esta etapa tiene el propósito de obtener la mayor cantidad de azúcares fermentables. Para ello, se identificaron en el estudio realizado tres tecnologías sobre la cual se realiza la hidrólisis de la celulosa: la hidrólisis ácida concentrada, la ácida diluida y la enzimática. La primera y la segunda presentan problemas medioambientales asociados a la generación de un alto volumen de efluentes ácidos, además por el alto costo que se presenta por problemas de corrosión y de recuperación del ácido, viéndose así, la hidrólisis enzimática como la mejor opción, desde este punto de vista.

La base de este proceso es la actividad de las celulasas, estas son enzimas celulolíticas que conforman conjuntos multicomponentes de acción sinérgica, en los cuales suelen distinguirse los siguientes tipos de celulasas, independientemente de los microorganismos que provengan (**Enari y Niku-Paavola, 1987**): La Endoglucanasas 1,4- β -D glucan glucanohidrolasas, la Exoglucanasas 1,4- β -D glucan celobiohidrolasas y las β -glucosidasas.

En la tabla 3 **ANEXO V** se muestran, la influencia de la Adsorción de Endoglucanasas sobre la celulosa microcristalina, donde se observa que los mejores resultados corresponde a la *Trichoderma reesei*, logrando una mayor conversión, por su mayor capacidad para adsorberse sobre la celulosa.

De esta manera, la reacción enzimática se lleva a cabo en diferentes etapas, cuya velocidad es dependiente del tamaño de partículas de la materia prima, las condiciones de la reacción, la calidad y composición del complejo enzimático, entre otras.

3. Fermentación de los azúcares :

Esta etapa tiene el propósito de convertir la glucosa en etanol, por la acción de microorganismos y ésta no difiere de la fermentación aplicable a otros azúcares, excepto cuando la etapa hidrolítica ha generado inhibidores.

Los microorganismos generalmente empleados son las levaduras, hongos unicelulares ampliamente distribuidos en la naturaleza. Los más utilizados en la fermentación

alcohólica son los de la familia *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*). En la acción de las levaduras, influye una gran cantidad de factores, entre los que destacan la temperatura, el PH y la concentración de azúcares. Las bacterias *Zymomonas mobilis* que transforman la glucosa en etanol con un rendimiento del 5 al 10 % mayor que la mayoría de las levaduras son hoy objeto de estudio (**García R, 1997**) aunque sus desventajas se encuentran en su baja tolerancia al alcohol y su pequeño tamaño, que hace difícil su separación.

En el caso de la producción de Bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos los licores resultantes de los procesos de sacarificación tienen contenidos apreciables de inhibidores de la fermentación, los cuales son producidos principalmente por degradaciones de los monosacáridos presentes en la celulosa y la hemicelulosa. La eliminación de estos es costosa y se consume mucho tiempo para la misma, por lo que se hace necesario de una cepa de levadura que posea elevada resistencia a los inhibidores derivados de esta materia prima. Por dicha razón se puede trabajar con una cepa recombinante de *Saccharomyces cerevisiae*, utilizadora de pentosas, que ha sido adaptada a hidrolizados de bagazo con un rendimiento y productividad de etanol en 2,2 veces a lo obtenido tradicionalmente y con una disminución de 36 a 24 horas para alcanzar el rendimiento máximo de etanol. (**Martin y col., 2002**)

La fermentación puede llevarse a cabo de tres modos: lotes, lotes alimentados o en continuo. Dentro de estos modos, los reactores por lotes siguen siendo la tecnología de fermentación más utilizada (**Gregg D, 1996**).

4 . Destilación o Separación del Etanol:

En el proceso de obtención de alcohol etílico una de las operaciones unitarias más importantes es la operación de destilación, fundamentalmente para la separación de la inmensa cantidad de componentes que acompañan la mezcla obtenida en la fermentación y obtener una mezcla líquida lo más homogénea y con el mayor nivel de pureza posible. (**Kister H, 1985**), (**Ulrich G,1986**), (**Bitter R, 1993**), (**González E, y Col, 2005**)

La forma más generalizada de conducir esta operación en la industria es de forma continua, con reflujo para lograr el enriquecimiento de los productos en los diferentes componentes y en columnas de platos o rellenas. Cuando se desea obtener el etanol en una forma más concentrada que su punto de azeotropía, como es el alcohol anhidro se emplean otros métodos especiales de destilación como son la destilación azeotrópica y destilación extractiva como métodos tradicionales o la pervaporación y los tamices moleculares como métodos más modernos **(Serra y col, 1987), (López N, 2005)**

La combinación de procesos tiene como fin mejorar la eficiencia del proceso y reducir los costos. Para la deshidratación de etanol los procesos híbridos son las tecnologías más prometedoras, especialmente el sistema destilación-pervaporación. Su uso a nivel industrial con este fin no es aún viable, dado su bajo grado de desarrollo y posibles problemas con la operación y vida de las membranas.

1.4.1.2 Etapas tecnológicas para producir Biodiesel a partir de aceites residuales

El Biodiesel es un combustible sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas renovables (aceites vegetales y/o grasas animales) y un alcohol que puede ser metanol o etanol (el cual puede ser producido a partir de residuos de la agricultura) en presencia de un catalizador. **(Vicente C, 2001), (Camps M, 2002), (Dalla Costa B y Col., 2004)**

Este producto, posee las mismas propiedades del combustible diesel regular empleado como combustible para automóviles, camiones y ómnibus, es más limpio que este y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.

Se plantean tres rutas básicas para la producción del Biodiesel a partir de los aceites y las grasas biológicas ellos son: Transesterificación de los aceites catalizados por una base, Transesterificación de los aceites catalizados por un ácido directo y la conversión del aceite a sus ácidos grasos y luego al Biodiesel.

Casi todo el Biodiesel producido usa la transesterificación catalizada por una base ya que es el proceso más económico y requiere solamente bajas temperaturas y

presiones obteniendo conversiones del 98%. **(Knothem G y Col, 2001), (Wikimedia, 2006)**

El proceso de elaboración del Biodiesel se basa en la llamada transesterificación de los glicéridos, utilizando catalizadores como el metilato sódico que se obtiene con soda cáustica. **(Stratta J. 2000), (Larosa R, 2003)**

Esta es la vía que actualmente se emplea para producirlo, ya que es la más económica, ofreciendo entre otras las siguientes ventajas: Elevada conversión (98%) con pocas reacciones secundarias y reducido tiempo de reacción. Conversión directa a ester metílico sin pasos intermedios. Uso de materiales de construcción estándar (AISI 304 y acero al carbono).

La obtención de Biodiesel a partir de los aceites vegetales puede resumirse en las siguientes etapas: **(Lenoir C, 2004)**

a) Etapa de Extracción y Refinación del aceite

Esta primera etapa, tiene como objetivo la extracción del aceite de los vegetales oleaginosos o de los residuos agroindustriales, aplicando un método físico utilizando un solvente orgánico para lograr un aceite refinado sin ácidos grasos libres, apto para la etapa de reacción o unidad de transesterificación.

b) Preparación del catalizador

Esta etapa tiene la intención de mezclar un alcohol de alta pureza (metanol o etanol al 99%) con un álcalis fuerte (Hidróxido de sodio o potasio) para obtener una solución de metóxido o etóxido, de acuerdo al alcohol utilizado.

La mezcla fuertemente cáustica es llevada a la etapa de reacción que contiene los aceites extraídos.

c) Etapa de reacción (transesterificación de los triglicéridos)

Los aceites vegetales se caracterizan por estar constituidos de moléculas carbonadas complejas (ácidos orgánicos de cadena alta). La transesterificación de los mismos implica la reacción de un alcohol (10% de la cantidad de aceite a ser procesado) con el aceite en presencia de un catalizador alcalino de manera tal que sea separado el

glicerol del ácido graso reduciéndolo al correspondiente éster que tiene un peso molecular de 1/3 del original. Usualmente los procesos realizados sobre los aceites vegetales lo transforman en un combustible más parecido al gas-oil mejorando el flujo y reduciendo los depósitos de carbono y lacas en las diversas partes del motor. **(Reed T, 1996), (Kac A, 1998), (Hilbert J, 2003),**

La reacción se realiza a 50°C, y se mezcla vigorosamente para favorecer una reacción completa. En los procesos industriales más complejos, se procede a separar el Biodiesel y la glicerina formada mediante el uso de centrifugas continuas que permiten además remover constantemente los productos de reacción para desplazar la reacción hacia el lado de los productos (logrando un mayor rendimiento). Sin embargo, aún son comunes los procesos por lotes (batch), en los que transcurridos unos 50 minutos, se procede a una decantación de la glicerina. Luego de separar la misma, el éster es lavado para eliminar jabones y otros subproductos de reacción indeseados.

Desde este punto de vista, esta etapa constituye la más importante y la más crítica de este proceso por lo que se deben lograr las condiciones de operación que se exigen para la misma.

d) Separación y Purificación del Biodiesel

El proceso de transesterificación produce como subproducto derivado aproximadamente 10 % de glicerol, el cual contiene impurezas del aceite en bruto, fracciones del catalizador, mono y diglicéridos y restos de alcohol

Los ésteres son lavados dos veces con agua acidificada. La glicerina obtenida es separada de los ésteres en pocos segundos, de ese modo es posible obtener Biodiesel de muy alta calidad, el cual cumple con todos los requerimientos de las normas estándar americanas.

El Biodiesel tiene en general un poder calórico inferior algo menor al del gasoil (7,795 kcal/l vs. 8,74 kcal/l). Su viscosidad cinemática está entre 1,9 y 6,0 cSt., por lo que este parámetro no difiere sustancialmente del gasoil (1,3-4,1 cSt). Su densidad es de aproximadamente 0,878 kg/l a 15°C, y su punto de inflamación llega a sobrepasar los

130°C, a diferencia del gasoil, que es de 60-80°C. Posee además un número cetano ligeramente mayor al del gasoil, y duplica el poder de lubricación del mismo.

En el **ANEXO VI** se muestran algunas normas estándares de Biodiesel producido.

Estas etapas, son válidas también cuando el aceite es obtenido a partir de otras fuentes que no son explotadas para estos casos, como es el aprovechamiento de la fracción grasa de la cachaza, el cual es un residual sólido de la Industria Azucarera que por su composición, este puede ser aprovechado para esta oportunidad.

La fracción grasa que se emplea para este caso, esta compuesta por los saponificables (ácidos grasos e hidroxiácidos 60 %) y los no saponificables (los alcoholes pesados 40 %). Por tanto a diferencia de los aceite vegetales, en la reacción de transesterificación se tiene como resultado el ester del ácido graso más los alcoholes pesados.

Conclusiones Parciales:

1. En el proceso de asimilación de una tecnología, la vigilancia tecnológica constituye un aspecto importante para la toma de decisiones, sobre la base no sólo de las patentes sino también de toda la información en cuanto a lo que se investiga y se publica.
2. El tamizado de las patentes obtenidas del estudio realizado, facilita establecer la tecnología más adecuada y viable para el país receptor de la tecnología, teniendo en cuenta sus posibilidades y los recursos disponibles.
3. Por no contar con una metodología que permita visualizar y prevenir las dificultades antes de transferir y asimilar una tecnología, existen en nuestro país tecnologías que han sido asimiladas deficientemente, las cuales han incidido en su buen funcionamiento, como es la selección de la tecnología, análisis de la materia prima disponibles entre otras.
4. En las metodologías, resoluciones y decretos vigentes con relación a transferir y asimilar una tecnología, están ausentes las formas y los procedimientos para tomar las decisiones más acertadas al respecto, además carecen de aspectos como el estudio de la localización y el análisis de riesgo de la inversión.

5. La transferencia tecnológica como modelo de adquisición, asimilación y difusión requiere de la creación de una infraestructura avanzada a la flexibilidad de la gestión empresarial y a la formación de la mano de obra calificada.
6. La elección del lugar, constituye un paso fundamental en el proceso de asimilación de tecnologías pues en su análisis se resuelven los problemas de materias primas, ventas del producto, aprovechamiento de las instalaciones existentes, condiciones de transportes, entre otras, para la cual se requiere un análisis de alternativas donde se valoren los aspectos más importantes que intervienen en la localización de una Planta Industrial.
7. En el proceso de obtención de Bioetanol a partir de residuos sólidos agroindustriales la etapa del Pretratamiento de los materiales lignocelulósicos y la Hidrólisis de la celulosa constituyen desde el punto de vista operativo y económico, las etapas más críticas de este proceso, de cuya eficiencia y rendimiento depende la producción de Bioetanol.
8. La producción de Bioetanol a partir de biomásas, caracterizado por su alto costo de inversión y de tecnología no consolidada industrialmente, es viable si se establecen precio de venta de producto con relación a los gastos realizados en el proceso tecnológico.
9. La producción de Biodiesel, a partir de residuos agroindustriales, se considera una alternativa energética viable para la sociedad actual, donde la transesterificación empleando etanol en medio básico es ruta de obtención de este producto con gran impacto económico y ambiental.

CAPITULO II. METODOLOGIA PARA LA ASIMILACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS.

2.1 Estrategia para la Asimilación y transferencia tecnológica de un proceso químico

Para amortiguar los problemas que se derivan de la transferencia tecnológica, el receptor de la tecnología debe tener la capacidad para asimilarla a los niveles que cumplimentan el proceso de transferencia.

Todas estas consideraciones se ponen en práctica, cuando se transfiere un determinado proceso químico pues en él, hay implicado una tecnología, equipos, operaciones unitarias, formas de proceder (Know How), el estudio de mercado para el producto elaborado, exigencias del medio ambiente, así como de otros aspectos que están vinculados con los recursos materiales y humanos, los cuales, se deben atender en gran medida para obtener buenos resultados en el proceso de la transferencia.

Junto a estas consideraciones es importante realizar una evaluación económica que constituye la guía indispensable para las decisiones sobre el proceso, en el cual se incluyen decisiones que se requieren para orientar las investigaciones, los diseños de procesos, las inversiones de capital y las condiciones óptimas de operación de la planta, para el mismo se deben tener en cuenta los primeros pasos en la definición de un Proyecto y como fase de estudios preliminares en la construcción de una nueva planta, ellos son: **(Jordá E,1983)**

1. Análisis de mercado.
2. Fijación de las capacidades de producción.
3. Examen de los precios y situación de las patentes.
4. Aspectos legales.
5. Estimación del costo de inversión y de producción.
6. Estimación de la Rentabilidad.
7. Selección de una adecuada localización.

Estas prerrogativas son puntos de inicio para establecer las estrategias y los lineamientos que sirven de guía para adquirir y adaptar una tecnología externa, los cuales, se muestran en la figura 2.1 y constituyen dos pasos que en este trabajo se analizan y se desarrollan para transferir y asimilar una tecnología.

La estrategia que se ha concebido resuelve en gran medida las debilidades que presentan las demás formas de analizar y estudiar este proceso, como se ha enunciado en el Capítulo I.

Esta constituye una herramienta de trabajo para el análisis preliminar de los estudios previos a la asimilación de la tecnología por transferencia tecnológica, pues orienta de forma metodológica los pasos y decisiones para la adquisición y adaptación de la misma, donde la aplicación de esta estrategia da lugar a la aceptación o no de la tecnología a transferir y de las decisiones respecto a los mecanismos de transferencia tecnológica más convenientes para el país receptor, siendo esta una de las novedades de este trabajo.

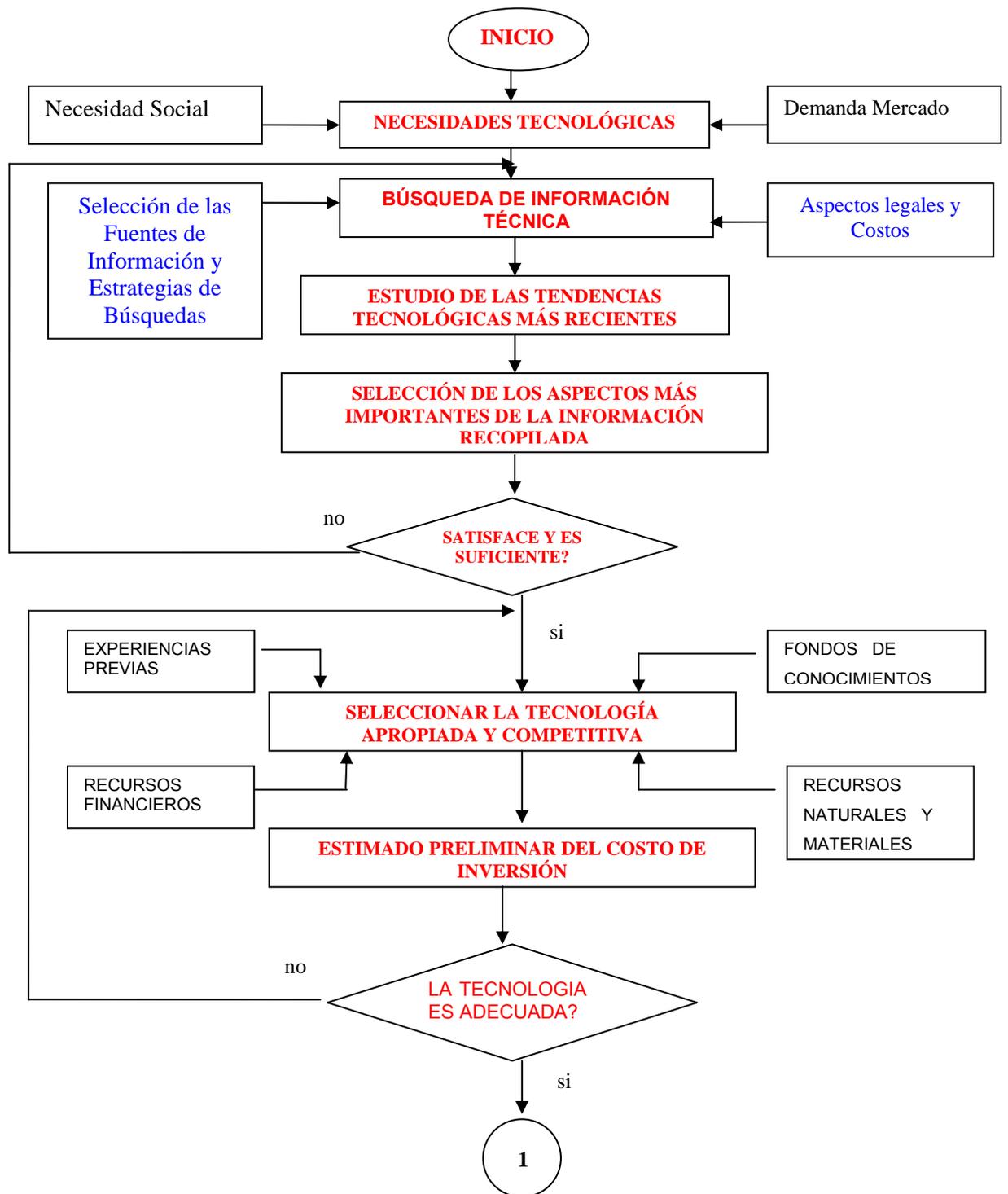
La metodología planteada, abarca el estudio de tres etapas fundamentales: Adquisición de la Tecnología, Adaptación de la Tecnología y Desarrollo del Proceso.

- **Adquisición de la tecnología**

Esta etapa tiene como objetivos centrales, promover el origen o las necesidades tecnológicas que tiene el país receptor como parte del desarrollo tecnológico y de realizar una correcta selección de una tecnología apropiada y competitiva (TAC) que se decida poner en práctica,

La primera es consecuencia de dos fuentes fundamentales: la demanda del producto en el mercado y la satisfacción social de la necesidad, no sólo del producto sino ampliado al desarrollo tecnológico de un país, ambas definen aspectos importantes que deciden la consecución de la nueva inversión y de su tamaño.

La demanda del mercado, se determina a través de un estudio de mercado, el cual brindará informaciones acerca del posible precio del producto a vender, de los precios de las materias primas a obtener, las cantidades necesarias a producir entre



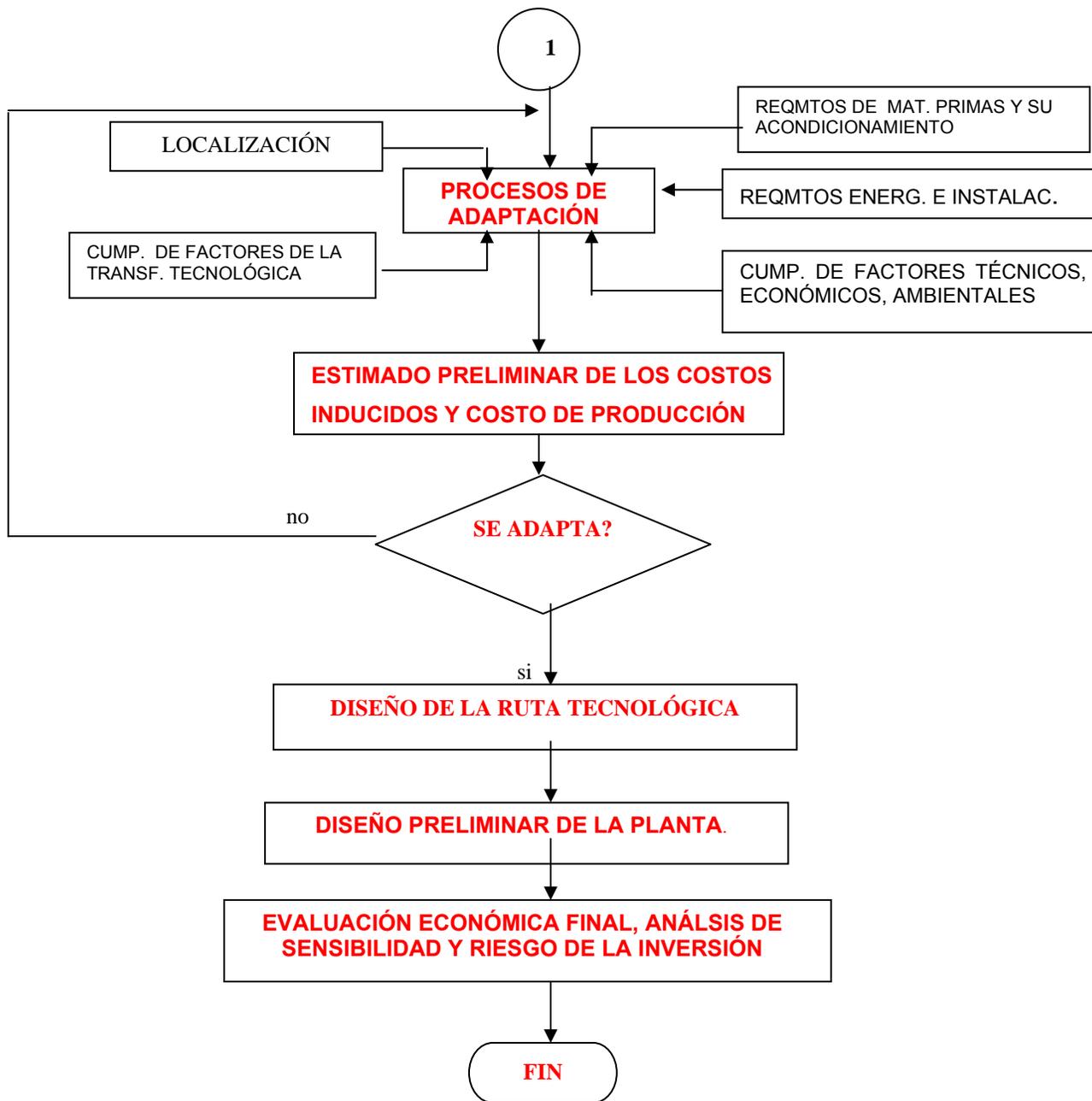


Figura 2.1. ESTRATEGIA PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE UN PROCESO QUÍMICO

las más importantes, posibilitando que el riesgo al fracaso de la nueva inversión sea el menor posible, de aquí se deriva la plena satisfacción a las necesidades del producto a un grupo de consumidores y a la sociedad.

Previo a la selección de una TAC, se establece la vigilancia tecnológica en una primera fase del proceso en cuestión, teniendo en cuenta la actualidad y modificaciones o innovaciones que han sido realizadas por otras instituciones e investigadores, para ello se requiere la búsqueda de informaciones técnicas y comerciales de las alternativas analizadas y de las recomendaciones para la toma de decisiones.

Un estudio de patentes se considera una vía idónea para la obtención de la información y la misma debe responder en el siguiente orden de decisión:

- a) Planteamiento de alternativas tecnológicas y búsqueda de soluciones a problemas técnicos de interés en correspondencia con las tendencias actuales.
- b) Análisis y Selección de las alternativas más convenientes para el país receptor según sus objetivos y posibilidades reales.
- c) Existencia de derecho de patentes y su vigencia.
- d) Análisis de los indicadores técnicos y económicos de las tecnologías existentes y sus limitaciones.

Ellos constituyen la forma de analizar y tamizar las patentes revisadas, con el fin de realizar una buena selección de la tecnología, siendo este otro de los aportes fundamentales de esta investigación.

Esta fase se apoya en las observaciones sobre los aspectos legales y sus costos, así como de realizar una selección de las fuentes de información, que abarque los registros de patentes, licencias, Know How, resultados investigativos entre otras, lo que trae como resultado, que se tenga a disposición las tendencias tecnológicas más recientes sobre las tecnologías en cuestión, pudiendo seleccionar los aspectos más relevantes de la información recopilada.

Una vez realizado este proceso se hace evidente una evaluación de la calidad de la información recopilada, la cual, si no es suficiente y ni satisface a los demandantes de la tecnología, se continúa con la búsqueda de nuevas informaciones, de lo contrario se procede a la selección de la TAC.

La selección de la tecnología debe estar retroalimentada en primer lugar de la disponibilidad del financiamiento, pues no contar con ella o de las posibilidades para obtenerla es imposible una transferencia de cualquier magnitud por muy necesaria que sea la misma, para la cual, se pueden valorar algunas formas para obtener el financiamiento a corto o a largo plazo, ya sea de préstamos bancarios o con la participación de Empresas extranjeras, este último regulado por la **Ley 77 sobre Inversiones Extranjeras**, además de dar respuesta a las necesidades de un mercado pequeño.

En segundo lugar, los conocimientos previos de la tecnología, las experiencias en la Proyección y funcionamiento de plantas similares existente en el país y de información técnica-económica con vista a su evaluación preeliminar constituyen las bases de conocimiento existentes y de las necesidades de asesorías necesarias para el manejo de la tecnología lo que puede indicar las forma o las modalidades que se pueden emplear para la transferencia de tecnología y en tercero, de la restricciones de recursos naturales y materiales, donde se incluye el acceso a las materias primas, materiales y de otros recursos como energía y agua extendido a los aspectos del medio ambiente, los cuales, deben satisfacer las cantidades requeridas para todo el tiempo de explotación de la planta, con análisis de los recursos nacionales para garantizar gastos mínimos en la operación y funcionamiento de la tecnología.

El análisis de los aspectos tratados conjugados con los métodos de selección de tecnologías argumentará la mejor adquisición tecnológica, los cuales están sustentados por un estimado preliminar del costo de inversión de la tecnología seleccionada, valorando su correspondencia con el financiamiento previsto. En caso de no satisfacer se buscarán nuevas variantes tecnológicas.

Por tanto, esta etapa consiste en escoger una tecnología que reduzca al mínimo sus riesgos en inversión y mercado, reafirmando la relación triangular de la adquisición de la tecnología con los mercados y la inversión.

- **Adaptación de la tecnología.**

En esta etapa, se analizan los elementos que hacen posible una mejor adaptación tecnológica, en el que se incluyen el cumplimiento de las premisas de una buena localización y de los factores que inciden en el éxito de la transferencia tecnológica relacionado a los problemas de Aptitudes del personal, Accesibilidad y Fortaleza para construir fábricas, hacer funcionar fábricas, para elaborar planes de fábricas y estudios técnicos en detalle y el acceso al equipamiento necesario ya sea para construirlos como para adquirirlos.

Con respecto a la localización, su análisis al transferir una tecnología es especialmente importante si la empresa ha crecido mediante un proceso de fusión y adquisición, la cual incide en el plan estratégico de la empresa combinada.

Los conocimientos de cómo se distribuyen los consumidores en un área geográfica dada, influirá tanto en la cuantía de la demanda como en la localización de la Empresa. Una buena localización puede contribuir a bajar precios, ampliar la demanda y evitar problemas que se derivan de una deficiente localización como son:

- La existencia de un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, con la necesidad de ampliar las instalaciones existentes en el lugar designado.
- La introducción de nuevos productos que conlleva una problemática análoga.
- Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones, otro tanto sucede cuando se producen cambios en la localización de la demanda.
- El agotamiento de fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones, este es el caso que se produce en empresas de extracción cuando al cabo de los años se agotan los yacimientos que se venían explotando.

- La obsolescencia de una planta de fabricación o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce en la creación de una nueva planta más moderna en otro lugar.
- La presión de la competencia, que para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas ya existentes.
- Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados, o en las condiciones políticas o económicas de una región son otras posibles causas de la relocalización o queden mal ubicadas con respecto a las demás.

Los motivos mencionados son los que pueden provocar la toma de una decisión en la localización de una Empresa.

El éxito de una buena localización y de los resultados del procedimiento que se ha empleado en la toma de decisiones depende en gran medida de los métodos y procedimientos que para la misma se emplean.

Una parte importante para adaptar eficientemente a las condiciones locales una tecnología es el acondicionamiento de la materia prima y de otros materiales de origen nacional que se consumen, dado a que estos en su forma natural u obtenidos de otras industrias no cumplen con los requisitos de calidad para ser procesados, y para ello se requiere el diseño de instalaciones auxiliares para su tratamiento.

Asimismo, el análisis de las necesidades energéticas y de agua y de las formas de obtención son partes importantes para adaptar una tecnología, pues para ello se necesitan conocer las fuentes, las cantidades y las instalaciones que serán diseñadas, incidiendo en gran medida en la inversión de la tecnología.

Lo anterior, puede ser conjugado con un análisis de integración del proceso, donde pueden estudiarse las variantes de contribución energética en la planta diseñada.

A estas consideraciones se adiciona el análisis de los factores técnicos, sociales y medio ambientales, teniendo en cuenta los recursos humanos, la fuerza técnica disponible en el lugar y los aspectos que posibilitan la preservación del medio.

Esta fase culmina con un estimado del costo de producción y de los costos inducidos, cuyos resultados ayudarán a tomar las decisiones correctas.

- **Desarrollo del proceso**

En esta etapa, se resuelven los problemas de la llamada ingenierización donde se incluyen los aspectos tratados de ingeniería de procesos y diseño que como tal no persigue investigar y buscar nuevos conocimientos, sino utilizar los ya establecidos e integrarlos en la búsqueda de soluciones técnicas y económicas a problemas planteados por la sociedad (**Colectivo GEST, 1999**), en la que se incluyen entre los más importantes, los siguientes elementos:

- ✓ Diagrama de flujo del Esquema tecnológico (Flowsheet): el cual, debe ser completado con toda la información de las reacciones químicas, grado de pureza, propiedades físicas entre otras.
- ✓ Definición primaria de las especificaciones de equipos y otros elementos del sistema: en este se resuelven los problemas de la integración material y energética del esquema concebido con el resultado final del dimensionamiento de las diferentes etapas y de los equipos
- ✓ Diseño de ingeniería de procesos y su automatización: Se detallan la complejidad de los aspectos constructivos y de selección de los equipos.
- ✓ Documentación técnica de puesta en marcha y manuales de operación.

Estos aspectos definen el diseño preliminar de la planta en una secuencia de las distintas operaciones unitarias que involucra el proceso de producción; finalizando con una evaluación económica que incluye el análisis de sensibilidad y riesgo de la inversión, lo cual, facilitaría el éxito en la toma de decisión.

Con respecto a esta última, específicamente el análisis de sensibilidad y el riesgo de la inversión, estos se incorpora dentro de la metodología planteada como elementos

novedosos que no están tratados en las que se aplican actualmente, solo concebidas desde el punto de vista del riesgo tecnológico.

Estos son dos aspectos, que identifican bajo qué consideraciones es factible y viable la tecnología asimilada en las condiciones del país receptor.

El seguimiento de este procedimiento, amortiguará las dificultades que pueden ser generadas por la complejidad de la transferencia tecnológica, conjugadas con el enfrentamiento de tecnologías envejecidas, insumos de materias primas importadas por no poseer la calidad requerida, la puesta en marcha, dificultades en la comunicación del proceso, su implantación entre otras.

En tal sentido, se han encontrado que muchos proyectos que habían comenzado en tiempo, hayan tenido un incremento de la producción significativamente menor a lo esperado, motivado por la planificación inadecuada, la pobre preparación y la incapacidad para adoptar la tecnología importada a las condiciones locales.

De esta manera, la tecnología debe adaptarse a las condiciones geográficas, climáticas, a un gasto de investigación y desarrollo para adaptar o mejorar el diseño y a establecer diseños apropiados que pueden facilitar la difusión de nuevas técnicas productivas. En particular en los países más atrasados, la actividad fundamental de investigación y desarrollo y los esfuerzos del gobierno en esta materia deben estar orientados hacia este tipo de actividad más que hacia el descubrimiento de técnicas y procedimientos más novedosos.

Por todo lo anterior se puede inferir, que la estrategia planteada responde a un **Modelo combinado y de procedimiento**, en el cual se han aprovechado las ventajas de los modelos mencionados en el Capítulo I, sobre la base de la recopilación de toda la información que se requiere para la tecnología en cuestión, con el objetivo de obtener una identificación más exacta de la misma y se conozcan en qué aspectos se debe profundizar para lograr una correcta adaptación tecnológica.

Además como proceso interactivo, analiza las necesidades del usuario, dando a conocer su disponibilidad, su argumento y conocimiento de la tecnología.

Como procedimiento, se brinda una estrategia que evalúa los elementos que involucra

cada fase en los estudios preliminares de esta transición, ayudando a tomar las decisiones más acertadas en cada situación, basándose en los métodos empleados para su evaluación.

2.2 Aplicación de la estrategia para adquirir y adaptar la tecnología de producción de Biocombustibles líquidos a partir de residuos sólidos industriales.

Según la estrategia planteada, el primer paso para adquirir nuevas tecnologías lo constituyen las necesidades y demandas de un producto, en este caso la Producción de biocombustibles para vehículos motores, los cuales son los vectores energéticos modernos ambientalmente aceptables, que han sido considerados en los nuevos escenarios tecnológicos, dentro de los cuales se menciona, la producción de Bioetanol a partir de los materiales lignocelulósicos y el Biodiesel de los aceites vegetales.

Dada la gran demanda de combustibles a nivel mundial, una producción de Biocombustible en cualquier escala y por pequeña que sea, tendrá un mercado seguro en cualquier parte que se oferte.

Para este trabajo se estableció una producción de 1,5 hl/d de Bioetanol para satisfacer principalmente las demandas de este producto como agente químico para la producción de Biodiesel fijado para 120 kg /d.

2.2.1. Adquisición y adaptación de la tecnología de producción de Bioetanol.

Una vez definida la capacidad de producción de la planta, se ejecuta en una primera fase la vigilancia tecnológica, para conocer los avances, las tendencias y las investigaciones que se realizan para mejorar la eficiencia de estos procesos, teniendo en cuenta sus barreras y limitaciones, donde se hace un estudio de patentes sobre esta temática, en el que han incidido las estrategias de búsqueda de la información en los aspectos legales, económicos y técnicos y de los resultados investigativos que se vienen desarrollando.

Como resultado de la misma, para el caso del Bioetanol, se pudo verificar que existe una gran cantidad de patentes obtenidas de las siguientes estrategias de búsqueda:

- *ESTRATEGIA #1: (wast* or garbag*) and ethan* + IPC C12P7*
- *ESTRATEGIA #2: ethan* and enzymat* and hydrol* + IPC C12P7*
- *ESTRATEGIA #3: "solid* wast*" and ethan*.*
- *ESTRATEGIA #4: ethan* + IPC C12P7.*

Estas estrategias se establecieron teniendo en cuenta, el producto a obtener, de las etapas del proceso que desea investigar, de las materias primas a utilizar y sus características, de donde se obtuvieron y se analizaron un total de 196 patentes en temas dirigidos hacia:

1. Pretratamientos a las materias primas, que sean baratas, mayor impacto al medio ambiente.
2. Empleo de Microorganismos con actividad enzimática celulolítica potente.
3. Procesos tecnológicos factibles económicamente que aprovechan la materia lignocelulósica a partir de varias materias sólidas residual.

Realizando un tamizado de las mismas, se logró conformar una tecnología para la producción de Bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos (Bagazo de caña de azúcar) que responda a las características y peculiaridades de Cuba como país en vías de desarrollo, para el cual se descartaron equipos con gran rigor en las condiciones de operación de alta presión y temperatura y complejidad de sus diseño que resuelven etapas críticas de este proceso como el Pretratamiento y la Hidrólisis.

Sobre las patentes seleccionadas se destacan aquellas que realizan innovaciones e investigaciones en el Pretratamiento de materiales lignocelulósicos y urbanos en las cuales se resaltan las diferentes etapas del proceso en cuestión (**US5135861, 1992**) (**WO9305186, 1993**), (**CN1431313, 2004**), (**US2002192774, 2002**), (**US6090595, 2004**) (**US20050165355, 2005**), así como de las etapas que conforman el proceso brindando vías, métodos y procedimientos para mejorar la eficiencia del mismo como es en la etapa de la Hidrólisis (**US20030109011, 2003**), Fermentación (sobre diferentes levaduras a usar) (**FR2496690, 1982**), (**US4985355, 1991**), (**US20050069998, 2005**), de los diferentes métodos para la obtención de Etanol a

partir de residuos sólidos (**WO9517517, 1995**), (**NZ278230, 1997**) y de equipamientos que pueden utilizarse en las etapas previstas para este proceso , entre otras.

Cumpliendo con lo establecido en la metodología, para lograr una buena adaptación de la tecnología, se garantizan las premisas que apoyan la selección de una tecnología apropiada y competitiva:

- Los recursos financieros facilitados por la Acción Estratégica Regional (ARE), para Centroamérica y el Caribe que responde a un proyecto de la RED CYTED relacionado con el Aprovechamiento de residuos agroindustriales mediante acciones de Desarrollo Sostenible. El proyecto propone desarrollar módulos didáctico-productivos o pequeñas unidades demostrativas, donde se utilicen desechos agroindustriales para la producción de energía y productos industriales y asegurar el efecto multiplicador en la región, estas instalaciones servirán para mostrar las tecnologías y para la capacitación de personal técnico y científico de todos los países involucrados del área.
- Las posibilidades del país para el completamiento de la planta, teniendo en cuenta la oportunidad de aprovechar instalaciones en existencias y necesarios para la planta concebida.
- Las experiencias que se tienen acumuladas y conocimientos para operar y producir alcohol y otros productos similares, como son las bases de conocimientos obtenidos de las Centrales Azucareros, Destilerías del país, así como en la construcción de equipos fundamentales para el proceso.
- La garantía de la materia prima disponible y necesaria, para la producción de Bioetanol y Biodiesel constituyen elementos esenciales para seleccionar correctamente la tecnología deseada.

La variante tecnológica fue el resultado de un análisis de alternativas, correspondiente a las etapas más críticas del proceso de obtención de Bioetanol, el Pretratamiento y la Hidrólisis, en la tabla 2.1 se muestra una comparación de los diferentes pretratamientos en función de los costos variables.

Tabla 2.1. Resumen comparativo de costos variables en la etapa de pretratamiento.

Pretratamiento	Organosolv	Acido. Diluido	Alcalino	Oxidación	Expl. con Vapor
C.Variables (\$/m ³ etanol)	545	3 010	470	1 890	340

Los procesos Organosolv se encuentran hasta el momento en estado de tecnologías emergentes y en plantas experimentales de baja producción (*Area M, 1998*), no obstante, el pretratamiento seleccionado para este caso fue el método Organosolv, que se caracteriza por ser un proceso que produce un sustrato que es altamente degradable por enzimas y microorganismos, donde los solventes orgánicos empleados son alcoholes como el metanol, etanol y n-butanol, los cuales son recuperables y reciclables.

Este es un método que presenta un costo elevado de la inversión como así lo reporta Cunningham (*Cunningham R, 1994*), no obstante, de la tabla 2.1 se observa que dicho método, presenta costos variables muy por debajo a los de ácido diluido y por Oxidación y comparativamente aceptable con el método alcalino y Explosión con vapor, por otra parte en la tabla 2.2 se muestran desventajas de estos últimos con el método seleccionado, además se ha corroborado que es un método que establece tecnologías más limpias, reducen los costos operacionales por concepto de usar el alcohol como solvente orgánico, el cual puede ser recuperado y se tiene experiencias con resultados favorables en la Deslignificación del bagazo.

Tabla 2.2 : Desventajas de los Métodos Alcalino y Explosión con Vapor con respecto a Método Organosolv.

Alcalino	Explosión de vapor
-----------------	---------------------------

<ul style="list-style-type: none"> • Degrada la Celulosa. • Genera residuales con alta carga contaminante 	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de inhibidores en la Hidrólisis. • Mayor temperatura y Presión. Mayor riesgo en la Operación.
---	--

Además, la adición de hidróxido de sodio a la mezcla agua etanol mejora la selectividad respecto a la lignina y la habilidad de deslignificación del etanol. Los solventes orgánicos reducen la tensión superficial del licor de pulpeo a altas temperaturas propiciando la penetración del álcali dentro de las fibras y la difusión de los productos disueltos desde las fibras hacia el licor. Simultáneamente el licor de cocción que emplea hidróxido de sodio degrada la lignina y también la previene de la condensación. Se ha demostrado, que al aplicar etanol en el licor de cocción los tiempos de digestión pueden reducirse de forma considerable (**González M, 2004**).

Para la obtención del crudo enzimático, la operación se fijó sobre la base de las técnicas de Fermentación en Estado Sólido, debido a que responde a una tecnología limpia, de bajo costo (inversión y operación) y tiene ventajas relacionadas con los requerimientos de agua, que para este caso se necesita una menor cantidad de este con respecto a otras técnicas a utilizar y de control del proceso, sólo dirigido a la eliminación del calor metabólico y a los productos gaseosos que se generan en esta etapa.

El microorganismo utilizado es un hongo de la especie *Trichoderma reesei*, el cual se ha aplicado al bagazo de la caña de azúcar con un mínimo de costo y con buenos resultados, donde el uso de enzimas purificadas, hace demasiado costosa la operación y su inversión, teniendo en cuenta, que se necesita una instalación para su producción y otra para la recuperación de las mismas, lo cual es solo factible para países con un buen nivel de desarrollo tecnológico.

El análisis de toda esta información hizo posible el establecimiento y fijación de un esquema tecnológico como se muestra en la figura 2.2, que sobrevive a las particularidades del país receptor para producir la cantidad prevista de bioetanol.

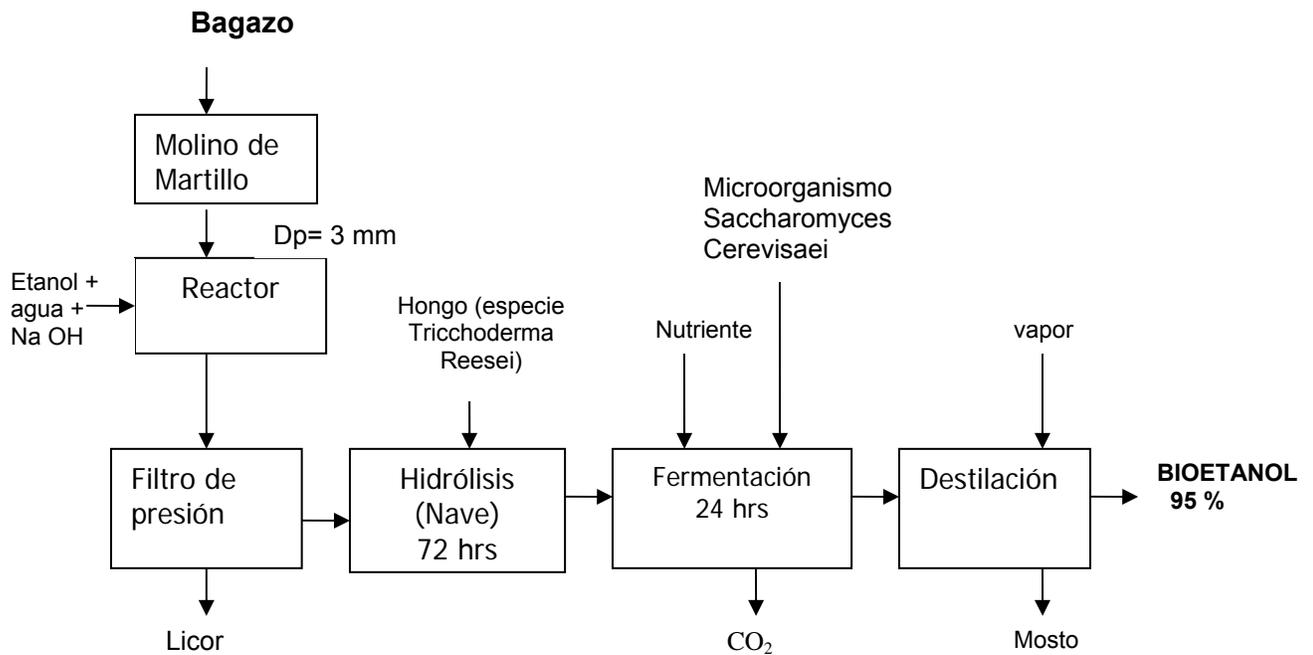


Figura 2.2: Etapas del proceso y equipos fundamentales

Por tanto, la tecnología seleccionada va a estar constituida por las siguientes etapas:

1. Pretratamiento del Bagazo:

Este consta de un molino de martillo que reduce el bagazo a un diámetro de partícula de 3 mm, lo que garantiza la superficie de contacto entre el sustrato y los microorganismos.

Aplicando el método Organosolv y empleando etanol como solvente, el bagazo se mezcla en una relación 5:1 (líquido/sólido) con una solución de agua y etanol que contiene Hidróxido de sodio, hasta alcanzar una buena homogeneidad (durante 10 minutos) en la misma y seguidamente, se le inyecta vapor a 175 °C, manteniendo una presión de 7 kgf/cm² durante 15 minutos, logrando deslignificar el bagazo bajo estas condiciones. Posteriormente es llevado al filtro a presión., como parte del garantizar las condiciones de humedad en la siguiente etapa.

2. Hidrólisis de la celulosa:

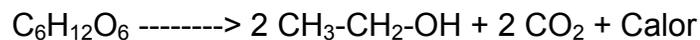
La Hidrólisis de la celulosa se realizará aplicando técnicas de Fermentación en estado sólido, con la utilización de un hongo de la especie *Trichoderma reesei* que

garantiza la conversión de la celulosa a glucosa. El bagazo pretratado con 70% de humedad será colocado en bandejas en un local (Nave) con el microorganismo seleccionado durante un tiempo de permanencia de 72 horas aproximadamente. En el mismo se deben garantizar las condiciones de operación de PH= 5 y de aire fresco para eliminar el calor metabólico.

Posteriormente se pasa a una prensa hidráulica para separar el hidrolizado que debe alcanzar una concentración de 12 g.l⁻¹.

3. Fermentación de los azúcares:

La transformación de los azúcares en alcohol se produce a través de una compleja secuencia de reacciones que puede expresarse, desde el punto de vista tecnológico, por la siguiente ecuación:



Teóricamente, por cada 100kg de glucosa se obtienen 51,1 kg de etanol y 48,9 kg de dióxido de carbono. En la práctica, el rendimiento real en etanol es menor que el valor teórico, ya que aproximadamente un 5% de glucosa es utilizado por el microorganismo para producir nuevas células y otros productos de su metabolismo

La conversión de los azúcares fermentables a etanol se realiza en los fermentadores, empleando la *Saccharomyces cerevisiae* como microorganismo para esta transformación, además se le añade Sulfato de amonio y Fósforo de amonio como nutrientes y se ajusta el PH entre 4,2 y 4,5. Esta etapa tiene una duración de 24 horas aproximadamente.

No obstante, para aprovechar el contenido de azúcar de la fracción de hemicelulosa y aumentar la producción de etanol, se pueden utilizar microorganismos capaces de fermentar directamente las pentosas como del tipo *Saccharomyces cerevisiae* recombinante

4. Destilación:

La destilación es una etapa que tiene como objetivo la separación del etanol y su concentración. Este se logrará a través de una destilación convencional que es la técnica usada a escala industrial para la producción de etanol al 95 %.

Para obtener el alcohol puro exigido, es preciso realizar una depuración de las fleamas, operación que se denomina rectificación y que en esencia es una destilación fraccionada realizada en una forma especial. En ella se consigue un alcohol puro de máxima concentración y la extracción de impurezas tan concentrada como sea posible.

Una vez que se ha seleccionado la alternativa tecnológica, se analizan los elementos para lograr un correcto y adecuado inicio de adaptación de la tecnología.

Un estudio de Localización de la planta concebida, señala que la misma debe ser construida aledaña a un Central azucarero, ya que brindará no sólo la materia prima barata y cercana, sino también los requerimientos energéticos y de servicio que necesita la planta para su operación.

Para este caso, se propone la Planta Piloto de la UCLV que garantiza los niveles de materias primas y de los servicios requeridos para el funcionamiento de la planta, al mismo tiempo una parte de la producción obtenida constituye una materia prima para la obtención de Biodiesel, el cual se obtendrá en una instalación que se ubicará muy próxima a dicha planta, lo que resulta ventajoso para ambas partes, además, desde el punto de vista estratégico, la instalación para la obtención del Bioetanol constituye una más, como parte de la diversificación azucarera en la Planta Piloto.

Por otra parte, se garantiza el cumplimiento de los factores para un correcto manejo de la tecnología, teniendo en cuenta las aptitudes y las fortalezas para elaborar la documentación, hacer funcionar fábricas de este tipo ya que se tienen las experiencias y los conocimientos con relación a ellas, así como la capacidad de construir equipos (La Universidad Central con sus instituciones de Proyecto y Planta Mecánica para acometer los trabajos constructivos) que pueden abaratar los costos de inversión de la planta.

Como resultado de una correcta localización, se garantizan las calidades y las cantidades de Bagazo y Cachaza para la producción diaria de los biocombustibles, las cuales no requieren de un acondicionamiento inicial para satisfacer las calidades que se exigen de los mismos. Otra modificación que tengan estas materias primas será concebida dentro de las etapas principales de este proceso.

Asimismo ocurre con los requerimientos de vapor, electricidad y agua que necesita la Planta que de acuerdo al lugar seleccionado, estos servicios se garantizan con lo que está instalado en la Planta Piloto no requiriendo de otras nuevas instalaciones.

El hecho de seleccionar una tecnología adecuada y competitiva se establecen las variables operacionales con el objetivo de lograr los resultados esperados en cada etapa del proceso que inciden en los aspectos económicos (consumos y gastos adicionales), Por último, desde el punto de vista ambiental, la tecnología seleccionada emplea y le da un lugar importante a los residuales sólidos de la Industria Azucarera como materia prima, en este caso el bagazo para la producción de Bioetanol, que aunque se obtiene beneficios en el ahorro de combustible fósiles cuando se utiliza para este fin, se han reportado valores significativos de contaminación al medio ambiente que evidencia un impacto grande de este recurso sobre la salud humana evaluado a través de el Ecoindicador del impacto en la categoría respiración de compuestos inorgánicos, producto del material particulado que se genera en la combustión del mismo, en el que se comprobó que el impacto es de 32100,00 puntos, muy superior a los ecoindicadores de las restantes categorías asociadas a los daños a la salud. **(Contreras A. M y Col, 2006)**

Por otra parte se ha incluido etapas de tecnologías limpias dentro del proceso evitando cargas contaminantes al medio como es el empleo del Método Organosolv y técnicas de fermentación en estado sólido.

Como decisión final, una estimación del costo de producción será una medida de cuan han sido los gastos del proceso de adaptación de la tecnología, evaluando los elementos que inciden directa e indirectamente en este indicador, como es el análisis de la materia prima, su transportación, aspectos ambientales y uso de los sistemas auxiliares, entre otros, los cuales afectan la producción de los productos principales.

2.2.2. Adquisición y adaptación de la tecnología de producción de biodiesel a partir de residuos sólidos de la Industria Azucarera.

La búsqueda de fuentes y tecnologías alternativas de energía debe ser una de las prioridades mundiales en los próximos años y décadas. Dos características de estas nuevas fuentes y tecnologías son esenciales: la minimización del impacto ambiental y la renovabilidad. Una de los problemas más frecuentes en este campo es la adaptabilidad de dichas energías a la vida cotidiana, ya que la transición hacia éstas lleva costos frecuentemente insuperables. Sin embargo, el desarrollo de los llamados biocombustibles, se presenta como una alternativa alentadora.

Con el propósito de aprovechar el valor agregado de los residuos sólidos de la industria azucarera, como alternativa energética de materia prima renovable, se ha corroborado que el aceite contenido en la cachaza una vez extraído puede ser utilizado para la producción de Biodiesel (**Villanueva, 2004**). Con respecto al aceite de este residual, no se tiene referencia alguna de su uso para la producción de Biodiesel, pero de acuerdo a sus características (**Casdelo N, 2004**), este puede ser empleado como materia prima para estas producciones, dando como resultados después de la transesterificación, al Biodiesel y a los alcoholes pesados. Esta variante constituye un aspecto novedoso al emplear el aceite extraído de un residual industrial para la producción de este biocombustible.

Como se planteó anteriormente, el Biodiesel es un combustible, obtenido a partir de aceites y grasas animales y vegetales. Este es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel, sin necesidad de modificación y como sus propiedades son similares al diesel de petróleo, se pueden mezclar ambos en cualquier proporción, sin problemas. Teniendo en cuenta que las energías renovables, como la que estamos tratando, son realmente las fuentes energéticas del futuro, en el sentido que por razones ambientales y económicas tenderán a sustituir el actual modelo energético, puede obtenerse el Biodiesel a partir de una materia prima renovable, la fracción grasa de los residuales de la caña de azúcar, ampliamente cosechada en nuestra área, generando una ganancia para el sector agrícola por el incremento del valor agregado de estos cultivos.

La fracción grasa procedente de la torta de los filtros de los centrales azucareros es un líquido viscoso de color verde oscuro y sabor característico, soluble en acetona a 25 °C, cuyo índice de saponificación está entre 100-150 mg KOH/g e índice de acidez de 27 mg/g. Comparado con otros aceites vegetales presenta alto contenido de fitoesteroles 4-6 %, que constituyen una materia prima importante en la producción de progesterona y otras hormonas de gran valor.

En la mayoría de las plantas se utiliza el metanol como agente transesterificante, sin embargo es posible usar el etanol a pesar de ser necesaria una mayor cantidad de este, lo que implica también una ventaja ambiental.

Siguiendo la metodología planteada, y como resultado del monitoreo acerca de las tendencias tecnológicas más recientes, se ha observado que la tecnología más adecuada para la elaboración de Biodiesel, es aquella que se basa en la transesterificación de los aceites usando etanol y hidróxido de sodio como catalizador, siendo esta la etapa crítica durante este proceso para el cual se deben garantizar las condiciones de operación y mezclado.

Las experiencias y ventajas de esta ruta tecnológica es reportada por Dalla Costa, (**Dalla Costa B. O y Col, 2004**), donde, el uso de etanol para la reacción de transesterificación es de interés no sólo por la utilización de otro recurso renovable, sino por las diferentes propiedades que le confiere al Biodiesel.

De esta manera, el producto obtenido a partir de grasas, presenta un menor punto de escurrimiento cuando se usa etanol respecto al metanol. La reactividad del etanol es muy diferente a la del metanol, tanto por una diferencia en la polaridad de la molécula, como por una mayor miscibilidad mutua que se tiene en presencia del etanol, donde una mayor miscibilidad implica mayor velocidad de reacción, dado que se eliminan o disminuyen los problemas de transferencia de masa. Por otro lado, el uso de NaOH como catalizador también conduce a una mayor velocidad de reacción.

Asimismo, Peterson (**Peterson Ch, 2003**), resalta el uso y las ventajas del etanol en la producción de Biodiesel, motivado a que es un derivado de los productos agrícola, es renovable y biológicamente tiene un mayor impacto al medio ambiente, además su

manipulación es más segura y reducen los efectos tóxicos al operario con respecto al metanol.

En nuestro caso, el aceite extraído de la cachaza, para la elaboración de Biodiesel, constituye una materia prima renovable que garantiza los niveles requeridos en cantidad y calidad, teniendo en cuenta que se tienen experiencias relacionadas con su extracción empleando diferentes solventes orgánicos (**Casdelo N, 2004**).

La transesterificación de estos aceites se garantizará con el etanol obtenido de la tecnología descrita anteriormente, a partir del bagazo de la caña de azúcar, que será absolutizado en una etapa posterior para que pueda ser utilizado en estos casos.

Dada esta situación, la tecnología seleccionada está constituida por las siguientes etapas:

1. Extracción del Aceite.

Esta etapa, tiene el propósito de extraer el aceite de la cera de la cachaza, utilizando nafta como solvente orgánico en una proporción de 200 g de cachaza por litro de nafta. La operación se realiza en un mezclador a 150 rpm y temperatura de 55 °C, por tres horas.

2. Recuperación del Solvente orgánico:

Esta sección ocupa un papel importante como parte de recuperar el solvente empleado para su reutilización, logrando hasta un 90 % de recuperación. Además se obtiene un aceite purificado, lo cual incide en la calidad del Biodiesel a obtener.

3. Deshidratación del etanol.

Esta etapa tiene el propósito de obtener la cantidad de alcohol deshidratado (99.8%) necesaria para la producción de biodiesel, el cual, se logra en una columna de Adsorción de cama fija utilizando zeolita natural.

4. Preparación del Etóxido.

Esta fase, consiste en preparar una solución de etanol obtenido de la etapa anterior con Hidróxido de sodio, el cual es el agente catalizador de la próxima etapa. La solución se prepara a una temperatura de 35 °C.

5. Etapa de reacción.

En esta etapa ocurre la reacción de transesterificación, donde se hace reaccionar al aceite extraído libre de solvente y el etóxido, de la misma se obtiene el Biodiesel y los alcoholes pesados, los cuales pueden ser aprovechados por otros sectores industriales.

Esta mezcla fuertemente cáustica es vertida en el reactor principal que contiene los lípidos fundidos. La reacción se realiza a 50 °C para agilizar la misma, y se mezcla vigorosamente para favorecer una reacción completa.

Después de transcurridos 50 minutos, se procede a una separación de los coproductos (los alcoholes pesados). Luego de separar la misma, el éster es lavado para eliminar jabones y otros subproductos de reacción indeseados, los cuales pueden contaminar el producto principal.

En el esquema de la figura 2.3 se muestran las diferentes etapas del proceso de obtención del Biodiesel a partir de la cachaza.

Para adaptar la tecnología seleccionada, se tuvieron en cuenta las cantidades necesarias para abastecer un lote de maquinarias agrícolas próxima a la Universidad Central de Las Villas, por esta razón la misma se localizará en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la propia Universidad, en él se garantizarán todos los requerimientos de servicios que necesita la planta como son vapor, electricidad y agua, así como una parte del equipamiento que será utilizado en la producción del biodiesel.

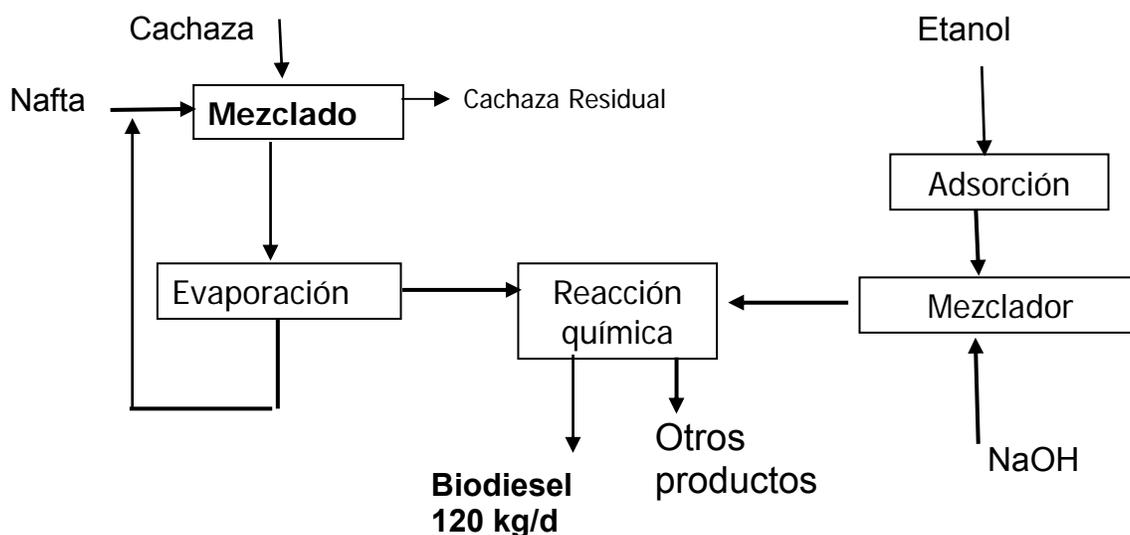


Figura 2.3 Etapas de producción de Biodiesel y sus corrientes

La materia prima (cachaza), a emplear lo aportará la Planta Piloto de la misma Universidad, garantizando las cantidades necesarias para la producción diaria de biodiesel.

Al igual que la planta de Bioetanol, el hecho de aprovechar un residual sólido de una Industria mejora el medio y evita su contaminación, que junto a la tecnología seleccionada, donde no se incluyen etapas que generen carga contaminante, se garantizan el cumplimiento de los factores ambientales.

2.2.3. Análisis de la producción combinada de Bioetanol, Biodiesel y coproductos.

Las plantas anteriormente seleccionadas y concebidas para la producción de Bioetanol y Biodiesel y localizadas en un mismo lugar, constituyen un aspecto esencial para que ambas se combinen y aprovechen la utilidad de los productos obtenidos. Un esquema de la integración de estas plantas es el que se muestra en la figura 2.4.

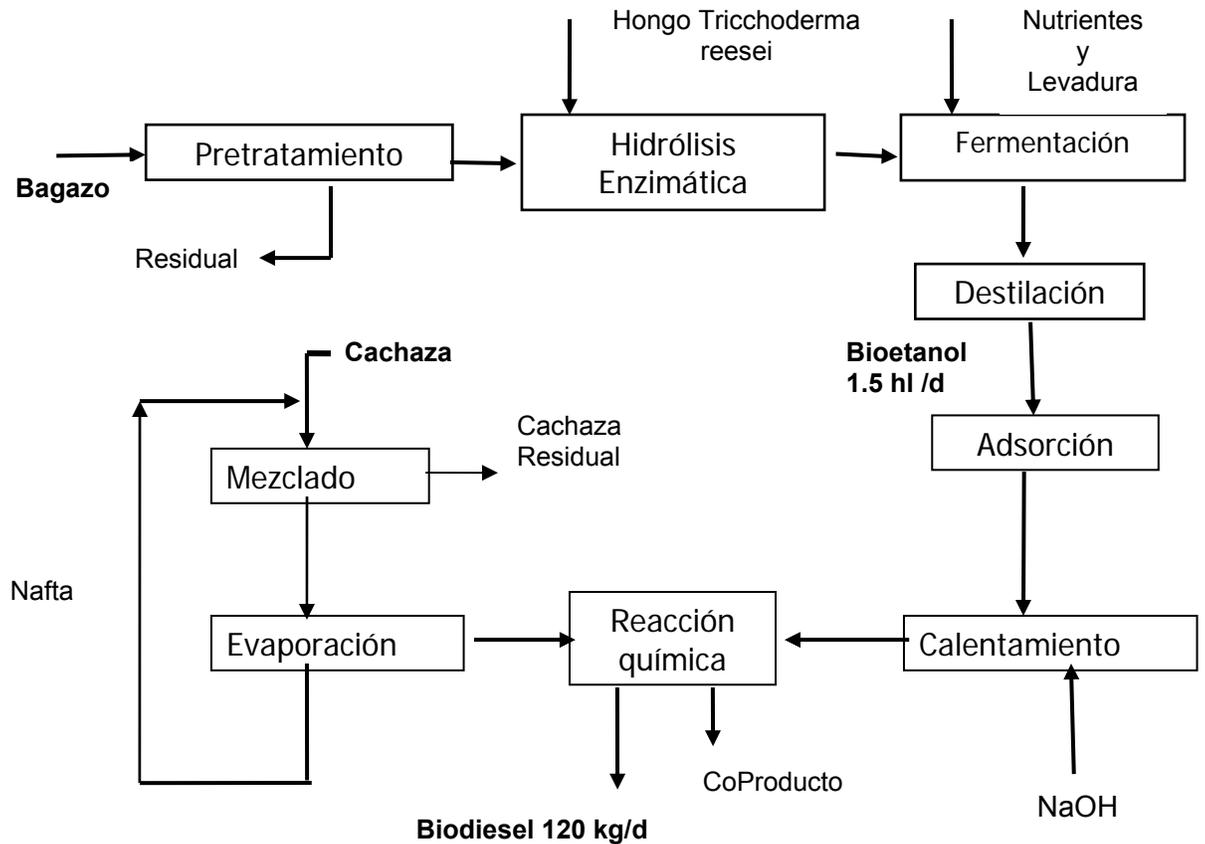


Figura 2.4 Esquema Combinado del proceso de Obtención de Bioetanol y Biodiesel

Se observa que una parte del Bioetanol producido será deshidratado y empleado para la producción de Biodiesel, la otra va dirigida hacia la reposición de las pérdidas de etanol en el pretatamiento del bagazo y el que resta es ofertado como materia prima para otras producciones de alternativas energéticas en estudio.

Es importante destacar que para lograr que la reposición de las pérdidas de etanol sean las mínimas posibles y se pueda recuperar todo el etanol utilizado en el pretatamiento del bagazo, por el método Organosolv, se deben tomar las precauciones para extremar las medidas de seguridad y evitar escape de etanol en las instalaciones que se tiene para los mismos.

Como resultado del pretratamiento realizado, se extraen la lignina, hemicelulosas y otros componentes del bagazo, formando un licor, el cual es separado del sólido a través de un filtrado a presión.

Como se ha señalado anteriormente, la lignina es el coproducto obtenido en este proceso y para el cual se le ha considerado un alto valor agregado. González M. (**González M. 2004**), propone una técnica de precipitación para la recuperación de la lignina que puede ser aplicada, seguida de sedimentación, centrifugación (o filtración) y secado. El resultado es un polvo fino marrón (**Lora J, 1992**). El contenido de alcohol del licor diluido es menor del 30% (entre 12 y 21%), su temperatura es menor de 60°C (entre 40 y 50°C), y su pH menor que 3 (entre 1,5 y 2,5). La lignina precipita con un alto rendimiento y elevado contenido de sólidos. La separación se realiza mediante sedimentación hasta obtener una pasta de 6 a 12% de sólidos, y posteriormente se centrifuga hasta formar una torta de 30-40% de sólidos, que finalmente se seca formando un polvo fino.

La utilización presente y futura de la lignina se basa en sus propiedades dispersantes, adhesivas y surfactantes. Sin embargo, su aprovechamiento se encuentra limitado con respecto a su potencial (**Area M, 1999**).

Los campos de utilización actuales de la lignina pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- Lignina como parte remanente de las pulpas en los procesos de alto rendimiento.
- Lignina como combustible.
- Lignina como fuente de productos químicos de bajo peso molecular.
- Lignina como compuesto polimérico.

Otros de los coproductos que presenta esta planta y que tiene un gran impacto en otros sectores como en la industria farmacéutica y en la industria de los cosméticos, son los alcoholes pesados que se obtienen como producto secundario de la transesterificación del aceite de cachaza.

Este coproducto, una vez que sedimenta y se separa del biodiesel, se seca para su uso posterior en las ramas industriales citadas.

2.2.4 Análisis de los consumos principales para las plantas de Bioetanol y Biodiesel

Como ya se ha señalado, las plantas de Bioetanol y Biodiesel serán localizadas en la Universidad Central de Las Villas, la primera en la Planta Piloto y la segunda en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

La Planta Piloto, enfrenta el reto de sostener su importante función investigativa, tiene una capacidad de molienda de 10 000 @/día de caña de azúcar (113,63 ton/d), la cual, consta de un equipamiento propicio para la producción de azúcar y en beneficio de otros procesos, donde se obtienen diferentes derivados y residuos sólidos (bagazo y cachaza), estos últimos son los que serán utilizados como materias primas en las producciones que en este trabajo se desarrollan.

Por otra parte, dicha Planta, además de garantizar los requerimientos especificados que demanda las necesidades de materia prima (bagazo y cachaza), también satisface las exigencias de las utilidades que requiere la planta de Bioetanol específicamente de vapor, agua y electricidad.

Con respecto al Laboratorio de Operaciones Unitarias, además de tener en existencia una serie de equipos tales como tanques con las capacidades necesarias para el procesamiento de los componentes que intervienen, reactores encaquetados y tanques para el almacenamiento, que pueden ser utilizados en beneficio de este proceso, este aportará la cantidad de vapor necesaria para las etapas que requieren de este servicio en la producción de Biodiesel, por medio de la caldera que se tiene instalada para los equipos de transferencia de calor de este laboratorio y la misma tiene una capacidad de producción de 700 kg de vapor/h

Contribución de la Planta Piloto y Laboratorio de Operaciones Unitarias a las Plantas de Bioetanol y Biodiesel respectivamente.

Tomando en cuenta la capacidad máxima de molienda de caña de azúcar de la Planta Piloto de 113,63 ton /d (10 000 @/d) y considerando en esta caña un contenido de

bagazo del 29 % y cachaza de un 4 % de la caña molida se tienen los siguientes resultados:

Cantidades de Materias Primas:

En la tabla 2.5 se muestran los resultados que aporta la Planta Piloto en función de las consideraciones para el bagazo y la cachaza.

Tabla 2.5 Cantidades de Bagazo y Cachaza que aporta la Planta Piloto

Materia Prima	Necesidades	Aporte
Bagazo	1,68 ton/d	32,95 ton/d
Cachaza	2,50 ton/d	4,54 ton/d

De la tabla 2.5 se observa que la cantidad de materia prima será bien satisfecha por la Planta Piloto para la capacidad prevista tanto para la producción de Bioetanol como para la de Biodiesel.

Cantidades de Vapor:

Las necesidades de vapor requeridas en las etapas de pretratamiento y destilación para la producción de Bioetanol, serán satisfechas por la Planta Piloto de la UCLV.

Para ello se realizó, un análisis de las instalaciones disponibles y de los consumos de vapor para toda la Planta Piloto, que como resultado se pueden producir 8 toneladas de vapor por hora y se tiene un consumo de 3.5 ton /d de este servicio para los equipos tecnológicos, por lo que las instalaciones presentes pueden suplir otras necesidades y para ampliaciones de la Planta Piloto como parte de la diversificación.

Para la planta de Bioetanol se tiene:

$$Q_v \text{ total} = Q_v \text{ pret} + Q_v \text{ dest.}$$

Donde Q_v es el consumo de vapor total, para el pretratamiento y la destilación, Según resultados alcanzados por González M (2004), para la deslignificación del bagazo con una mezcla de etanol, agua e Hidróxido de sodio y vapor con una presión de 7 kgf/cm² y temperatura de 175 °C, se puede determinar la cantidad de vapor que se

utilizó para realizar esta operación, los cuales, han sido determinados en los balances de materiales realizados correspondientes a estas etapas.

En la tabla 2.6 se muestra los resultados de los consumos de vapor para la etapa del pretratamiento y la etapa de destilación.

Tabla 2.6: Consumos y Necesidades de vapor para la Planta de Bioetanol

Servicio Planta Piloto (PP)	Producción total PP	Consumo Vapor Equipos. Tecnol. PP	Cantidad Vapor Disponibile	Nec. Vapor para el Pretratam.	Nec. Vapor para la Destilación
Vapor	8 ton/d	4,5 ton/d	3,5 ton /d	0.43 ton/d	2,41 ton /d

De la tabla 2.6 se observa que la cantidad disponible de vapor de la Planta Piloto satisface las necesidades de este servicio para producir 1,5 hl de Bioetanol diario.

En la Planta de Biodiesel, la cantidad de vapor necesaria para el calentamiento, lo suministrará la caldera de vapor de dicho Laboratorio, que con la capacidad de diseño 700 kg de vapor por hora satisface el vapor que requiere la planta de Biodiesel que es de 114 kg de vapor por hora.

Cantidades de electricidad y agua para las plantas concebidas.

Las cantidades requeridas de los servicios de electricidad y agua serán garantizados de la red nacional, tanto para la planta de Bioetanol ubicada en la Planta Piloto como para la planta de Biodiesel en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

De forma conjunta para ambas plantas, la cantidad total de agua a consumir es de 900 m³/a y un consumo eléctrico de 41 514 kWh/a

Conclusiones parciales:

1. La Adquisición y la Adaptación de tecnologías son dos fases que tienen elementos de decisión que inciden en los costos de inversión y de producción de la tecnología seleccionada, permitiendo al receptor evaluar la factibilidad de aceptar o no la asimilación de la tecnología.

2. Para dar inicio a los procesos de transferencia tecnológica en un país es necesario conjugar la satisfacción de los requerimientos naturales económicos y sociales de una determinada región y tener un potencial científico capaz de dar respuesta a las dificultades que se presenten en el propio proceso de la transferencia tecnológica.
3. Para acometer trabajos de diseño, construcción y operación de una Planta, hay que tener en cuenta, los aspectos de mercado, tecnología, materias primas y el potencial científico, los cuales conjugados a los análisis de integración conducen al éxito de la asimilación de una tecnología.
4. Los resultados alcanzados de los estudios y análisis de las patentes de acuerdo a la estrategia trazada permitieron seleccionar y conformar el esquema tecnológico para la producción de biocombustibles, adaptándola a las situaciones y condiciones concretas de nuestro país.
5. La tecnología seleccionada y concebida, contribuye a resolver un problema ambiental por el aprovechamiento de residuales sólidos de la Industria Azucarera y está conformada por etapas que minimizan los residuos contaminantes al medio como el empleo de etanol para la deslignificación del bagazo y transesterificación del aceite y uso de enzimas en la Hidrólisis.
6. Las etapas críticas de la tecnología de obtención de Bioetanol a partir de biomasa, son el Pretratamiento del material lignocelulósico y la Hidrólisis de la celulosa, las cuales intervienen en el rendimiento de los azúcares obtenidos que en la etapa posterior incidirán en la producción de Bioetanol.
7. La tecnología conformada y desarrollada responde a las condiciones y al nivel del progreso tecnológico que presenta Cuba, estableciendo etapas de acuerdo a la experiencia y resultados alcanzados en procesos y plantas similares.

CAPITULO III. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ETAPAS DEL PROCESO. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

3.1 Dimensionamiento de los equipos seleccionados para la producción de Bioetanol y Biodiesel.

En la concepción de un Esquema tecnológico, se debe aprovechar el empleo más amplio de las ventajas existentes sobre las condiciones de producción, para lograr una adaptación más efectiva a las nuevas condiciones materiales y energéticas y un equilibrio del medio ambiente, basado en la situación económica, presente y futura.

De esta forma, no sólo se logran efectos económicos imprescindibles para el aseguramiento energético y de materia prima sino efectos importantes para el mejoramiento de las condiciones de trabajo y de explotación más efectivas de las materias primas secundarias, de utilización de los subproductos y de reducción de los daños al medio ambiente.

Por tanto, una vez seleccionada la ubicación de las plantas concebidas y se que hayan fijado los esquemas tecnológicos que satisfacen los requerimientos de la tecnología escogida en cuanto a su mejor adaptación, se procede, según la estrategia concebida en el Capítulo II, a desarrollar los aspectos básicos de la ingeniería de procesos, en el que se incluye, el dimensionamiento de los equipos fundamentales de cada proceso, a partir de los resultados de los balances de materiales para producir 1,5 hl de Bioetanol por día y 120 kg de Biodiesel por día.

3.1.1 Esquema y balance de capacidades para la producción de Biodiesel a partir de cachaza y Bioetanol del bagazo.

Según el proceso concebido y seleccionado, la producción de Biodiesel y Bioetanol se realizará tomando en consideración las cantidades de cachaza y bagazo que aportará la Planta Piloto de la Universidad Central de Las Villas, conociendo que para producir 120 kg/d de Biodiesel se necesitan 2,5 toneladas de cachaza por día y 1 688,66 kg/d de Bagazo para producir 1,5 hl/d de alcohol.

Una vez realizado el balance de capacidades en el sistema integrado Biodiesel – Bioetanol mediante un programa realizado en EXCEL y se fijen las condiciones de trabajo, se procede al dimensionamiento de las etapas seleccionadas para cada proceso.

El sistema integrado funcionará de forma discontinua, con el propósito de obtener un mejor control operacional de las etapas concebidas, para ello se tuvieron en cuenta las capacidades de producción prevista y las limitaciones que tiene cada proceso.

Para los procesos seleccionados, el dimensionamiento se ajustará de acuerdo al modo de trabajo de cada etapa y a la cantidad de material a procesar. La figura 3.1 muestra el diagrama donde están los resultados del balance de capacidades para procesar 2,5 toneladas de cachaza y producir 1,5 hl de alcohol, que es una cantidad suficiente para que sea utilizada como materia prima para la producción de Biodiesel y otros usos. En el **ANEXO VII** aparece el diagrama de flujo del sistema seleccionado.

3.1.2 Dimensionamiento de las etapas del proceso de producción de Biodiesel.

Para el caso del Biodiesel, se trabajará a batch realizando 5 lotes (batch) diario, de esta manera, los tamaños de cada etapa serán afectados por este factor, pues lo mismos se dimensionarán para procesar un lote o batch.

Basados en los resultados del balance de capacidades mostrados en la figura 3.1. y de las exigencias de cada operación, se determinaron las dimensiones de los equipos considerando que los mismos son de forma cilíndrica y con un sobrediseño del 30 % de la capacidad total (**Martyn S. R, 1999**), (**Peter's M, 2003**).

Cálculo de las dimensiones del equipamiento para producir Biodiesel.

- Tanque extractor de aceite:

Para esta etapa, se han concebido dos equipos de extracción de aceite, cada uno procesará 250 kg/d de Cachaza. Según experiencias realizadas al respecto, la cantidad de solvente (Nafta) es 3 l /kg de cachaza alimentada. (**Casdelo N, 2004**)

Teniendo esta consideración y conociendo que la densidad de la Cachaza es de 1,06 kg/l, densidad de la Nafta de 0,684 kg/l y lo que se alimenta, se definirá el tamaño de tanque extractor.

Por tanto el Volumen total alimentado es de $985,84 \text{ l} = 0,98 \text{ m}^3$. Para un 30 % de sobrediseño se tiene que el $\text{Vol}_{30\%} = 1,28 \text{ m}^3$, se fijó un diámetro de 1 m para un tanque cilíndrico.

Altura (H) = 1,64 m

- Tanque evaporador:

La capacidad del tanque evaporador se determinará para procesar toda la mezcla de aceite extraído y nafta utilizada como solvente de los dos tanques de extracción.

Lo que sale del Tanque extractor es:

$$\text{Mezcla}_{\text{aceite+nafta}} = \% \text{ Ext} * \text{cachaza} + \text{Nafta}_{\text{entra}} - \text{Perd}_{\text{nafta en cachaza}}$$

Donde : % Ext : 4,56% Extracción de aceite

$\text{Perd}_{\text{nafta en cachaza}} : 5\%$ Pérdidas de Nafta en cachaza

$$\text{Mezcla}_{\text{aceite+nafta}} = 498,75 \text{ kg} * 2 = 997,5 \text{ kg}$$

Conociendo las cantidades de entrada a esta etapa, la densidad del aceite 1,2 kg/l, la densidad de la Nafta 0,684 kg/l y las consideraciones de diseño de un equipo cilíndrico se tiene:

$$\text{Vol total} = 1\,397,05 \text{ l} = 1,39 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol}_{30\%} = 1,80 \text{ m}^3 \text{ y Diámetro} = 1,00 \text{ m}$$

Altura (H) = 2,30 m.

- Tanque almacenamiento de Nafta

La cantidad de Nafta estará en función de la cachaza que se procesa. Se conoce que son dos tanques de extracción y por cada kilogramo de Cachaza se utilizan 3 litros de Nafta.

De acuerdo con la figura 3.1 se tiene la cantidad Nafta para un tanque, por tanto:

$$\text{Vol total} = (2 * 513 \text{ kg}) / 0.684 \text{ l/kg}$$

$$\text{Vol total} 1500 \text{ l} = 1.5 \text{ m}^3$$

$\text{Vol}_{10\%} = 1,65 \text{ m}^3$ y tomando un Diámetro = 1,20 m y tanque de forma cilíndrica se tiene:

Altura (H) = 1,45 m.

- Tanque preparador del Etóxido

De acuerdo con las cantidades de entrada a esta etapa en la figura 3.1 y densidad del etóxido es de 0,9295 kg/l se tiene:

$$\text{Vol total} = 8,06 \text{ l} = 0,0080 \text{ m}^3$$

$\text{Vol}_{30\%} = 0,010 \text{ m}^3$ y tomando un Diámetro = 0,2 m, para un tanque de forma cilíndrica, se tiene: **Altura (H) = 0.33 m**

- Reactor Químico (Etapa donde ocurre la Transesterificación)

Considerando que se extrae 4,56 % de aceite de lo se alimenta de cachaza y de la cantidad de etóxido a utilizar para garantizar la transesterificación se tiene:

$$\text{Vol total} = 27,61 \text{ l} = 0,0276 \text{ m}^3$$

$\text{Vol}_{30\%} = 0,035 \text{ m}^3$ y tomando un Diámetro = 0,30 m

Altura (H) = 0,50 m

Los sistemas auxiliares de este proceso para el calentamiento y condensación se muestran en los **ANEXOS X y ANEXO XI**

3.1.3. Dimensionamiento de las etapas principales para la producción de bioetanol.

Para comenzar el dimensionamiento de las etapas principales del proceso de producción de Bioetanol, se determinó la cantidad de Bagazo que se necesita, para lograr los niveles de azúcares fermentables en el hidrolizado, para lo cual se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Composición del bagazo a procesar, como se muestra en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Composición del Bagazo

Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
42 %	28 %	30%

2. El 56% de la masa total de bagazo que se alimenta se obtiene en Azúcares fermentables cuando la eficiencia en la etapa de la Hidrólisis es de un 100 %.

3. El rendimiento de esta etapa (**CYTED, 2004**), se encuentra en un rango del 23 a un 57 %, lo cual, está en dependencia del método de pretratamiento y de su eficiencia.

4. Se parte de que el 50 % de este azúcar se convierte en alcohol en el proceso fermentativo.

Por tanto, si se toma un 23 % de eficiencia de la etapa se tiene:

- Cantidad de Azúcares Fermentables necesarias para producir 1,5 hl/d es de 217,5 kg/d.
- Considerando que el 50% del bagazo que entra, se convierte en azúcar fermentable, la cantidad de Bagazo a procesar es de 1 668,66 kg de bagazo /día.

De acuerdo al esquema tecnológico propuesto, se dimensionan las 4 etapas fundamentales: Pretratamiento del material lignocelulósico, Hidrólisis, Fermentación y Destilación.

Dimensionamiento de la Etapa del Pretratamiento

1. Molienda:

Constituye primera fase para el acondicionamiento de la materia prima y cumplimiento de las exigencias del proceso, con el propósito de lograr un diámetro de partícula de 3 mm, suficiente para garantizar la superficie de contacto del material lignocelulósico. Este se seleccionará, teniendo en cuenta, la cantidad de material que se molerá por hora.

Según la figura 3.1, la cantidad de bagazo a moler es de 1 688,66 kg/d, si se muele en dos horas, el flujo de materia prima es de 0,23 kg/s.

Con los valores que propone Rosaball (**Rosaball J,1989**), se elige un Molino de Martillo con las siguientes especificaciones, un flujo no mayor de 2,8 kg/s , Número de filas Martillo 6, eficiencia del tamizado 85 %, Potencia del motor 20,8 kW.

2. Reacción Química:

Esta es una segunda fase de la etapa de pretratamiento, en la cual, se dimensionará un reactor para lograr una prehidrólisis por el Método Organosolv. Este es un reactor a presión, que procesará todo el bagazo molido en dos lotes o bath .

Con los resultados obtenidos por González M. (**González M, 2004**) para el pulpeo del bagazo con etanol, en la Papelera Damují se obtuvieron los índices de consumo de vapor y licor blanco (mezcla de etanol + NaOH + agua) por bagazo seco en este propósito.

- Índice de Consumo de Vapor: $0,6 \text{ m}^3 \text{ vapor} / \text{m}^3 \text{ de Bzo seco}$
- Índice de Consumo de Licor blanco (LB): $0,78 \text{ m}^3 \text{ LB} / \text{m}^3 \text{ de Bzo seco}$.

A partir de los índices de consumo de vapor y licor, se determinaron las cantidades necesarias de estos para la etapa correspondiente a la prehidrólisis. Considerando que el bagazo seco es 47,7 % del total

Cant de vapor = **7,42 kg / d**

Cant de Licor Blanco = **2 114,4 kg / d**

Del Balance de masa en el reactor se tiene:

Bzo Molido + LB + Vapor = Bzo Pretratado

Bzo Pretratado = 3 800,47 kg/d

% Humedad del Bzo Pretratado = 77.80 %

Si el Vol de Bzo pretratado = $4,54 \text{ m}^3$

Para un 30 % de sobrediseño se tiene:

$V_{tr} = V_r + 0,3 V_r = 4,54 \text{ m}^3 + 0,3(4,54)$

$V_{tr} = 5,90 \text{ m}^3$

Procesando este volumen en dos partes, se tiene que la capacidad del reactor (Capr):

$Capr = V_{tr}/2 = 2,95 \text{ m}^3$

Para un Tanque cilíndrico y **Diámetro = 1,35 m**

Entonces: **Altura = 2,06 m.**

Una vez que el bagazo ha sido pretratado, se lava y con un filtro a presión se separa del licor formado hasta obtener una humedad del 70 %, condición para llevarlo a la siguiente etapa.

Dimensionamiento de la etapa de la Hidrólisis:

Esta operación se efectúa en un almacén o nave, donde el sólido con un 70 % de humedad se colocará en bandejas, las cuales, ocuparán un área donde se garanticen las condiciones de operación y recirculación del aire.

Fijando un espesor de la cama de sólido en 25 cm, se garantizará la acción del hongo como parte de convertir la celulosa en glucosa, así como la eliminación del calor metabólico que se genera en este proceso y del mantenimiento de la humedad.

Si la masa del Bagazo Pretratado es 2 813,61 kg/d y la $\rho_{\text{Bzo pret}} = 778 \text{ kg/m}^3$, se tiene:

Vol del sólido pretrat es de **3,62 m³**.

Para determinar las necesidades de superficie (Superf) y depositar el sólido, en un área que asimile todo el bagazo pretratado, se tiene:

$$\text{Superf} = (\text{Vol}_{\text{solpre}} / \text{espesor de la cama}) = (3,62 / 0,25) = 14,47 \text{ m}^2$$

Dimensiones del Almacén, considerando Largo = 2 * ancho

$$\text{Superf} = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$\text{Largo} = (2 * \text{Superf})^{1/2} = 6,13 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 3,07 \text{ m}$$

Dimensionamiento de la etapa de Fermentación:

El dimensionamiento de esta etapa se realizó, teniendo en cuenta la cantidad de batición o fermento que se necesita para producir 1,5 hl de bioetanol.

Este se determinó sobre la base de los resultados del balance de materiales realizados en la etapa de destilación, los cuales son mostrados en la figura 3.2.

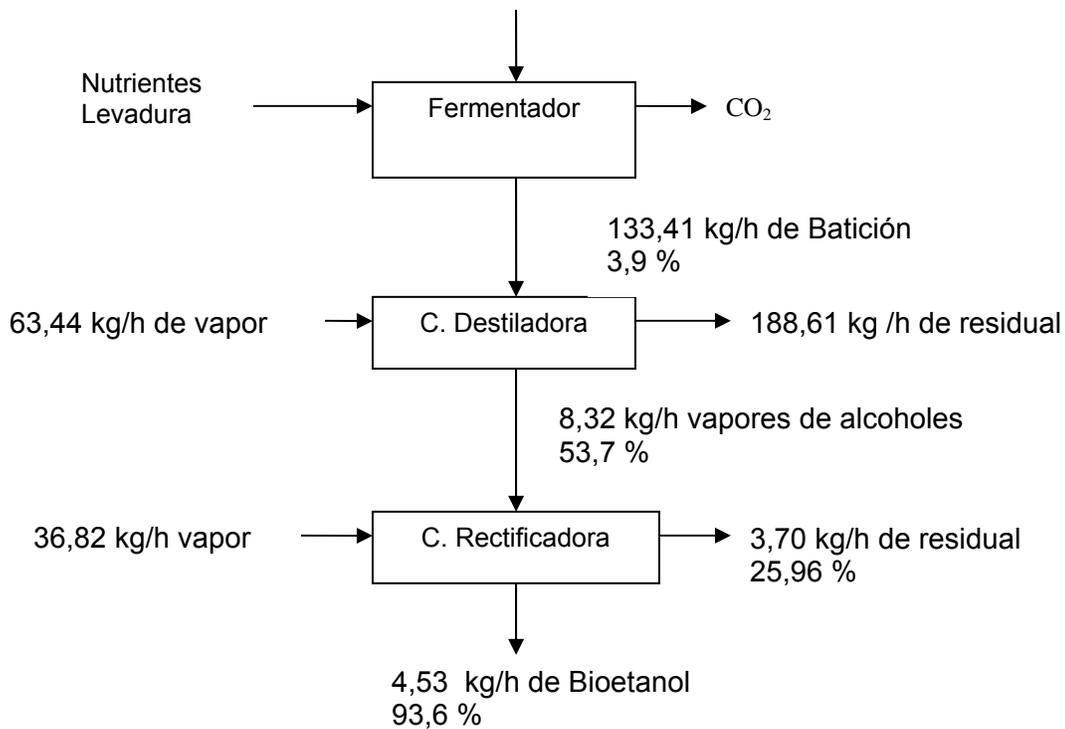


Figura 3.2 Diagrama de los resultados del balance de materiales en la etapa de destilación para producir 1,5 hl de bioetanol diario (4,53 kg/h).

Si se tiene que el volumen de batición es $3,26 \text{ m}^3/\text{h}$ (133,41 kg/h) y con un sobrediseño del 30 % ($4,25 \text{ m}^3$), se determina la altura del fermentador (H_f) igual a 2,41 m, fijando una altura de (D_f) a 1,50 m.

Dimensionamiento de la etapa de destilación:

Todos los esquemas de rectificación se basan en los mismos principios y todos incluyen de una manera u otra las columnas destiladora y las rectificadoras, estas últimas para alcanzar el grado alcohólico deseado, y eliminar a su vez productos de cola.

En el esquema seleccionado para la planta, se proyectaron dos columnas, una destiladora (CD) y una rectificadora o de alto grado (CR), que concentra los vapores alcohólicos (VA) que salen de la destiladora, para obtener un alcohol de 95° GL el que luego se deshidratará mediante tamices moleculares para obtener el alcohol absoluto, necesario para el biodiesel.

Para la columna destiladora se seleccionó una columna de platos perforados de diámetro de orificios de 4,5 mm, por traer la batición algunas partículas disueltas y para la rectificadora por la pequeña capacidad una columna rellena con anillos rasching cerámicos de ¾ plg. Los datos seleccionados para el diseño fueron:

Para la columna Destiladora:

Composición de la alimentación: $X_F = 5^\circ\text{GL} = 3,9\% \text{masa}$

Alimentación de vapor vivo con presión de $1,4 \text{ kg/cm}^2$

Composición del vapor del tope: $X_{VA} = 60^\circ\text{GL} = 53,7\% \text{masa}$

Composición del residuo o vinaza: $2 \times 10^{-3} \% \text{masa}$.

Por el balance de materiales en toda la planta se determinaron los flujos de las corrientes y algunas de las composiciones, como fueron las de las colas o residuos. Siendo los flujos los siguientes:

Flujo de Batición F: 133,41 kg/h

Flujo de vapor de alcohol VA: 8,235 kg/h

Flujo de Vinaza: 188,6 kg/h

Para el cálculo del número de etapas teóricas en la destiladora, se aplicó el método de las ecuaciones de Kremser ya que se tiene que concentrar mucho el alcohol, se aplicó la ecuación 3.1 (**Treybal R, 1985**):

$$N_p = \frac{\log \left[\frac{x_m - x_w / \alpha (1 - \bar{A}) + \bar{A}}{x_w - x_w / \alpha} \right]}{\log \frac{1}{A}} \quad \text{Ec.3.1}$$

Donde: X_m es la composición de la alimentación X_F

X_w composición de la vinaza

$$\bar{A} = \frac{\bar{L}}{\alpha \bar{V}} \quad \text{y la volatilidad relativa } \alpha = \left[\frac{y^* (1 - x)}{x (1 - y^*)} \right]$$

L y V son los flujos de líquido y vapor en la columna

Para el diámetro se empleó el método del Pavlov (**Pavlov K, 1981**)

Un resumen de los resultados para la columna se da en la tabla 3.2

Tabla 3.2: Resultados del dimensionamiento de la Columna Destiladora

Variabes	Resultados
Número de Platos teóricos	6
Eficiencia de plato	0,39
Número de Platos reales	$16+4= 20$
Distancia entre platos	0,25 m
Altura	$4,75+0,5=5m$
Diámetro	0,30 m
Material de Construcción	Acero Inoxidable
Caída de presión/Plato	489,33 Pa

Para la columna Rectificadora:

Composición de la alimentación en forma de vapor: $60^{\circ}\text{GL} = 53,7\%$ masa

Composición del destilado en el tope: $95^{\circ}\text{GL} = 93,6\%$ masa

Composición del residuo o cola: $30^{\circ}\text{GL} = 25\%$ masa

Flujo de Alcohol Destilado: 4,5312 kg/h

Flujo de Cola en la rectificadora: 3,70 kg/h

Relación de reflujo R: 1,5 $R_{\min} = 4,88$

Para el cálculo de la altura de la columna se aplicó el método de la altura equivalente al plato teórico ya descrito. Se empleó para el cálculo del número de etapas teóricas el método de Sorel Lewis, el cual fue programado en Software Excel.

El método, es una modificación del Método del McCabe-Thiele, pero es analítico. Para su aplicación hay que conocer las ecuaciones que relacionan los datos de equilibrio y la línea de operación (LO) de cada sección por balances de materiales.

(1) Ecuación de la Curva de Equilibrio

$$y^* = -7.4256 * X^4 + 17.843 * X^3 - 14.79 * X^2 + 5.20 * X + 0.0862$$

(2) Línea Operación de la sección enriquecedora $y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{x_D}{R+1}$

(3) Línea Operación de la Sección empobrecedora $y_m = \frac{\bar{L}}{\bar{L}-W} X_m - \frac{W}{\bar{L}-W} X_w$

Para el diámetro se empleó el método del Treybal.

$$D = \sqrt{\frac{4 * G}{\pi * \hat{G}}}$$

Un resumen de los resultados para la columna rectificadora se muestra en la tabla 3.3.

Los equipos auxiliares, el condensador de la rectificadora y el calentador de la batición fueron calculados sobre la base de los consumos de vapor y programados en Software PSI, además el Sistema de flujo de esta sección. **(ANEXO VIII y ANEXO IX).**

Tabla 3.3 Resultados del dimensionamiento de la Columna Rellena

Variables	Resultados
------------------	-------------------

Empaque de Anillos Rasching cerámicos	3/4 pulg.
Diámetro	0.15 m
Número de platos teóricos sección enriquecedora	1.1643
HETP en la sección agotamiento enriquecedora	0,4360 m
Altura de la sección enriquecedora	3,64 m
Número de platos teóricos sección agotamiento	2
HETP en la sección agotamiento	0,3945 m
Altura de la sección de agotamiento	0,4 m
Altura total de empaque en la torre	4,04m.
Altura total de la torre	4,54m
Caída de presión en el empaque de la torre /m	69,44 Pa/m
Caída de presión en el empaque de la torre	280,53 Pa

En la tabla 3.4 y 3.5 se muestran un resumen de los resultados del dimensionamiento de los equipos del proceso.

Tabla 3.4 Resumen del Dimensionamiento de los equipos principales de la planta de Bioetanol.

Equipo	Etapas	Dimensiones
Reactor	Pretratamiento	Vol = 2,95 m ³ , Diam = 1,35 m Altura= 2,06 m
Tanque Lavador	Pretratamiento	Vol = 2,95 m ³ Diam = 1,35 m Altura= 2,06 m
Almacén (Galpón)	Hidrólisis	Area= 14,47 m ² Largo= 6,13 m Ancho= 3,07 m
Fermentador (2)	Fermentación	Vol = 4,25 m ³ Diam = 1,50 m Altura= 2,41 m
Destiladora (C. de Plato)	Destilación	Diam = 0,23 m Altura = 5,00 m No de platos =20
Rectificadora (C. Rellena)	Destilación	Diam= 0,15 m Altura= 4,54 m

Tabla 3.5 Resumen del dimensionamiento de la etapa del proceso de obtención de Biodiesel.

Equipos	Etapa	Dimensiones
Col. De Adsorción	Adsorción	Altura: 2,00 m Diámetro: 10,00 cm
Tanque Extractor de aceite	Extracción	Altura: 1,64 m Diámetro: 1,00 m
Tanque evaporador	Evaporación	Altura: 2,30 m Diámetro: 1,00 m
Tanque preparac. del Etóxido	Calentamiento	Altura: 0,33 m Diámetro: 0,20 m
Reactor Principal	Reacción química	Altura: 0,50 m Diámetro: 0,30 m Potencia Mezclado: 0,15 kW
Tanque Nafta	Almac. Solvente.	Altura: 1,45 m Diámetro: 1,2 m

3.3 Cálculo de los Indicadores económicos. Análisis Económico de la Inversión.

De acuerdo con la metodología propuesta, se procede a desarrollar la última etapa del procedimiento, correspondiente a la evaluación económica, la cual juega un rol importante en la toma de decisiones para el país receptor.

Una vez que se dimensionaron los equipos fundamentales de la planta, se efectuó el análisis económico del mismo, sobre la base de calcular el costo de inversión, el costo de producción y los indicadores de rentabilidad.

El estimado de los indicadores económicos como el costo de inversión, el costo de producción y los indicadores de factibilidad de la inversión se obtuvieron aplicando la metodología planteada por Peter's (**Peter's M, 2003**), los cuales fueron alcanzados utilizando un programa elaborado en EXCEL.

- **Estimado del Costo total de Inversión**

Para el estimado del costo total de Inversión, se determinó el costo del equipamiento, utilizado, el cual tiene gran incidencia en este, específicamente en los elementos que contiene la inversión fija, de esta manera se tiene que:

Costo Inversión Total = Inversión fija + Inversión de trabajo

Inversión fija = Costos directos + Costos Indirectos

En la tabla 3.6 se muestra el costo total del equipamiento utilizado para el sistema integrado Biodiesel – Bioetanol.

Costo del equipamiento:

Tabla 3.6 Listado de los equipos principales que integran la planta.

	Equipos del Sistema Integrado	Costo(\$)	N° eq	Total (\$)
1	Molino	5 600	1	5 600,00
2	Reactor	10 000	1	10 000,00
3	Tanque lavador	1 100	1	1 100,00
4	Almacén (Hidrolizador)	15 000	1	15 000,00
5	Filtro a presión	4 500	1	4 500,00
6	Fermentador	3 800	2	7 600,00
7	Destiladora	4 450	1	4 450,00
8	Rectificadora	6 700	1	6 700,00
9	Sistemas Auxiliares	1 960,10	1	1 960,10
10	Columna Adsorción	7 600	1	7 600,00
11	Tanque Extracción Aceite	10 000	2	20 000,00
12	Tanque Recep de EtOH	50	1	50,00
13	Tanque Evaporador	8 500	1	8 500,00
14	Condensadores	500	1	500,00
15	Tanque preparación Etoxido	600	1	600,00
16	Tanque Alm. Nafta	6 900	1	6 900,00
17	Reactor Enchaquetado	2 800	1	2 800,00
18	Bombas	1 800	1	1 800,00
	Costo del Equipamiento			105 660,14

Estimado del Costo total de la Inversión

El estimado del costo total de la inversión se realizó sobre la base del costo total del equipamiento, para el cual, se estimaron los aspectos que para la planta inciden en la Inversión fija y la inversión de trabajo. En la tabla 3.7 se muestran los resultados de este estimado.

Tabla 3.7: Costo Inversión del Sistema Biodiesel - Bioetanol

Elementos del Costo de Inversión	Costo (\$)
<i>Costos directos (CD)</i>	
Costo del Equipamiento	105 660,14
Instalación del Equipamiento	6 339,60
Instrumentación y Controles (Instalado)	2 113,20
Tuberías (Instaladas)	4 226,40
Sistemas Eléctricos (instalados)	2 113,20
Movimiento de terrenos	2 113,20
Costos totales directos	122 565,76
<i>Costos Indirectos (CI)</i>	
Ingeniería y Supervisión	4 226,40
Costos totales indirectos	4 226,40
Inversión fija (If) = CD + CI	126 792,17
Inversión de trabajo (Itrab)	2 113,20
Costo total de inversión = If + Itrab	128 905,37

El costo total de la Inversión para el sistema integrado Biodiesel – Bioetanol asciende a \$128 905,37, valor adecuadamente aceptable, teniendo como referencia valores de costo de inversión de plantas con factores de escala mayores, específicamente de etanol. (CEC, 2001), (Ullman F, 2003)

- **Estimado del Costo de Producción**

En el estimado del costo de Producción, para la obtención de los productos principales de las tecnologías propuestas, se tuvieron en cuenta, los gastos de materia prima,

mano de obra y requerimientos del proceso como resultados de las necesidades y los demás elementos se determinaron, según la metodología expuesta por Peter's. **(Peter's M, 2003)**

Costos de fabricación = Costos Variables + Costos Fijos + Costos exteriores

Costos Totales de producción = Costos de Fabricación + Gastos generales

La tabla 3.8 muestra los resultados de este estimado.

Tabla 3.8. Costo de Producción del Sistema Biodiesel – Bioetanol

Elementos de Costos	%	Base	Costo (\$/a)
Materias Primas	-	-	18 706,42
Mano de Obra	-	-	7 200,00
Supervisión	0,1	Mano de Obra	720,00
Requerimientos del Proceso	-	-	6 511,98
Mantenimiento y reparación	0,02	Inv. Fija	2 535,84
Suministros	0,1	Mto y Rep.	253,58
Cargos de Laboratorios	0,05	Mano de Obra	360,00
Costos Variables			36 287,83
Impuestos	0,01	Inv. Fija	1 267,92
Seguros	0,004	Inv. Fija	507,16
Amortización	0,066	Inv. Fija	8 368,26
Costos Fijos			10 143,35
Costos exteriores	0,5	MO+Sup+ Mto	5 227,92
Costos de Fabricación			51 659,10
Administración	0,15	MO+Sup+ Mto	1 568,37
Distribución y venta	0,02	C. Total Prod	1 108,90
Investigación y Desarrollo	0,02	C. Total Prod	1 108,90
Gastos Generales			3 786,18
Costos totales de Prod.			55 445,28

- **Indicadores de rentabilidad. VAN, TIR, PRD.**

Una valoración de la factibilidad de la inversión se realizó sobre la base del cálculo de los indicadores dinámicos el VAN, la TIR y el PRD, tomando una tasa de interés del 15%.

$$\text{Valor Actual Neto} = \sum_{k=1}^n \frac{\text{Flujodecaja}}{(1+i)^k} - \text{Inversión total}$$

A partir de esta expresión, además de obtener el VAN, se determina la TIR (Tasa de Rendimiento Interna), y el PRD (Plazo de recuperación al descontado).

Los resultados obtenidos se determinaron por un programa realizado en Excel, donde se evaluaron los indicadores económicos mediante la metodología planteada por Peter's (**Peter's M, 2003**), los cuales, están en correspondencia para este tipo de planta, en cuanto a su factibilidad solamente teniendo en cuenta la venta del producto principal.

La tabla 3.9 muestra los resultados de dicha evaluación y la figura 3.3 representa el perfil del VAN.

Tabla 3.9: Resultados de los Indicadores de la factibilidad de la Inversión

Indicador	Valor
Valor Actual neto (VAN)	- \$179 050, 61
Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	-
Plazo de Recuperación al descontado (PRD)	-

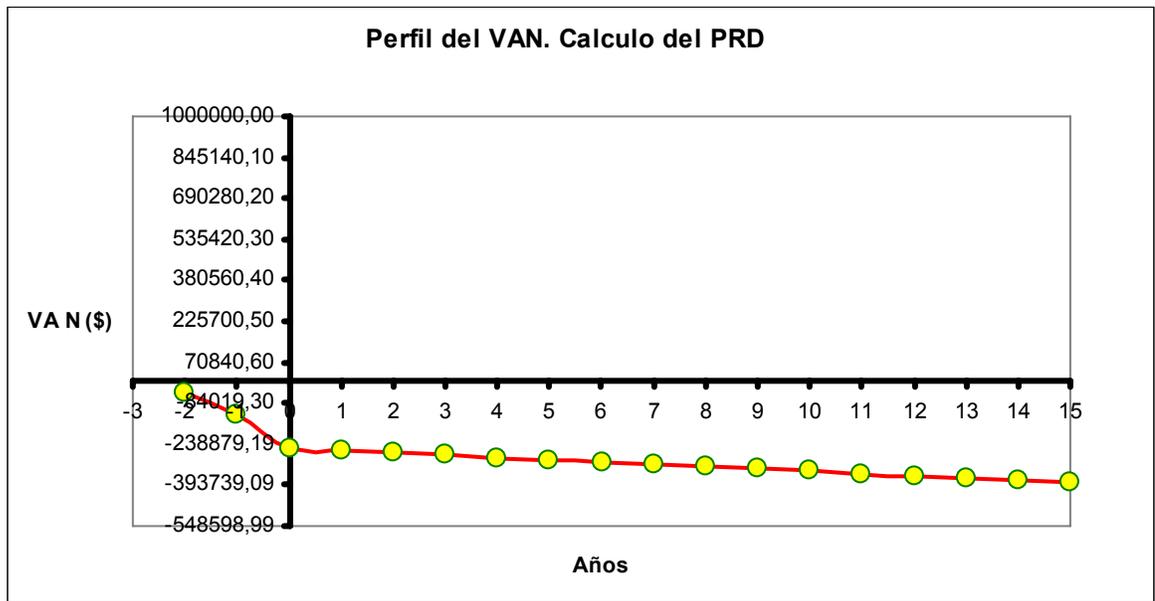


Figura 3.3 Perfil del VAN, para el Sistema integrado Biodiesel - Bioetanol

Los resultados negativos que se han obtenido son esperado, teniendo en cuenta que por lo general, estos tipos de plantas no son rentables, y más para pequeños factores de escala, no obstante, se deben analizar variantes, como la forma de aprovechar el valor de los coproductos que se generan en estos tipos de plantas y de reducir los costos de inversión, para que sumados todos los resultados, hagan posible la rentabilidad de la planta.

3.2.1 Análisis de los costos de inversión, costos de producción e indicadores de rentabilidad

Para lograr un resultado favorable, con respecto a su factibilidad, se realiza un estudio y análisis de los factores que inciden negativamente en estos indicadores. Uno de ellos es la separación de los coproductos para integrarlos a los ingresos de la planta total, específicamente el de los alcoholes pesados obtenidos en la producción de Biodiesel, los cuales, tienen un gran impacto en el campo de la salud y en la industria de los cosméticos, que según Casdelo (**Casdelo N, 2004**), estos pueden ser vendidos a precios que oscilan en un rango desde 11,38 \$/kg hasta 22,00 \$/kg.

Por otra parte, la posibilidad de aprovechar instalaciones existentes en los lugares donde se ha decidido la localización, hacen posible reducir los costos de inversión por

concepto de equipamiento a adquirir, lo que puede contribuir de manera positiva en la factibilidad de la planta.

Por último, un aumento de la capacidad de producción de la planta puede contribuir a un resultado favorable en este sentido.

Un análisis de esta situación ha motivado la valoración de dos alternativas de inversión y producción. Una primera variante que consiste en mantener la capacidad de producción inicial de la planta de Biodiesel y Bioetanol, buscando un ahorro en la adquisición de algunos de los equipos que componen la planta de Biodiesel y un aumento de los ingresos por concepto de venta de los alcoholes pesados como coproducto. Una segunda variante es valorar un aumento de procesamiento de materia prima en la planta de Biodiesel para aumentar su producción y obtener mayores ingresos por concepto de venta de productos y coproductos.

Análisis y estudios de las variantes formuladas:

VARIANTE 1: Mantener la capacidad de producción de Biodiesel y Bioetanol de 120 kg/d y 1,5 hl/d respectivamente y una reducción en los costos de equipamiento por sustitución de equipos similares en existencia y un mínimo de inversión para adaptarlos a las condiciones de operación que se exigen en cada etapa.

Teniendo en cuenta, el tamaño de los equipos, específicamente de la planta para obtener biodiesel y de la disponibilidad de algunos de estos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, pero con ligeras modificaciones para garantizar las condiciones requeridas de operación en aislamiento y sistemas de calentamiento, implican gastos en inversión, pero menores a lo previsto, se logra un significativo ahorro en los costos de inversión de la planta, que implica un resultado positivo para mejorar la factibilidad del proceso.

En la tabla 3.10 se muestra, donde se ha localizado el ahorro y las modificaciones a los equipos de la planta de Biodiesel.

Tabla 3.10 Listado de Equipos de la Planta de Biodiesel y sus adaptaciones

Equipos	Costo de Eq.	Gastos a realizar	Observaciones
C. Adsorción	\$ 7600	\$ 7 600	
T. Recep. EtOH	\$ 50	\$ 0	
T. Mez. Ench	\$ 20 000	\$ 7 000	Sist. Agit y Calenta.
T. Recep Nafta	\$ 6 900	\$ 0	
Evaporadores	\$ 8 500	\$ 5 400	Sist. Aislam. y Calent.
Condensador	\$ 500	\$ 0	
T. Mez Etox.	\$ 600	\$ 0	
Reactor Enchaq	\$ 2 800	\$ 2 800	
Bombas	\$ 1 800	\$ 1 800	
Totales	\$ 48 750	\$ 24 600	\$ 24 150

Con este resultado, se logra un ahorro significativo de \$24 150 del presupuesto inicial que ascendía a \$105 660,10.

Haciendo un estimado de los indicadores económicos para estas condiciones se tiene:

La tabla 3.11 muestra el costo de los equipos que se tienen que adquirir.

Tabla 3.11: Costo del equipamiento de la Variante 1

Equipo	Nº Equipos	Costo (\$)
Molino	1	5 600,00
Reactor	1	10 000,00
tanque lavador	1	1 100,00
Hidrolizador	1	15 000,00
filtro a presión	1	4 500,00
Fermentadores	2	7 600,00
Col Destiladora	1	4 450,00
Col. Rectificadora	1	6 700,00
Sistemas Auxiliares	1	1 960,10
Col Adsorción	1	7 600,00

Tque Mezc Enchaq	2	7 000,00
Tque Evaporador	1	5 400,00
Reactor Enchaq	1	2 800,00
Bombas	1	1 800,00

Costo total invertido en equipamiento: **\$ 81 510,10**

Obsérvese, que en este valor se han incluido, los costos de equipamiento para la planta de Bioetanol y las modificaciones que garantizan las condiciones y exigencias de cada operación en los equipos que existen y sustituirán lo de la propuesta inicial.

En la tabla 3.12 aparecen los resultados del completamiento del costo total de la inversión del Sistema integrado, según la metodología propuesta en el Peter's (Peter's M, 2003)

Tabla 3.12: Estimado del Costo total de la Inversión de la Variante 1

Elementos del Costo de Inversión	Costo (\$)
<i>Costos Directos (CD)</i>	
Costo Inversión del Equipamiento	81 510,10
Instalación del Equipamiento	6339,606
Instrumentación y Controles (Instalado)	2113,20
Tuberías (Instaladas)	4226,404
Sistemas Eléctricos (instalados)	2113,203
Movimiento de terrenos	2113,202
<i>Costos Directos Totales</i>	98 415,722
<i>Costos Indirectos (CI)</i>	
Ingeniería y Supervisión	4 226,404
<i>Costos indirectos Totales</i>	4 226,404
Inversión fija (If) = CD + CI	102 642,12
Inversión de trabajo (Itrab)	2113,202
Costo total de inversión = If + Itrab	104 755,32

En la tabla 3.13, se muestra las principales materias primas utilizadas en el proceso con su correspondiente costo, los cuales son iguales a los obtenidos en la variante inicial ya que se ha mantenido la producción de Bioetanol y Biodiesel.

Tabla 3.13: Costos de Materia Prima del proceso integrado.

Materias primas	precio \$/kg	Cantidad, kg/a	Costo \$/a
Bagazo	0,32	1 688,66	540,37
Cachaza	0,00	750 000,00	0,00
NaOH	0,49	6 929,69	3 395,55
Levaduras Nutrientes	1,50	4000,00	6 000,00
Nafta(lt)	0,19	45 000.00	8 770,0
Costo total de materia prima			18 706,42

Costos de Producción

Empleado las mismas relaciones de costos, planteado en la metodología de Peter's (Peter's M, 2003), se estima el costo de total de producción, el cual se muestra en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Resultado del estimado del Costo de Producción Variante 1

Elementos de Costos	%	Base	Costo (\$/a)
Materias Primas	-	-	18 706,42
Mano de Obra	-	-	7 200,00
Supervisión	0,1	Mano de Obra	720,00
Requerimientos del Proceso	-	-	6 511,98
Mantenimiento y reparación	0,02	Inv. Fija	2 052,84
Suministros	0,1	Mto y Rep.	205,28
Cargos de Laboratorios	0,1	Mano de Obra	360,00
Costos Variables			35 756,52
Impuestos	0,01	Inv. Fija	1 026,42
Seguros	0,004	Inv. Fija	410,56

Amortización	0,066	Inv. Fija	7 184,94
Costos Fijos			8 621,92
Costos exteriores	0,5	MO+Sup+ Mto	5 236,42
Costos de Fabricación			49 614,86
Administración	0,15	MO+Sup+ Mto	1 570,92
Distribución y venta	0,02	C. Total Prod	1 059,60
Investigación y Desarrollo	0,02	C. Total Prod	1 059,60
Gastos Generales			3 717,12
Costos totales de Prod.			52 979,98

En este caso, aunque la producción es la misma, se logró la reducción de los costos totales de producción con respecto a la variante original por concepto de amortización y de otros elementos que están relacionados con la inversión fija.

La tabla 3.15 presenta los resultados obtenidos en los ingresos por concepto de venta del Biodiesel, Bioetanol y de los Alcoholes Pesados que es coproducto de la producción de Biodiesel, observándose un incremento significativo con respecto a la variante original.

Tabla 3.15: Ingresos por Venta de Biodiesel, Bioetanol y Alcoholes pesados

Nombre	Precio	Cant. anual	Valor de la Prod. (\$/a)
Bioetanol	30,00 \$/hl	400,00 hl	12 000,00
Biodiesel	60,00 \$/hl	404,50 hl	24 270,00
Alcoholes Pesados	20,00 \$/kg	3 615,00 kg	72 300,00
Ingresos brutos			108 570,00

En la tabla 3.16 se encuentran los resultados de la evaluación de los indicadores para el estudio de la factibilidad y en la figura 3.4 el perfil del VAN para las condiciones de la Variante 1.

Tabla 3.16 Indicadores de factibilidad de la Variante 1

Indicador	Valor
Valor Actual neto (VAN)	\$ 237 566,83

Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	58 %
Plazo de Recuperación al descontado (PRD)	3,5 años

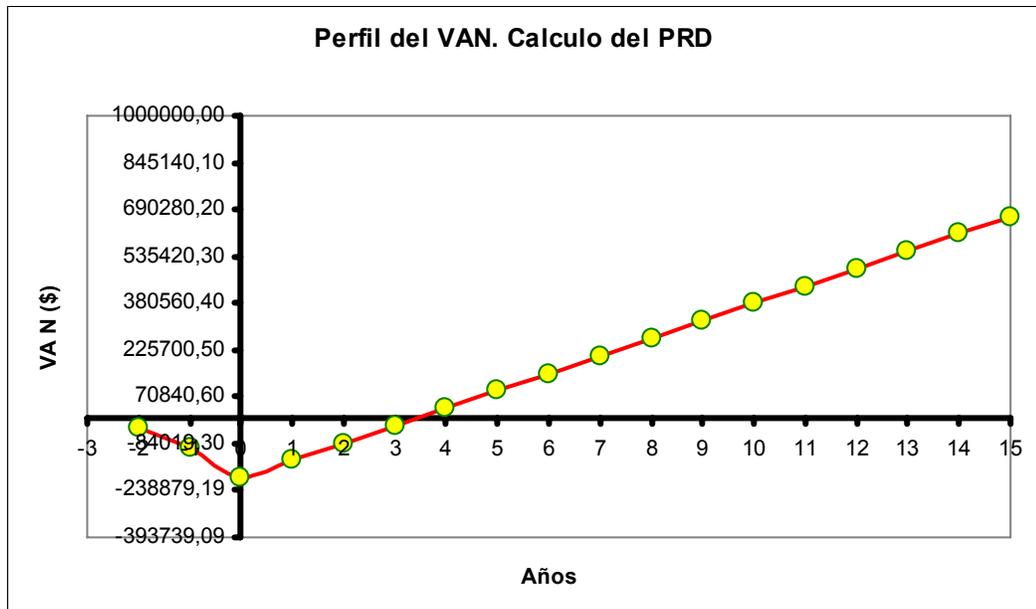


Figura 3.4: Perfil den VAN de la variante 1

Se observa, una mejoría significativa de los indicadores de factibilidad con respecto a la variante original, específicamente en el tiempo de recuperación de la inversión, como se aprecia la figura 3.3.

Un análisis del estudio de sensibilidad, teniendo en cuenta cambios en el precio de venta de los alcoholes pesados en el rango establecido se muestran en la tabla 3.17.

Tabla 3.17 indicadores económicos para variaciones del precio de venta de los alcoholes pesados.

Precio del Alcohol pesado (\$/kg)	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)
8	9 273,80	17	10,5
10	47 322,64	24	8
11,38	73 576,34	29	7

15	142 444,73	41	4,8
20	237 566,83	58	3,5
22	275 615,67	64	3

En este resultado, puede observarse como a partir de establecer un precio de 15 \$/kg para la capacidad diseñada la planta es económicamente factible, el cual esta dentro del rango de variación del precio de venta (de 11,38 a 22 \$/kg).

VARIANTE 2: Esta variante consiste en una propuesta de inversión en la planta de Biodiesel con respecto a la original, basada en un aumento de la capacidad de producción a 240 kg/d de Biodiesel y venta de los productos Biodiesel, Bioetanol y los Alcoholes pesados como coproducto.

En esta variante, para lograr el aumento de la capacidad al doble de la inicial, se requieren de nuevos equipos, que significan un aumento de la Inversión en equipamiento total del Sistema Integrado que asciende a **\$130 801,00**.

En la tabla 3.17 se muestran los resultados del Costo total de la nueva Inversión.

Tabla 3.17: Costo Total de Inversión de la Variante 2

Conceptos	Costos (\$)
Costo de Equipamiento	130 801,00
Instalación de equipos	7 848,06

Instrumentación y controles (instalados)	2 616,02
Tuberías instaladas	5 232,04
Sistema Eléctrico (instalados)	2 616,02
Movimiento de terrenos	2 616,02
Costos Directos (CD)	15 1729,16
Ingeniería y supervisión	5 232,04
Costos Indirectos(CI)	5 232,04
Inversión fija (Invfija) = CD+ CI	15 6961,20
Inversión de trabajo (Invtrab)	2 616,02
Costo Inversión total = Invfija + Invtrab	159 577,22

En la tabla 3.18 aparecen los costos en Materias Primas para el aumento de la capacidad.

Tabla 3.18 Costos de las Materias Primas para la Variante 2

Materias primas	precio \$/kg	Cantidad anual, kg/a	Costo anual de material prima, \$/a
Bagazo	0,32	1 688,66	540,37
Cachaza	-	1,5 x10 ⁶	-
NaOH	0,49	11 580,00	5 674,20
Levaduras Nutrientes	1,50	4000.00	6 000,00
Nafta(lt)	0,19	90 000	17 100,00
Costo de las materias prima			\$ 29 314,57

En la tabla 3.19 se muestran los resultados del estimado de los Costos totales de producción cuando hay un aumento de la capacidad de producción de Biodiesel.

Tabla 3.19 Costos totales de Producción de la Variante 2

Elementos	Costo (\$/a)
Materia Prima	29 314,57
Mano de obra	7 200,00

Supervisión	720,00
Requerimientos del proceso	8 165,53
Mantenimiento y Reparación	3 139,22
Suministros	313,92
Cargos de Laboratorios	360,00
Costos Directos (CD)	49 213,25
Impuestos	1 569,61
Seguros	627,84
Depreciación	10 359,44
Costos Fijos (CF)	12 556,45
Costos exteriores(CE)	5 529,61
Costos de Fabricación = CD+CF+CE	67 299,62
Administración	1 658,88
Distribución y venta	1 220,81
Investigación y Desarrollo	1 220,81
Gastos Generales	4 100,51
Costo total de producción	71 399,82

Se observa que hay un aumento de forma general en todos los elementos que forman el costo de producción con respecto a la Variante 1 y la original, motivado por un aumento de la producción de Biodiesel.

En la tabla 3.20 se presentan los resultados de los ingresos por las ventas realizadas de Bioetanol, Biodiesel y alcoholes pesados, estos últimos ahora en mayor cantidad, en lo que incide significativamente en un incremento en los ingresos totales del sistema.

Tabla 3.20 Ingresos por las Ventas realizadas en la Variante 2

Nombre	Precio,	Cant. anual	Valor de la Prod.(\$/a)
--------	---------	-------------	--------------------------

Bioetanol	30,00 \$/hl	215,00 hl	6 450,00
Biodiesel	60,00 \$/hl	830.890,00 hl	49 853,40
Alcoholes pesados	15,00 \$/kg	7 230,00 kg	108 450,00
Ingresos brutos			164 753,40

En la tabla 3.21 y figura 3.4 se ilustran los resultados del análisis y estudio de la factibilidad para estas condiciones.

Tabla 3.21: Valores de los indicadores de factibilidad de la Variante 2

Indicador	Valor
Valor Actual neto (VAN)	\$ 392 281,47
Tasa de Rendimiento Interna (TIR)	59%
Plazo de Recuperación al descontado (PRD)	3,2 años

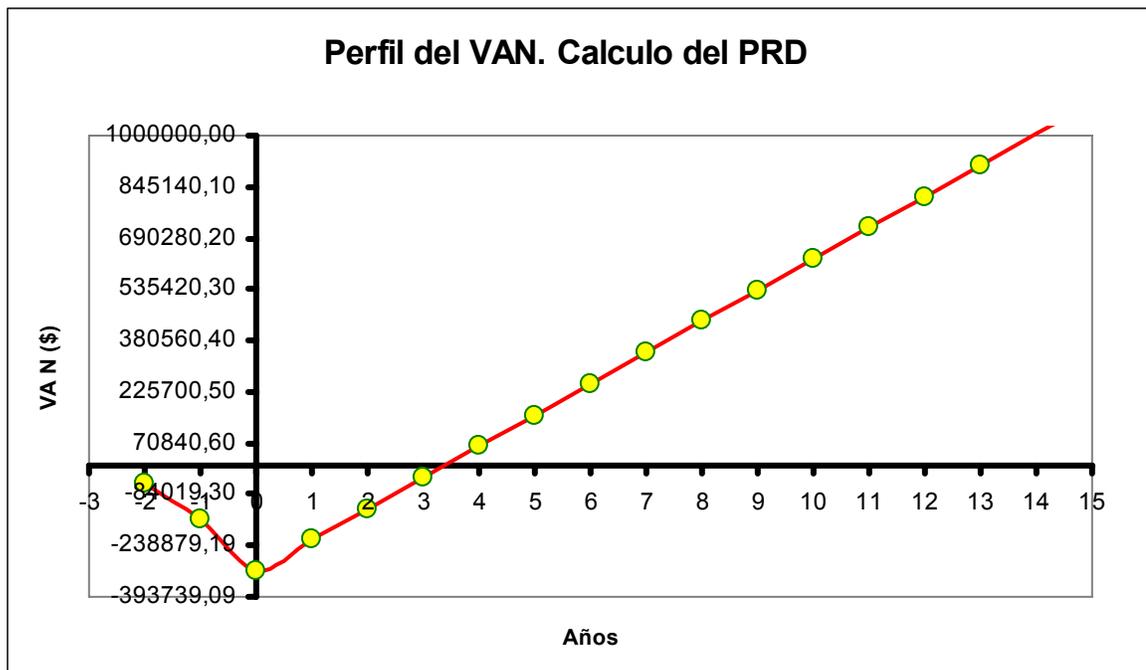


Figura 3.5: Perfil de VAN de la Variante 2.

Los resultados logrados en la Variante 2, son favorables, teniendo en cuenta en que se alcanza la viabilidad de la inversión, con valores ligeramente superiores a la

Variante 1, pero con la ventaja de establecer un precio de venta para los alcoholes pesados menor al fijado en la Variante 1.

En el estudio de sensibilidad, se refleja el comportamiento de los indicadores de factibilidad como consecuencia de las variaciones del precio de los alcoholes pesados, los cuales, se muestran en la tabla 3.22.

Tabla 3.22: Valores del VAN, TIR y PRD por variaciones del precio de los Alcoholes pesados

Precio de venta Alcoholes pesados (\$/kg)	VAN (\$)	TIR (%)	PRD (años)
8	125 939,61	30	6,5
10	202 037,28	38	5
11,38	254 544,68	44	4,5
15	392 281,47	59	3,2
20	582 825,65	80	2,4
22	658 623,33	88	2,1

Como puede observarse, con la Variante 2, se logran alcanzar resultados positivos, a partir de que el precio del coproducto tome valores mayores que 11,38 \$/kg, siendo este, el límite inferior en el rango para el cual se ha establecido el precio de los alcoholes pesados. En caso de establecer un precio de venta igual al de la Variante 1, los resultados son significativos con un tiempo de recuperación de 2,4 años.

Una comparación de los principales indicadores económicos de las variantes analizadas se muestra en la tabla 3.23.

Tabla 3.23: Cuadro comparativo de la Variante 1 y Variante 2

Indicadores	Variante 1 120 kg/d de Biodiesel	Variante 2 240 kg/d Biodiesel
-------------	-------------------------------------	----------------------------------

Costo de Equipamiento	\$ 81 510,10	\$130 801,00
Valor de la Inversión	\$104 755,32	\$159 577,22
Precio del Alcohol Pesado	20 \$/kg	15 \$/kg
Valor de la producción	108 570,00 \$/a	164 753,40 \$/a
Costo de Producción	59 979,98 \$/a	71 400,27 \$/a
PRD	3,5 años	3,2 años

El riesgo que se tiene de la inversión, tanto para la Variante 1 como para la Variante 2, está dado por los resultados que se pueden obtener por haber fijado un precio de venta para los alcoholes pesados.

Se observa que las dos variantes exhiben resultados favorables en los indicadores que se presentan. En el caso de la Variante 2, sus efectos positivos se logran con un precio de venta del coproducto menor que en la Variante 1, por lo que se corre un menor riesgo por la venta de este coproducto y en alcanzar viabilidad, lo que se afirma que un aumento de la capacidad de la planta, disminuye el riesgo a que la misma no sea factible, No obstante, para este caso se debe realizar un estudio sobre otra posible localización de la planta o un suministro de materia prima (cachaza), pues la disponible en la Planta Piloto no satisface para exigencias superiores de capacidades de producción, por lo que se debe realizar un análisis para tomar futuras decisiones en este sentido.

Como evaluación final de la metodología aplicada, se puede observar que la tecnología seleccionada puede asimilarse eficientemente logrando su viabilidad, teniendo en cuenta las formas de solucionar dentro del país las dificultades que presentan las mismas. Por otra parte, realizando una valoración de los mecanismos de transferencias a identificar, se infiere para este caso, la no necesidad de establecer ningún mecanismo ya que hay conocimiento y experiencias acumuladas en tecnologías similares, en la construcción y diseño de los equipos a utilizar y de contar con personal preparado para ello.

Conclusiones parciales:

1. La evaluación económica que se realiza en la tercera etapa de la metodología propuesta, permite obtener como resultado el dimensionamiento de los equipos principales fundamentados en el empleo de métodos de diseño correspondiente, permite visualizar los riesgos desde este punto de vista y el surgimiento de alternativas para que la planta sea factible.
2. Las etapas más costosas de las tecnologías de producción de Biocombustibles a partir de los residuos lignocelulósicos son el Pretratamiento e Hidrólisis en la producción de Bioetanol y la transesterificación catalítica en la producción de Biodiesel, dados estos por los costos de las materias primas, condiciones de operación y costos de equipamiento.
3. La venta de los coproductos, el aprovechamiento de equipos e instalaciones existentes en el lugar de localización de las plantas de Bioetanol y Biodiesel y el aumento de la capacidad de producción de Biodiesel, condujeron a alternativas económicamente viables que justifican el desarrollo de estas tecnologías.
4. La variante que incluye la reducción en los costos de equipamiento, responde satisfactoriamente a los requerimientos de materias primas y utilidades y su mayor riesgo de factibilidad está en los altos valores de precio de venta que hay que establecer en el coproducto los cuales están cercanos al límite superior.
5. La limitación en la capacidad de producción al nivel evaluado en la variante referida al aumento de la producción al aumento de la producción de Biodiesel constituye el riesgo principal de la misma dados por los incrementos previsibles que se tendrán en los costos de transportación de la materia prima cachaza.
6. La evaluación económica de las variantes evaluadas demostraron su factibilidad económica obteniéndose los siguientes resultados:
 - Variante que incluye reducción de los costos de inversión por equipamiento y venta del coproducto en la producción de Biodiesel. VAN = \$ 237 566,83, TIR= 58 %, PRD= 3,5 años.
 - Variante que incluye aumento de la capacidad de la producción de Biodiesel y venta de su coproducto: VAN= \$ 392 281,47, TIR= 59%, PRD= 3,2 años.

Conclusiones Generales:

1. Los Decretos y Resoluciones vigentes en Cuba para el desarrollo de los Proyectos de Inversión carecen de procedimientos fundamentados en los principios de la ingeniería de procesos químicos, para los análisis de vigilancia y selección de tecnologías, estudios de localización y análisis de sensibilidad y riesgo de inversión, lo cual ha provocado una incorrecta introducción de tecnologías en diferentes Industria Química.
2. La metodología desarrollada constituye una herramienta básica para guiar y evaluar los análisis preliminares de los Proyectos de Inversión de procesos químicos dado que incorpora la búsqueda de información a través del monitoreo de tecnologías, identifica los mecanismos de transferencia que pueden ser aplicado a cada caso y incluye los análisis de localización, sensibilidad y riesgo de la inversión como elementos imprescindibles para una eficiente asimilación de la transferencia tecnológica.
3. La metodología que se propone incluye fases de decisión, en las etapas de Adquisición de la tecnología, Adaptación de la tecnología y Desarrollo del Proceso, lo que permite analizar y evaluar diferentes alternativas de inversión y producción desde el punto de vista técnico económico.
4. La incorporación de la vigilancia tecnológica en la metodología desarrollada, permitió con mayor grado de actualidad y seguridad, la selección de la tecnología apropiada y de sus etapas, definiendo sus limitaciones y identificando las etapas más críticas, los cuales deben ser previstas y solucionadas en correspondencia a las condiciones del país y de lo que puede aportar al desarrollo de la tecnología.
5. Las exigencias que requiere la tecnología propuesta para la producción de biocombustibles a partir de residuos sólidos son satisfechas en nuestro país en cuanto a las materias primas que se necesitan, los requerimientos del proceso, adquisición y construcción del equipamiento apropiado y del conocimiento

acerca de la misma, por otra parte esta constituye un significativo aporte al proceso de diversificación de la industria azucarera.

6. Para las capacidades de producción que se han propuesto, este proceso de producción de Biocombustibles es factible, cuando se considera dentro de ingresos totales, la venta de los alcoholes pesados como coproducto de la producción de Biodiesel a partir de cachaza a precios que se encuentran en el rango establecido para ellos (11.38 \$/kg a 22 \$/kg).

Recomendaciones:

1. Que se aplique la metodología propuesta para la asimilación de nuevas tecnologías en la industria de procesos químicos de nuestro país.
2. Que se Introduzca en los Decretos y Resoluciones vigentes la vigilancia tecnológica, estudios de localización y análisis de sensibilidad y riesgo de inversión, para mejorar los procesos de asimilación de tecnología antes de adquirirla, con el propósito de prever sus limitaciones y deficiencias.
3. Que se instale y se monte en el lugar escogido la tecnología seleccionada como parte de desarrollar módulos didáctico-productivos, donde se utilicen residuos agroindustriales para la producción de energía y productos industriales, la cual servirá para mostrar las tecnologías, la capacitación de personal técnico y científico del país y se propicie el desarrollo diversificado de la Industria Azucarera.
4. Que se realice un estudio más detallado de las etapas de pretratamiento de la materia prima e hidrólisis para la obtención de Bioetanol a partir de los residuos sólidos, estableciendo soluciones para mejorar los rendimientos de estas etapas.
5. Que se utilicen otras materias primas celulósicas, lignocelulósicas, amiláceas o azucaradas que sirvan de suplemento para aumentar las cantidades de alcohol a producir y la rentabilidad.

6. Que se considere el coproducto obtenido de la producción de Biodiesel y se fomente su mercado para lograr y garantizar la factibilidad económica de la tecnología propuesta.

Bibliografía:

1. Aaker.D. ,Day G. "Investigación de mercados". Ed. McGraw Hill. 1994.
2. Ahring, B:K, et al. "Method for processing lignocellulosic material" 2002. Patente US20020192774.
3. Adames M. I. "Significado del precio".2002. <http://www.higna.com.do>.
4. Amed C. "Análisis de la demanda y el mercado de la producción de Carbonato de Sodio en Cuba y la factibilidad de la Inversión". Trabajo de diploma . 1998.
5. Anónimo III "Technology Transfer: An Overview" FutureScope 2000
6. Anónimo vig. "<http://www.madrimasd.org/vt/vt-ie/default.aspx>. 2003.
7. Area, M.C.; Valade, J.L., 1999, "Hacia una utilización integral de la madera: III. Revisión del potencial de aprovechamiento de las ligninas" El Papel (España), nº76, pp.58-63, abril/mayo.
8. Armenteros M, C. Transferencia de Tecnología. Dependencia o Aprendizaje. Segunda parte. Tecnología y sociedad. Gest. 1999.
9. Arriola J. "Los nuevos países industrializados. Transferencias Tecnológicas y subdesarrollo". Editora IEPALA (Madrid). 1988.
10. Arroyos A.M., Martínez E.S. " La vigilancia tecnologica fuente de generación de conocimientos. 2004. <http://revista.robotier.com>.
11. Ávalos, L. "Aproximación a la gerencia de la tecnología en la empresa". Martínez E. (editor). Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología. Editorial Nueva Sociedad. Caracas Venezuela. 1993.
12. Ávalos I G. "Transferencia de tecnología en Ciencia, Tecnología y Desarrollo. Interrelaciones teóricas y metodológicas". Ed. Nueva Sociedad.1994.

13. Bailon Moreno R. "Ingeniería del producto e Ingeniería del conocimiento."2003. Dpto de Ing. Química.Universidad de Granada. España. www.cognosfera.com
14. Bart, K. "Technology transfer: Ensuring marketable Inventions. Part 3". Chemical Engineerinf. 106(2):96.1999.
15. Behrman D. "Ciencia, tecnología y desarrollo. La aportación de la UNESCO". Editora UNESCO. 1979.
16. Bernal M. "Procedimientos para desarrollar estudios de mercados en Organizaciones". La Revista del empresario Cubano. 2005. http://www.betsime.disaic.cu/secciones/mer_so_05.htm
17. Bitter, R.: "Distillation some new data", Chemical Engineering 100 (11): 7-9, 1993.
18. Brizuela E. "Aspectos fundamentales del Diseño de Plantas Industriales". Tomo 1. Editora ISPJAE. 1987.
19. Bueno E. "Economía de las Empresas. Análisis de las Decisiones Empresariales" tomo 1. 1990.
20. Camps M.; Marcos F "Elaboración de biodiesel." Isbn: 84-8476-017-0 Editorial: Mundi-Prensa Descripción: Edición 2002; Págs. 366 journeytoforever.org.
21. Casdelo N. "Desarrollo de una tecnología integral de aprovechamiento de la cera cruda de caña". Tesis presentada para optar por categoría de Doctor. 2004, Universidad Central de Las Villas
22. Castro F. "Crisis económica y social en el mundo". La Habana.1983.
23. Castro Tato M . " Las etapas fundamentales de evaluación del proceso inversionista" Economía y desarrollo N° 60. Nov-Dic 1981.
24. CEC, California Energy Commission. "Evaluation of Biomasa to Ethanol fuel potencial in California", Octubre 1999.
26. CEC, California Energy Commission. "Costs and benefits of a Biomass-to-Ethanol Production industry in California". Marzo 2001.

27. CDE. Centro de Vigilancia tecnológica. 2004. “ Las respuestas a todas las preguntas sobre vigilancia tecnológica. <http://www.plantecnologico.com>.
28. CEPAE . “Como Hacer un estudio de Mercado”. Manual 6 Serie Información básica para Microempresas. Ministerio de industria y comercio. 2000.
29. CEPAL, Perspectivas De Un Programa De Biocombustibles En América Central Proyecto Uso Sustentable De Hidrocarburos. Naciones Unidas Comisión Económica Para América Latina Y El Caribe – Cepal. 2004.
30. Claire Sink Dr. Clyde W. Frank, EM's Fundamentals of Technology Transfer EM's Fundamentals of Technology Transfer.1998. <http://www.nttc.edu/maps/navbar.map>.
31. Colectivo de actores “Tecnología y Sociedad” Ed. Felix Varela. La Habana. 1999.
32. Contreras A. M, Rosa D. E., Dewulf J, Langenhove H., Perez G M. “Alternatives analysis of sugar production by means of Life Cycle Assessment “. Aceptado Simposio de Ingeniería Química. CHISA 2006.
33. Cunningham R. y Colectivo. “Etanol de lignocelulósicos. Tecnologías y perspectivas. Programa CYTED.1994.
34. CYTED. “Los estudios previos para minimizar la incertidumbre en la absorción de tecnologías que emplean la biomasa como fuente de productos químicos y energía”. 2004.
35. Dalla Costa B O., Pisarello M L., Querini C. A. “Procesos de Producción de Biodiesel: Uso de Materias Primas Alternativas y de Alta Acidez”. 2004.
36. Damerell G. L., Graves C.W., Groeriveld G. A. “Thechnology transfer in Practice”. Chemical Eng. Progress. Febrero 1983. Vol. 79. N° 2.
37. Directiva/CE.”Una estrategia de biocarburante en España 2005-2010”.Adapatación a los objetivos de las Directivas 2003/30/CE. Junio 2005
38. Douglas M. J. “Conceptual Design of Chemical Processes”. M^c Graw Hill Internacinal Editions. Chemical Eng. Series. 1990.
39. Dueñas Henry. Transferencia Tecnológica. Análisis Sectorial. Sociedad de la Información. CINTEL. 2002.

40. Enari, T.M. and Niku-Paavola 1987. CRC Crit. Rev. Biotechnol. 5, 67.
41. Encyclopedia (Wikimedia, 2006) , http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel_production
42. Escorsa Castell. P. De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva en las empresas.2002.
43. García, R; Valdés I. “Pesquizado de cepas termotolerantes en tres géneros de levaduras alcohólicas “.Primer Taller Internacional de producción de alcoholes febrero 3-5. 1997 TIPAL'97
44. GESOCYT (Grupo de estudio sociales de la ciencia y la tecnología) . “Problemas sociales de la ciencia y la tecnología” . Editora Felix Varela. 1994.
45. Green P. “Disposición para Asimilar la Tecnología” 2002. <http://www.aceproject.org/main/espanol/et/eta02.htm>, 2002
46. Gregg D., Saddler J:N: “A technoeconomic assessment of the pretreatment and fractionation steps of biomass to ethanol process. 1996. App. Biotechnol 57/58. 711-727.
47. González V., González E. y Ley N. “Análisis de inversiones y Proyecto de la Industria química” Tercera Parte.UCLV.1988.
48. González E., Hernández N. M., y otros. “La transferencia de tecnología en el desarrollo diversificado de la Industria de la caña de azúcar”. Centro Azúcar. No. 4. 2001.
49. González S. E, y Col. “Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos y farmacéuticos”. Cap. 6 pag 128-156. Ed. Científico Técnica. Habana 2005
50. González M. C. “Impacto global de una tecnología más limpia en la fabricación de papel para ondular”. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, 2004.
51. González W, León T. “Creación de un programa municipal de control y promoción de la propiedad industrial, la transferencia de tecnología y la innovación tecnológica

- en un municipio cubano”. Observatorio de la Economía Latinoamericana. No 49. 2005. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/>
52. Grant E. B. “Adapting Manufacturing processes for International transfer. Int. J Oper. Prod. Manage 17 (9-10) GB 1997.
53. Gest, Colectivo de Autores “Tecnología y Sociedad” . Ed.Felix Varela. La Habana. 1999
54. Guzman P.A. “ El Proceso Inversionista”. Editora Ciencias Sociales. 1987.
55. Haselbarth J. “ Updated investment cost for 60 types of Chemical Plant”. Chemical Eng. Dic.1967. Vol.74.
56. Hilbert J. “ EMPLEO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN MOTORES BIODIESEL”. Instituto de Ingeniería Rural. <http://www.biodiesel.com>. 2003.
57. Hernández J. P., Ley N. “ La Integración del Estudio de la Transferencia Tecnológica al Análisis Complejo de Procesos”. Centro Azúcar. Nro 3, 1999.
58. Henández J. P. y Col. “ Modelo para la caracterización de la Transferencia Tecnológica y Evaluación de tecnologías de Procesos Químicos”. Memorias de la Segunda Conferencia Internacional de Química” 2003. ISBN 959-250-080-0.
59. Herrera A. O. “ Ciencia y Política en América Latina” . Editores del siglo XXI. México 1971.
60. Hidalgo A. “Organización y gestión de la Innovación tecnológica”. Universidad Politécnica de Madrid. 1994.
61. Ho SPS.”Technology Transfer to China during the 80s. How effective some evidence from Liangsu” Pac aff. Spr,70(1). 1997
62. Holmes B. “Plant Location” . Plant Engineers Reference Book. 2003.
63. IBIS. “Technology Transfer: An Overview”. 1999. www.ibisl.com.
64. Instituto Andaluz de Tecnología “Metodología para la negociación en transferencia tecnológica (MeNeTT) para Pymes”. Sevilla – Barcelona, 2002.

65. Jiménez Jose M. Aspectos de la eficiencia en la transferencia de tecnología. Revista Tribuna de debate. www.evaltec.net. 2002
66. Jordá E. Evaluaciones de Inversiones Industriales". Ediciones Alhambras S.A. 1983.
67. Kac A. "Procesos de Biodiesel en dos etapas, Adaptación a dos etapas de la formula de Mike Pelly", 1998.
68. Katz J.M. " Importación de Tecnología, aprendizaje e Industrialización dependiente" México. 1986.
69. Kern D. Q. "Procesos de transferencia de calor". Edición Revolucionaria. La Habana. 1974.
70. Knothe G., Dunn R y Col. "Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels". 2001
71. Kister, H.Z.: "Complex Multicomponente Distillation", Chemical Engineering 92(10): 71-80, 1985
72. Kirk Othmer. "Encyclopedia of Chemical Technology . 2^{da} Edición. Vol. 1. 1963.
73. [Kotelnikov](#) V. "APCTT TECHNOLOGY TRANSFER. 2001 Ten3 Technology Transfer".
74. Klumpp Robert J. "Is decision-making a problem for you?". Chemical Engineering Julio 9. 1984.
75. Lauchy A. S. "Evaluación de proyectos de Inversión en la Industria. Consideraciones sobre el análisis de la demanda y el mercado". 1989. UCLV.
76. Larosa R. " Proceso para la producción de Biodiesel". Enero 2003.
77. Lenoir C. "Análisis de La Producción de Biodiesel" Univ. Católica Argentina. Fac. de Cs. Fisicomatemáticas e Ingeniería. Juncal 189, Martínez (1640), Buenos Aires, Argentina. 2004.

78. (Ley N , González E. y Col)² “Un modelo para la asimilación de tecnologías a partir de patentes de productos derivados de la Industria Azucarera”. Revista Centro Azúcar. ISSN 0253 5757. Número 1. 2006
79. (Ley N, González E y Col.)¹ “Premisas y criterios para la asimilación de una tecnología de producción de Bioetanol a partir de bagazo y residuos sólidos”. Revista Centro Azúcar ISSN 0253 5757. Número 2. 2006.
80. López N. “Análisis de alternativas para la integración de Plantas para la obtención de productos de alto valor agregado”. Tesis presentada para optar a la categoría de Doctor en Ciencias”. Septiembre 2005.
81. Lora J, Winner S. R., & Pye E. K., 1992, Industrial scale alcohol pulping. In: Lisius JD (ed) 1989 and 1990 Forest Products Symposium Proc., Tappi Press, Atlanta, p 35-39.
82. Lora, J.; Kendall, P., 1991, “The alcell process. A proven alternative to kraft pulping”. Tappi Journal, March.
83. Machado F. (1998), “Administración eficiente de la innovación tecnológica en los países en desarrollo”, *Comercio Exterior*, agosto, México D.F., México.
84. Martín C., Marcel M, Almazán O, Jonson L.J. Estudio de la inhibición de la fermentación de hidrolizados de bagazo de caña de azúcar para la producción de etanol combustible (2002).
85. Martyn S. R.; Martin G. S. Chemical Engineering Design Project. Cap. 6. Second Edition. 1999.
86. Matute M. A. “Seminario Taller sobre Transferencia de Tecnología en América Latina y el Caribe. Necesidades, Barreras y Oportunidades, El Salvador. 2000.
87. Macías R. “Economía de Empresas inversionista y financiación” .1992.
88. Maspons R. Innovación, Vigilancia e inteligencia. De la Vigilancia tecnología a la Inteligencia competitiva. 2000. <http://www.biomundi.pco.cu>.
89. Martinot E. “International technology Transfer for climate change mitigation and the cases of Russia and China. Annu Rev. Energy Enviroment.22,USA,357-401.1997.

90. Morandi J.L. "Estudio de mercado aplicados a microemprendimiento productivos". 2002. www.agrobit.com
91. Moreira Jose. R. Cuestiones Metodológicas y técnicas en la transferencia tecnológica. Habana. 2002.
92. Mosier N. "Features of promising technologies for pre-treatment of lignocellulosic biomass". Bioresource Technology 96. 2005. 673-686. www.sciencedirect.com
93. Naciones Unidas." Manual de proyecto de desarrollo económico". 1988.
94. Oldrich Mikus. Process Development and Technology Transfer in fine Chemicals projects. 6th Congress Word of Chemical Engeneering. 2001.
95. ONUDI. Colectivo de Autores. "Manual para estudios de viabilidad industrial". 1975.
96. Palop F, Vicente J.M. Vigilancia tecnológica. Documentos COTEC sobre oportunidades tecnológicas. 71 pp.1999.
97. Pavlov K., Romankov A., Noskov A. "Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas en la tecnología química. Editorial MIR. 1981.
98. Popritkin A. "Oferta y Demanda".2001. www.monografia.com/ofertaydemanda.htm.
99. Perry's J. H. "Chemical Engineering Handbooks". Tomo II. 5^{ta} edición. 2000
100. Peter s M. S., Timmerhaus K. D. "Plant Design and Economics for Chemical Engineering". 2003.
101. Peters.T. " Nuevas Organizaciones en tiempos de caos". Bilbao. Deustso. Ediciones . 2000.
102. Peterson Ch. "Development of the Biodiesel Industry". 2003. University of Idaho.
103. Pilot H. L. "Evaluating outside technology". Chemical Eng. Progress. Febrero 1972. Vol.62. N° 2.
104. Portuondo F. "Economía de Empresas Industriales". Tomo II. 1985.
105. Rahman Atiqur, Loulou Richard. "Technology acquisition with technological progress: efects of expectations, rivalry and uncertainty".2001. www.elsevier.com.

106. Reith J.H. "Co-Production of Bio-ethanol , electricity, and heat from biomass residues". 12th European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. June 2002. Amsterdam. The Netherlands.
107. Rebutisch Eric "New Insights Into the International Technology Transfer" Process. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA 02139. Technology and Innovation Management Division. 2002.
108. Reed T. "Elaborando Bio-diesel en la cocina". enlazando.com/energia. 1996.
109. Rase H. y Barrow M. "Project Engineering of Process Plant" N.Y. 1963.
110. Richard S. "Hall Estimating Process Equipment cost". Chemical Engineering. Vol.95. N° 17. 1988.
111. Rosaball J., Valle M. "Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas" Tomo II. Editora ENPES. La Habana. 1989.
112. Rodríguez D. Rodríguez J. "Un ejemplo de aplicación didáctica de las Nuevas Tecnologías". 2002.
113. Rodríguez N. O. "Fijación del Precio". 2000. <http://www>.
114. Rouse, -D.J.; O'Donovan-Dix, -M. Proceedings of the Technology Transfer Society Annual Meeting. Indianapolis, IN : The Society, c1990-. 1994. (19th) p. 345-348
115. Rudd D.; Watson Ch. "Strategy of process Engineering". Edición Rev. 1979
116. Sáenz T. W., García E. "Cuestiones de la Ciencia y la tecnología en Cuba. Editora Academia de Ciencia. 1981.
117. Sáenz T. W., García E. "La tecnología y la política científica nacional de Cuba" ACC. La Habana. 1988.
118. Sáenz T. La ingenierización e innovación tecnológica. Segunda parte. Tecnología y Sociedad. Gest. 1999.
119. Sapag N.C., Sapag R. "Preparación y evaluaciones de proyectos". 2^{da} edición . M^c Graw Hill. 1993.

120. Sardiñas Y. G, Martín B. "Estudio prospectivo de la Biotecnología en Cuba". 2005. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
121. Sarduy P. C. Ordenamiento de la transferencia de tecnología en la Provincia de Villa Clara a través de una estructura de Interfase CITMA/UCLV/Sector Empresarial. Tesis de Maestría en Gerencia de la Ciencia y la innovación. Enero 2004.
122. Serra, A., Poch, M., Solá, C., "Recuperación del etanol producido por fermentación a partir de biomasa. I Sistemas convencionales", Rev. Agroquím. Technol. Aliment., 27 (3), p.p. 361-372, 1987.
123. Share S. "Design cost factors for scaling up Engineering Equipment". Chemical Engineering. Agosto 1990.
124. Sinnott R. "General Considerators". Coulson and Richardson 's Serie. Chemical Engineering. Vol. 6. 1993.
125. Smith S. P. "The Selection of a plant site" Chemical Engineering Progress. Marzo 1955, Vol. 51, N° 3.
126. Stock G. N. , Tatikonda M. V. " A typology of project level technology transfer process. Journal Operations Management 18(2000). Pag. 719-737. (www.elsevier.com/locate/dsw).
127. Speight J. G. "Chemical and Process Design Handbook". McGraw-Hill. 2002.
128. Stratta J. "BIOCOMBUSTIBLES: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel" Agosto de 2000
129. Succar, Patricia "International Technology Transfer: A Model of Endogenous Technological Assimilation".. Journal of Development Economics. v26n2 PP: 375-395 Aug 1987.
130. Tapias H. "GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO Publicado en Revista Facultad de Ingeniería Diciembre de 2000 pags. 158 – 177. Universidad de Antioquia

131. Treybal R. "Operaciones de Transferencia de masa" Editora Revolucionaria. La Habana. 1985.
132. Ulrich G. "Diseño y economía de los Procesos de la Industria Química". Nueva editorial Interamericano S.A. México. 1986.
133. Ullmann F. "Enciclopedia de Química Industrial". Ind. Química Inorgánica. 2004
134. UNIDO "Manual on Technology Transfer Negotiation" Viena. 1994.
135. UNIDO "Evaluating and Selecting technology". http://www.technology4sme.com/ecach/technology_transfer/tech_evaluate_select_byunido.html. 2002
136. Urquijo J. L. "Evaluación de Proyectos. Análisis de decisiones financieras". Editora Pueblo y Educación. 1988.
137. Vekanta R. S. "Pauta para la evaluación de acuerdos de transferencia de tecnología ".Nro 12 Serie Desarrollo y transferencia de tecnología. ONUDI. 1987.
138. Veléz P.I. "Teoría de la decisión" 2001. http://www.javeriana.edu.co/decisiones/riesgo_incertidumbre_online/capitulo5.pdf
139. Vlasenko E, et al ."Methods for degrading lignocellulosic materials". . Patente US20050164355.
140. *Vicente C. G. Martínez R. M. y col.* "Biodiesel: una alternativa real al gasóleo mineral". Revista Ingeniería Química. Marzo 2001, www.alcion.es.
141. Villanueva G. " Planta piloto para la obtención de biocombustibles utilizando residuos sólidos". Proyecto Acción Estratégica Regional. 2004.
142. Vaz Rossell C.E y Col. " Saccharification of sugarcane bagasse for etanol production using the Organosolv process". Procs. ISSCT. Vol. 25. 2005.
143. Zerkowitz M. V. "Assessing Software Engineering.Technology Transfer within NASA". 1994. Industry association/government partnerships: a model for meeting industry-wide technology need

144. <http://www.biomundi.pco.cu>. “Análisis de patentes”. 2004

145. <http://www.concytec.gob.pe/redtec/vigilancia.html>. “ La Vigilancia tecnológica”. 2003.

Decretos y Resoluciones para el desarrollo de los Proyectos de Inversión consultados:

1. Decreto No 5/1977 sobre Reglamento del Proceso Inversionista.
2. Decreto No 105/1982 sobre Reglamento para la Evaluación y Aprobación de las Propuestas de Inversión y de las Tareas de Inversión.
3. Decreto No 57/1979 sobre Reglamento para la Evaluación y Aprobación de Proyectos Técnicos de Obras.
4. Resolución 157/98 sobre el Perfeccionamiento de las Regulaciones Complementarias del Proceso Inversionista,
5. Resolución 13/ 98 que establece los requisitos básicos para la fundamentación, evaluación y dictamen de la transferencia de tecnologías,

Patentes consultadas:

1. CN1431313. “Technique for producing ethanol by using harmless recycling resources of domestic garbage turn compost”.2004.
2. US6090595. “Pretreatment process for conversion of cellulose to fuel ethanol”. 2004.
3. WO9305186. “Process for Disposal of municipal waste and manufacture of fuel alcohol”. 1993.
4. WO9517517. “Commercial ethanol production process”. 1995.
5. US2002192774 “Method for processing lignocellulosic material”. 2002.
6. US20030109011, 2003,
7. FR2496690, 1982,
8. US4985355, 1991,
9. US20050069998 “Procedure for the production of the ethanol from lignocellulosic biomasa using a new heat tolerant yeast”.
10. WO9517517, 1995,
11. NZ278230, 1997.

ANEXO I. Modelo de Vigilancia tecnológica y Proceso de transferencia tecnológica

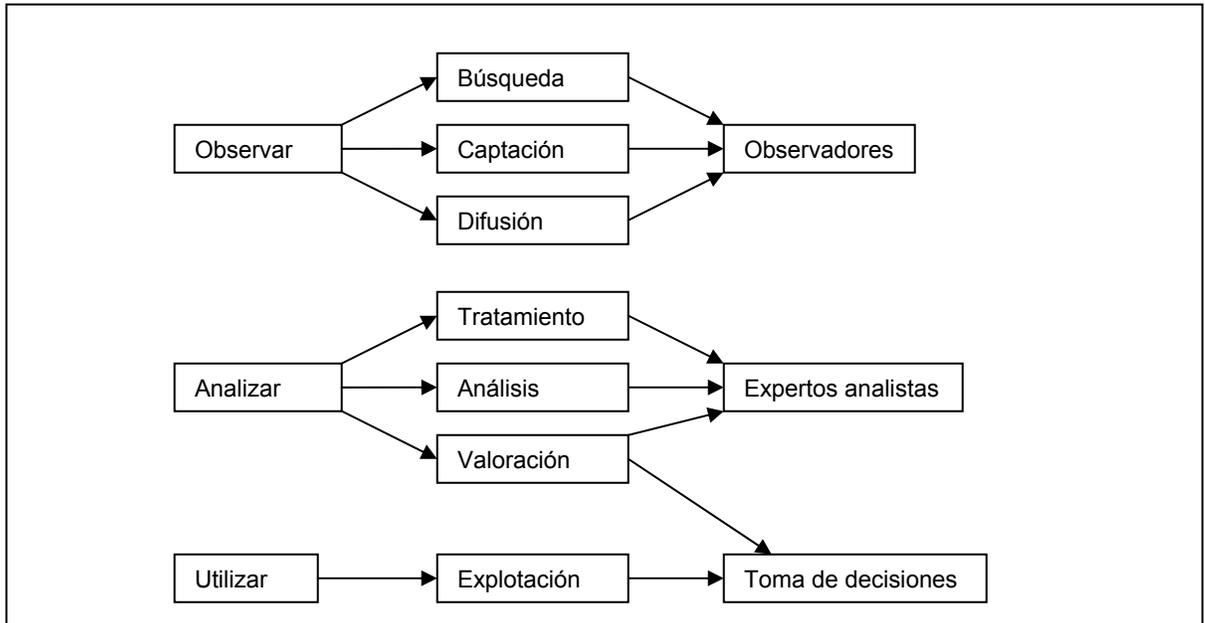
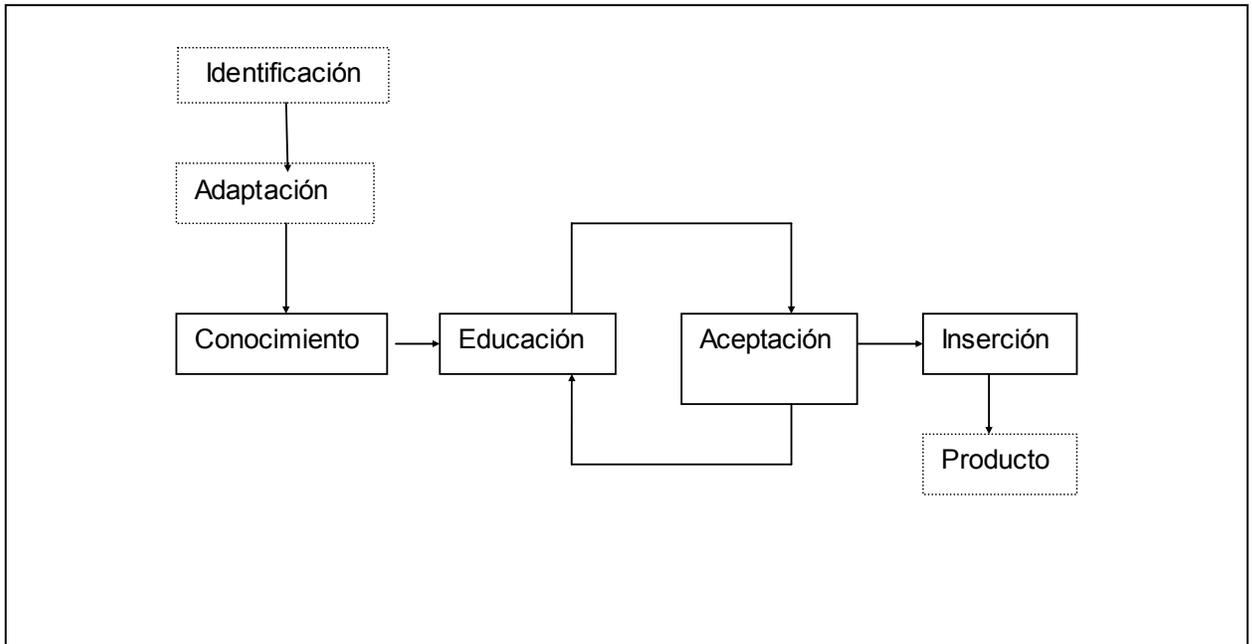


Figura 1: Modelo de vigilancia tecnológica.



ANEXO II: Resumen de la Cartilla sobre la Transferencia de Tecnologías Tema Importante para la Cultura Gerencial y el Perfeccionamiento Empresarial

¿Qué debe tener presente el receptor de la tecnología?

1) Seleccionar tecnologías de calidad comercial reconocida: Esto obedece a que la tecnología seleccionada debe haber sido explotada industrialmente y si es posible comercialmente para verificar si la misma rinde los frutos esperados

2) Capacidad Técnica Empresarial: Debe determinarse si la empresa posee la capacidad técnica necesaria en el campo de que se trate, si poseen el número de técnicos necesarios con el nivel requerido para entender y aplicar las nuevas técnicas

3) La rentabilidad: La rentabilidad de la inversión hecha (la compra de la Tecnología) se evalúa por los procedimientos normales de contabilidad y teniendo en cuenta la naturaleza de la tecnología, la estructura jurídica del país, las condiciones de mercado, entre otras.

4) La disponibilidad de productos intermedios y otros:

A veces sucede que en los marcos nacionales no sólo no se encuentra la tecnología buscada sino que resulta también difícil obtener productos intermedios, materias primas de calidad o componentes tecnológicos, repuestos, entre otros. En esos casos el receptor de la tecnología ha de proveerse de esos medios a través de un abastecimiento regular que en ocasiones proviene y hasta es exigido por el cedente. Esta obligación puede ser negativa para la economía nacional del país del receptor por cuanto crea cierta dependencia para el mismo, es por ello que numerosas legislaciones no permiten dicha cláusula.

5) Contaminación Ambiental y Violación de Patentes: A la hora de seleccionar la tecnología no deben obviarse las posibles consecuencias ambientales y lo estipulado por los reglamentos y leyes al respecto, de lo contrario todo esto pudiera traer consecuencias muy negativas para el medio ambiente.

En lo que respecta a la violación de la patente debemos plantear que por lo general en los acuerdos y requisitos previos se ha de lograr que sea el licenciante de la futura tecnología a

adquirir el responsable en el caso de que en el acuerdo se viole algún derecho de patentes o al menos que el mismo pague en garantía una sanción pecuniaria.

6) Recursos Financieros: La Empresa que se decida a adquirir una tecnología debe poseer recursos no sólo para adquirirla sino también para mantener fondos y ser solventes hasta que las operaciones comiencen a rendir beneficios.

7) Condiciones climáticas: La tecnología adquirida debe poseer las características necesarias que le permitan ser adaptadas a un clima diferente de aquel donde fue creada.

8) Mercados para nuevos productos: cuando se va a introducir una tecnología que implica productos nuevos para el mercado se debe analizar previamente el mercado potencial para el producto.

9) La transferibilidad de la tecnología: Es necesario comprobar que se cuente con todos los componentes del paquete tecnológico que permitan la transferencia y en caso de no estar completo, las condiciones y los plazos para hacerlo transferibles. Es muy conveniente además el disponer de productos demostrativos y muestras que acrediten sus propiedades y características.

10) Características de la tecnología que se quiere comercializar: En esta ocasión, se trata de examinar si los productos a que da lugar esta tecnología se encuentran comercializándose o si lo serán en el corto o mediano plazo en el mercado internacional. Debe considerarse además el tiempo que lleva de desarrollada la tecnología y los años de estar explotándose en escala comercial.

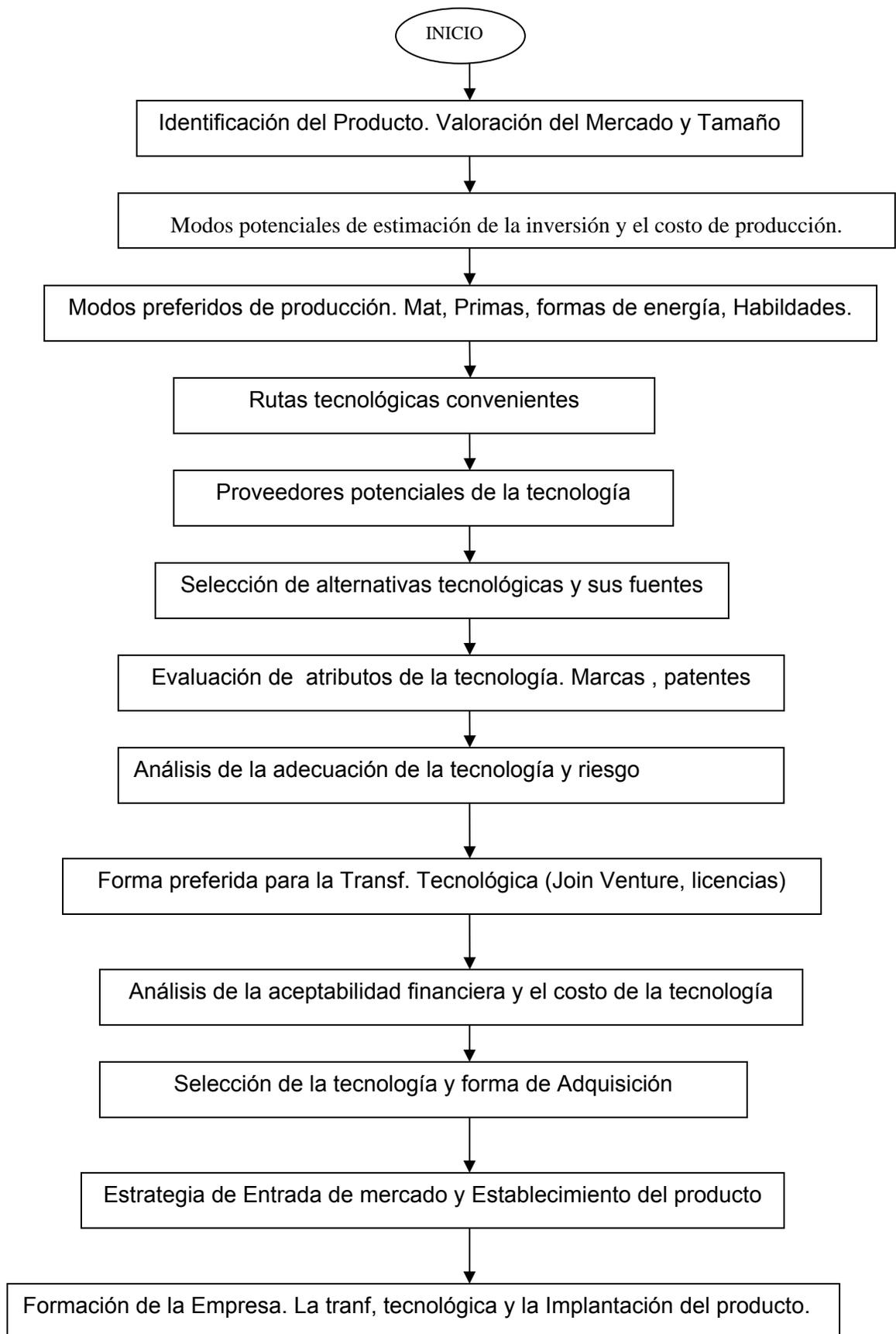
11) Factibilidad técnico - económica: Es necesario contar con un estudio de Factibilidad Técnico - Económica y comercial que ordene los factores considerados en este análisis y que tenga en cuenta los precios de venta del mercado, el balance de costos- beneficios y las alternativas de precios y formas de pago.

12) Capacidad inversionista del país para el caso en el adquirente sea el estado:

La decisión de adquirir o no una tecnología desarrollada va a depender de que el país tenga la posibilidad de invertir en estas y que la misma le permita obtener productos para la exportación de forma ventajosa. Esto debe ser examinado tanto en términos de inversiones que financie el estado como las que se puedan hacer de forma conjunta con entidades extranjeras

En las nuevas condiciones socioeconómicas de Cuba, se impone la creación de una política a seguir por parte de nuestro estado en materia de transferencia de tecnología, como ya se ha hecho en otros países, con el objetivo de transformar y modernizar las capacidades tecnológicas actuales.

ANEXO III: Pasos para la Selección de la Tecnología.



Anexo IV: Resumen de la legislación vigente para los Proyectos de Inversión

TIPO	NOMBRE DEL DOCUMENTO	CONTENIDO	GACETA EN QUE SE PUBLICÓ
Ley	Ley No. 77, De la Inversión Extranjera. De 05-09-1995.	La inversión extranjera se concibe y estimula en el contexto del desarrollo sostenible del país, lo que implica que durante su ejecución se atenderá cuidadosamente a la conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Establece la obligatoriedad de someter las inversiones al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en los casos que proceda y reconoce la facultad del CITMA para establecer las medidas que entienda necesarias, a fin de preservar y proteger el medio ambiente.	GOE No. 3 De 06-09-1995 Página 5
Ley	Ley No.81, Del Medio Ambiente. De 11-07-1997.	La Ley del Medio Ambiente tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.	GOE No.7 De 11-07-1997 Página 47
Decreto	Decreto No.5, Reglamento del Proceso Inversionista. De 22-09-1977.	Regula las funciones, obligaciones y relaciones de las diferentes entidades que intervienen en el mismo, así como establecer la documentación básica que deberán éstas cumplimentar en la concepción, planteamiento, organización, ejecución y control de las inversiones.	GOO No.39 De 23-09-1977 Página 577
Decreto	Decreto No 57, Reglamento para la Evaluación y Aprobación de Proyectos Técnicos de Obras. De 25-12-1979.	Establece los principios sobre los que se elabora la documentación técnica de proyectos.	GOO No.43 De 27-12-1979 Página 499
Decreto	Decreto No 58, Reglamento de los Comités de Expertos para la Evaluación de los Proyectos De 25-12-1979.	Establece la composición de la Comisión de Expertos y las funciones y atribuciones de estas, así como los lineamientos para realizar esta evaluación técnico-económica.	GOO No.43 De 27-12-1979 Página 505
Decreto	Decreto No. 105 Reglamento para	Tiene por objeto regular la evaluación y la aprobación de las Propuestas y las Tareas de Inversión,	GOO No.41 De 13-05-

	la Evaluación y la Aprobación de las Propuestas de Inversión y de las Tareas de Inversión. De 03-05-1982.	garantizando que las soluciones técnico-económicas de cada proyecto de inversión sean las más ventajosas para la economía nacional y aceleren en el mayor grado posible su desarrollo, procurando entre otros, la óptima utilización de nuestros recursos materiales y humanos.	1982 Página 511
Resolución	Resolución No.13 Del CITMA. De 02-3-1998.	Establece los requisitos básicos para la fundamentación, evaluación y dictamen de la transferencia de tecnologías, asociada a proyectos de inversión nominales.	
Resolución	Resolución No.77 Del CITMA. De 28-7-1999.	Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental.	
Carta Circular	Carta Circular No. 12/1997, Del MEP. De 08-7-1997	Regulaciones Complementarias del Proceso Inversionista.	

ANEXO V.

Tabla 1. Composición promedio y rendimiento potencial de azúcares fermentables.

Material	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Rdto potencial de Az. Fermentables (kg/ton)			
				Glucosa	Xilosa	Hexosa	Totales
Maderas Duras	48	32	20	533	219	573	792
Maderas Blandas	43	26	28	483	78	612	690
Residuos Agrícolas	35	31	17	431	225	439	664

Tabla 2. Métodos de tratamiento de materiales lignocelulósicos.

Modo de acción	Métodos
Físico	Molienda, Irradiación de alta energía
Químico	Ácidos, Álcalis (NaOH, NH ₃), Gases (Cl ₂ , NO ₂ , O ₂), Oxidantes (Ozono, H ₂), Extracción con Organosolvente
Físico-Químico	Auto Hidrólisis (vapor), Explosión con vapor, Oxidación Húmeda, Congelamiento explosivo.
Biológico	Maceración pectinolítica, Maceración Xilanolitica, Deslignificación bacteriana y fúngica (Biopulpado).

Tabla 3: La influencia de la Adsorción de Endoglucanasas de distintos orígenes sobre la celulosa microcristalina.

Origen (Microorganismo)	Cte de Adsorción (l/g)	Conversión del Sustrato (%)
Trichoderma reesei	0,15	97
Trichoderma Longibrachiatum	0,12	92
Geotrichum candidum	0,0093	88
Aspergillus terreus	0,050	70
Aspergillus Niger	0,020	8,5
Aspergillus Foetidus	0,015	8,0

Anexo VI: Normativas del Biodiesel

Dada la amplia variedad de materias primas a partir de las cuales se genera el Biodiesel, el desafío mayor es el establecimiento de un patrón normalizado que caracterice a estos combustibles de manera que puedan ser mantenidos en forma permanente. En este sentido existen parámetros de caracterización a nivel Europeo como Norte americano

NORMATIVA ITALIANA

Acidez total	0,5 mg KOH/g
Agua	700 ppm
Cenizas	0,01 %
Densidad a 15 °C	860 - 900 kg/m ³
Fósforo	10 ppm
Metanol	0,2 %
Metilester	Más de 98 %
Punto de inflamación	100 °C
Azufre	0,01 %
Viscosidad a 40 °C	3,5 - 5,0 mm ² /s

NORMATIVA FRANCESA

Metilester	Más de 96,5 %
Monoglicéridos	Menos de 0,8 %
Agua	200 ppm
Metanol	0,1 %
Acidez total	1 mg KOH/g
Fósforo	3 ppm

NORMATIVA NORTEAMERICANA ASTM

PROPIEDAD	METODO ASTM	LIMITE	UNIDAD
Punto de Inflamación	93	100.0 min	° C
Agua y sedimentos	1796	0.050 max	Vol-%
Residuo Carbón (100% muestra)	4530	0.050 max	Peso %
Sulfatos	874	0.020 max	Peso %
Viscosidad cinemática 40°C	445	1.9-6.0	mm ² /seg
Azufre	2622	0.05 max	Peso %
Cetano	613	40 min	
Punto escurrimiento	2500	A pedido	°C
Corrosión al Cobre	130	No 3b max	
Acidez	664	0.80 max	mg KOH/g
Glicerol libre	GC	0.20 max	Peso %
Glicerol Total	GC	0.40 max	Peso %

ANEXO VIII Equipos auxiliares y cálculo hidráulico de las columnas de destilación

Dimensiones del condensador de la columna rectificadora.

Intercambiador de Doble tubote $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ pulg.		
Variable	Valor	Unidad
Calor evaluado	4485.14	kJ/h
Masa de vapor a condensar	26,63	kg/h
Área de horquilla	0.092	m ²
Longitud de la horquilla	2,4 (0.6)	m
Número de horquillas	2	-
Área en exceso	27	%
Caída de presión tubos	2,8 E-12	lb/pulg. ²
Caída de presión anulo	0,6408	lb/pulg. ²

Dimensiones del calentador de la alimentación a la columna destiladora.

Intercambiador de Doble tubote $1 \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ pulg.		
Variable	Valor	Unidad
Flujo de Batición	133,41	kg/h
Calor evaluado	12219.2	kJ/h
Masa de vapor requerida	5.43	kg/h
Área de horquilla	0.2164	m ²
Longitud de la horquilla	3,8 (0.95)	m
Número de horquillas	2	-
Área en exceso	32.2	%
Caída de presión tubos	5,9 E-12	Lb/pulg. ²
Caída de presión anulo	0,5017	Lb/pulg. ²

Tabla de resultados del cálculo hidráulico de columna destiladora

Parámetros	Nomenclatura	Valor
Densidad del Líquido	ρ_L (Kg/m ³)	980
Densidad del vapor	ρ_v (Kg/m ³)	0,5
Flujo de vapor	V (kg/h)	63,44
Flujo de Líquido	L (Kg/h)	133,41
Flujo volumétrico de vapor	Q (m ³ /s)	0,0352
Velocidad ficticia del vapor	w (m/s)	1,106
Área de la columna calculada	A (m ²)	0,031851761
Diámetro estimado	d (m)	0,2
Área real estimada	A real (m ²)	0,0490625
Velocidad ficticia real	w real (m/s)	0,718358103
Área Activa/Área real	Aa/At	0,63
Diámetro de perforaciones	do (m)	0,0045
Paso entre orificios	p (m)	0,012
Espesor de la chapa	Esp chapa (mm)	2
Distancia entre platos	t (m)	0,25
Área perforada /Área Activa	Ao/Aa	0,127
Área perforada /Área real	Ao/At	0,0803 (8%)
Área bajante /Área real	Ad/At	0,088 (8,8%)
Área bajante	Ad (m ²)	0,0043
Área Activa	Aa(m ²)	0,0404275

Área perforada	$A_o(m^2)$	0,003942394
Factor de fricción	ξ	1,82
Velocidad en orificios	$w_o (m/s)$	8,939858053
Caída presión plato seco	$\Delta p_{seco} (Pa)$	36,36408322
Tensión Sup. Líquido	$\phi(dyn/cm)$	49,827
Caída presión por Tensión Sup	$\Delta p\phi(Pa)$	44,29066667
Altura tabique de derrame	$h_t (m)$	0,04
Longitud bajante	$W (m)$	0,175
Constante	k	0,5
Caída presión régimen Gas-Liq.	$\Delta p_{gL}(Pa)$	408,68
Altura cresta de Líquido	$\Delta h (m)$	0,00151
Flujo Vol Liq/ Longitud bajante	$q/w (m^3/s m)$	2,1608E-04
Caída de presión total Plato	$\Delta p_{Total} (Pa)$	489,337
Criterio de buen funcionamiento hidráulico	$1,8 \Delta p_{Total}/g \rho_L < t$	0,05089 < 0,25

Tabla de resultados del cálculo hidráulico de columna rectificadora

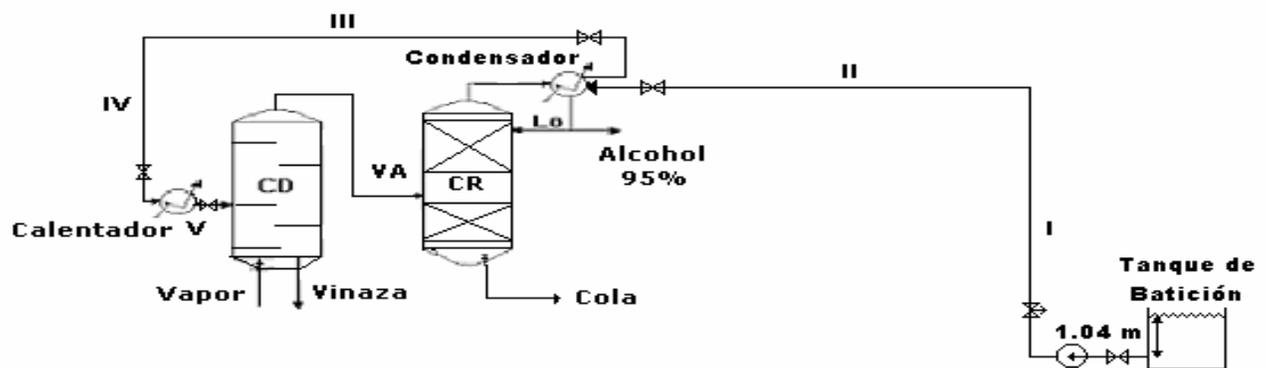
Parámetros	Nomenclatura	Valor
Densidad del Líquido	$\rho_L (Kg/m^3)$	725
Densidad del vapor	$\rho_v (Kg/m^3)$	1,44
Flujo de vapor	$V (kg/h)$	26,64
Flujo de Líquido	$L (Kg/h)$	22,11
Flujo volumétrico de vapor	$Q (m^3/s)$	0,005139
Flujo Liq/Flujo vapor	L/G	0,8299
Factor de caracterización emp.	C_f	255
Diámetro nominal de empaque	$d_p (pulg.)$	0,75
Velocidad sup.de inundamiento	$G'_{in}(kg/sm^2)$	0,8146
Velocidad sup.de Diseño	$G' (kg/sm^2)$	0,4887
Área de la columna calculada	$A (m^2)$	0,01514
Diámetro calculado	$d (m)$	0,1388
Diámetro estimado	$d_r (m)$	0,15
Área real estimada	$A_{real} (m^2)$	0,01766
Velocidad sup. real	$G'_r (kg/sm^2)$	0,419
Caída presión /altura de empaque	$\Delta p/z(Pa/m)$	204,25
Caída presión /altura de empaque	$\Delta p/z (pulg. agua/pie)$	0,25
Altura de empaque	$Z (m)$	4,04
Caída presión columna	$\Delta p (Pa)$	801,26
Criterio de buen funcionamiento hidráulico	$\Delta p/z$ permisible (pulg. agua/pie)	0,2-0,4

Anexo IX : Dimensionamiento del Sistema de flujo en la etapa de Destilación

El sistema escogido para el dimensionamiento del sistema de flujo es el de la etapa de destilación en la obtención de bioetanol a partir de residuos sólidos lignocelulósicos. La misma (como se puede observar en la figura siguiente) consta de un tanque que contiene la batición producto de la fermentación en la etapa previa, una bomba que impulsará esta batición, un calentador de doble tubo a la entrada de la primera columna de destilación (de platos perforados de 4.5 mm de diámetro) y un condensador también de doble tubo para los vapores alcohólicos a la salida de la segunda columna que es la rectificadora o de concentración (rellena con anillos rasching cerámicos de ¾ pulg).

Con vistas a aprovechar los calores del proceso se precalienta la batición con el condensador de la rectificadora y a continuación en un calentador con vapor para llevarlo al punto de ebullición.

A continuación se muestra un esquema detallado de la etapa en cuestión.



Primeramente calculamos el diámetro de la tubería:

El flujo de trabajo sería de 133.41 Kg/h o sea $3.75 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q = V * A \quad Q = \frac{V * \pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad \text{Para ello tenemos que tomar la máxima velocidad recomendada que es de } 2.5 \text{ m/s} \text{ de}$$

la Tabla 1.1 del Pavlov.

Calculando en la ecuación anterior obtenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 3.75 * 10^{-5}}{\pi * 2.5}}$$

$$D = 0,00436 \text{ m}$$

Luego buscamos en la tabla 10 del Rosabal donde aparecen los diámetros estandarizados y tomamos la de ½ pulg DN, 6.83 mm DI y 10.29 mm DE.

Luego partimos de la ecuación del Balance de Energía Mecánica.

$$H = \Delta Z + \frac{\Delta P}{\rho * g} + \frac{\Delta(\alpha V^2)}{2 * g} + hp$$

$$\Delta Z = 4,96 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} \quad P_2 = P_1 = 1 \text{ atm} \quad \therefore \frac{\Delta P}{\rho * g} = 0$$

$$\frac{\Delta(\alpha V^2)}{2 * g} = \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2 * g} \quad V_1 = 0$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,785 * DI^2} = 1,02 \text{ m/s}$$

La densidad de la batición es de $988 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ y la Viscosidad es de $549 * 10^{-6} \text{ Pa*s}$.

$$R = \frac{V * \rho * DI}{\mu} = 1,2537 * 10^4$$

En la figura 3.4 del Rosabal seleccionamos con el Reynolds $\alpha = 1,1$

$$\frac{\alpha_2 V_2^2}{2 * g} = 0,058 \text{ m}$$

Luego pasamos al cálculo de los accesorios ubicados en el sistema:

Accesorio	N.U.	Kturb.	N.U. * Kturb.
Valv. Cuña	5	0,17	0,85
Codo 90 °	5	0,75	3,75
Valv. Globo	1	6,0	6,0
Entrada	1	0,5	0,5
Salida	1	1	1
Expansión Cond	1		0,798
Compresión Cond	1		0,399
Expansión Calent	1		0,925
Compresión Calent	1		0,463
ΣK accesorios			14.69

$$\sum K = \sum K_{\text{accesorios}} + \frac{\Delta P_{\text{condensador}}}{\rho * g} + \frac{\Delta P_{\text{calentador}}}{\rho * g}$$

$$\sum K = 15,502$$

$$\frac{e}{d} = \frac{0,2 * 10^{-3}}{6,83 * 10^{-3}} = 0,029 \quad \text{La rugosidad del tubo } e = 0,2 \text{ mm la tomamos de la tabla 9 del Rosabal}$$

como tubos de acero sin costuras.

En la figura 3.9 del Rosabal determinamos el factor de fricción $f = 0.06$.

$$L_T = L_I + L_{II} + L_{III} + L_{IV} + L_V$$

$$L_T = 24 \text{ m}$$

$$h_p = \left(f \frac{L}{D_i} + \sum K \right) \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_p = 11,996 \text{ m}$$

Luego resolviendo finalmente el Balance de Energía Mecánica obtenemos la carga de la bomba:

$$H = \Delta Z + \frac{\Delta P}{\rho * g} + \frac{\Delta(\alpha V^2)}{2 * g} + h_p$$

$$H = 17,014 \text{ m}$$

Ahora se pasa al cálculo de la potencia de la bomba:

Potencia útil:

$$N = H * \rho * g * Q$$

$$N = 6,18 \text{ W}$$

Potencia Consumida:

$$N' = \frac{N}{\eta * 1000} \quad N' = 8,24 * 10^{-3} \text{ Kw}$$

Potencia de la Instalación:

De la tabla 3.3 de Rosabal tomamos el factor $\beta = 2$.

$$N'' = \beta * N' \quad N'' = 2 * 8,24 * 10^{-3}$$

$$N'' = 0,0164 \text{ Kw}$$

Se escoge en la tabla 14 del Rosabal el motor trifásico de 0.09 Kw y 1800 rpm.

ANEXO X
Metodología y Diseño del Serpentin

Cálculo del flujo de calor y área de transferencia de calor

$Q=(F*cp*dt)$; Calor necesario (kJ/h)

$Q=(F*cp*dt)+(Fn*landanafta)$; Calor necesario (kJ/h)

$mv=Q/clat$; Masa de vapor necesario (kg/h)

$A=Q*1000/(UD*dt*3600)$; Área TC necesaria (m²)

Dimensiones del Serpentin

$AV=3,14*L*at$; Área por vuelta m²

$N^{\circ}V=A/AV$; Número de vueltas

$DV=(AV/0,785)^{0,5}$ Diámetro de una vuelta (m)

$Ls=(0,3*(N^{\circ}V-1))$; Altura del serpentín en el evaporador

Datos y Resultados	Cachaza - Nafta	Reactor Principal	Evaporador de Nafta
Temperatura de entrada T1 (°C)	25	25	60
Temperatura de salida T2 (°C)	60	50	98
Temperatura de entrada del Vapor Tv (°C)	183,28	183,28	183,23
Flujo de Entrada F (kg/h)	997,5	27	997,5
Flujo de nafta Fn (kg/h)			974,7
Capacidad Calorifica CP (kJ/kg°C)	2,98	2,16	2,095
Calor Latente clat (kJ/kg)	2003,55	2003,55	2003,55
Calor latente de Nafta landanafta (kJ/kg)			313,95
Coef. de diseño UD (W/m ² °C)	1500	1 500	800
Diametro exterior del Tubo doi (m)	0.0127	0,0127	0,031
Superficie/long at (m ² /m)	0,038	0,038	0,099
Longitud de cada vuelta	2,3	2,3	2,3
Calor necesario Q (kJ/h)	1,04*10 ⁵	1458	3,854*10 ⁵
Masa de vapor necesario mv (kg/h)	51,92	192,36	0,72
Area de transf. necesario A (m ²)	0,55	1,08*10 ⁻²	3,52
Número de vueltas N° V	2	1	5
Diámetro de una vuelta DV (m)	0,60	0,199	0,95
Altura del serpentín Ls (m)	0,272	1,16	1,16

ANEXO XI Diseño del Condensador de Nafta

Datos Generales

$F_t = 1$; Factor de corrección de la temperatura (Vapor 1)

$L = 1.25$; Longitud de tubos m

$d_i = 0.51 \cdot 0.025$; Di metro interior de los tubos (m)

$d_o = 0.75 \cdot 0.025$; Di metro exterior de los tubos (m) 11 BWG

Arreglo triangular

$T_1 = 98.6$; Temperatura de entrada de la Nafta oC

$T_2 = 98.6$; Temperatura de salida de la Nafta oC

$T_{1a} = 30$; Temperatura de entrada del Agua de enfriamiento oC

$T_{2a} = 45$; Temperatura de salida del agua de enfriamiento oC

$F = 974.7$; Flujo de Nafta (Kg/h)

$Q = F \cdot \lambda$; Calor intercambiado (KJ/h)

$\lambda = 316$; KJ/Kg Calor latente de la nafta

$C_p = 2.093$; C_p Nafta KJ/KgoC

$C_{pa} = 4.18$; C_p Agua enfriamiento KJ/KgoC

$m_a = Q / (C_{pa} \cdot d_t a)$; Masa de agua necesaria (Kg/h)

$d_t a = T_{2a} - T_{1a}$;

$UD = 0.55$; Coeficiente de diseño (KJ/sm²K) DATO TABLA Pavlov pag 200

$A = Q / (UD \cdot MLDT \cdot 3600)$; Area TC necesaria (m²)

$A_{tub} = 0.1963 \cdot 3.28 \cdot 0.0929$; m²/m

$A_{1tub} = A_{tub} \cdot L$; Area de un tubo.

$N_{tc} = A / A_{1tub}$; Número de tubos calculados

$p_t = 2$; Pases por los tubos

$N_{tr} = 32$; Número de tubos reales tomados de la tabla

$A_{real} = N_{tr} \cdot A_{1tub}$; Area real (m²)

OTROS PARAMETROS DE DISEÑO

$d_{iconcha} = 8 \cdot 0.025$; Di metro Interior de la concha (m)

$Esp = 0.0032$; Espesor de la concha (m)

$B = 12$; Número de deflectores

$L_{concha} = L + d_{iconcha}$; Longitud de la concha incluyendo los cabezales(m) $1/2 \cdot d_{iconcha}$ para cada cabezal

PARA RECHEQUEO

Ubicación: TUBOS Agua CONCHA Nafta

$dt_{verd} = F_t \cdot MLDT$; Temperatura verdadera (oC)

$MLDT = ((T_2 - T_{1a}) - (T_1 - T_{2a})) / \ln((T_2 - T_{1a}) / (T_1 - T_{2a}))$; (oC)

$UD_c = (Q / (A_{real} \cdot dt_{verd} \cdot 3600)) \cdot 1000$; Coef. sucio de diseño calculado (W/m²oC)

$h_o = 2000$; W/mk

Tomado del Peter 2003 (rango 2000-4000 W/mK)

$Re_o = V_{elhept} \cdot \rho_{enhept} \cdot d_{eq} / \nu_o$; Número de Reynolds de la Nafta

$Q_{Hep} = F / (3600 \cdot \rho_{enhept})$; Flujo volumétrico (m³/s)

denhept=684; kg/m³

Aflujo=2.935e-4; Area de flujo (m²)

Velhept=QHep/as; Velocidad (m/s)

Vo=0.25e-3; %Pa*s

PARA hi

Nu=0.40*Re^{0.6}*Pr^{0.36}*(RPr)^{0.25}; Número de Nusselt

RPr=1;

hi=Nu*K/di; (W/m²oC)

Tmed=(T2+T1)/2; oC

K=0.634; %W/mk

Re=Vel*dens*di/V; Número de Reynolds de la mezcla

Qa=ma/(3600*dens); Flujo volumétrico (m³/s)

Ai=Aflujo*Ntr/pt; Area interior de todos los tubos (m²)

Vel=Qa/Ai; Velocidad (m/s)

dens=992; Kg/m³ Densidad del agua

V=657e-6; Viscosidad del agua (Pa*s)

Pr=Cp*V*1000/K; Prandtl del agua

hio=hi*di/do; (W/m²oC)

UC=(hio*ho)/(hio+ho); (W/m²oC)

Rdcalc=(UC-UDc)/(UC*UDc); (m²oC/W) Si Rdcal>Rdreq OK

Rdreq=Rdi+Rdo; Tabla 12 Kern (m²oC/W)

Rdi=0.003/5.66; piehoF/BTU/5.66=m²oC/W Coef de obstrucción interior Agua(Vapores superiores sin tratar)

Rdo=0.001/5.66; Coef de obstrucción exterior Heptano

Aexc=((Rdcalc-Rdreq)/Rdreq)*100; Area en exceso

CAIDA DE PRESION CONCHA

dPconcha=dPentsal+dPcruce+dPgros; Pa

dPentsal=3*denhept*Velhept²/2;

dPcruce=chi*(B+1)*denhept*Velhept²/2;

dPgros=1.5*B*denhept*Velhept²/2;

chi=(5.4+(3.2*6))*Rehept^{-0.28}; X1>X2

Rehept=Velhept*denhept*deq/Vo;

deq=(diconcha²-Ntr*do²)/(diconcha+(Ntr*do)); Di metro equivalente concha(m)

as=diconcha*Claro*edef/Paso; Area transv del flujo en la concha (m)

Claro=Paso-do; (m)

Paso=0.9375*0.025; (m) Paso

edef=L/(B+1); Espaciado entre deflectores (m)

%CAIDA DE PRESION TUBOS

dP=(Vel²*dens*lamda*L*pt/2*di)+Res;

Res=dprac+dpres;

lamda=0.3164/(Re^{0.25});

Vrac=(Vel*(Ntr/pt)*di²)/drac²;

drac=0.0508; Diámetro racores (m)

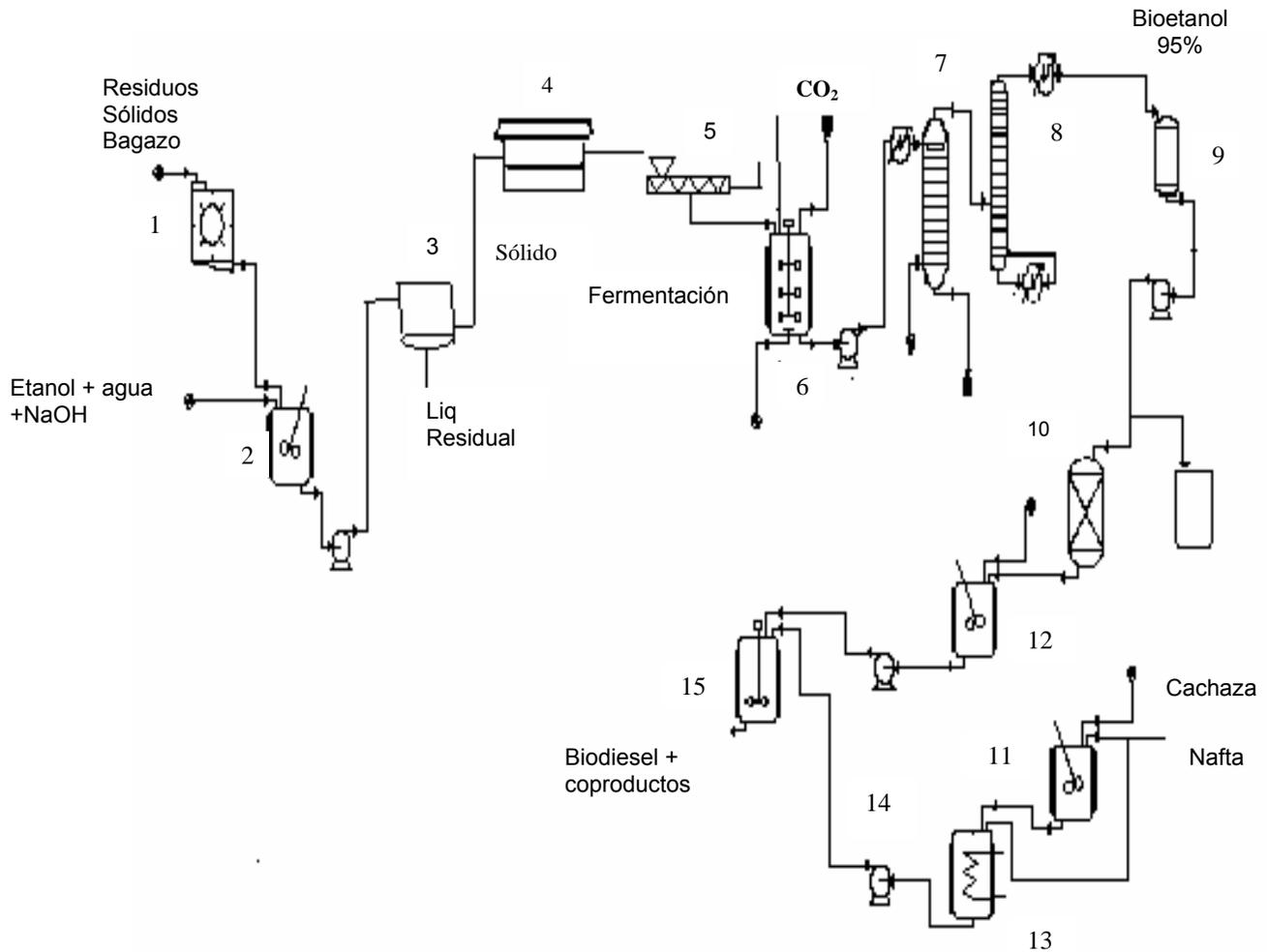
dprac=3*dens*Vrac²/2; Pa

$$dpres=8.5*Vel^2*dens/2; \quad Pa$$

Resultados del Diseño del Condensador

Parámetro	Dimensiones	UM
Longitud de tubos	1.25	m
Nº tubos	32	
DI tubos	0.51	plg
DE tubos	3/4	plg
Espesor tubos	3	mm
Arreglo triangular		
Paso (dist e/ centros de tubos)	15/16	plg
Claro (Paso-DI tubo)	0.46	cm
Nº pases	2	
Nº deflectores	12	
Espacio e/ deflectores	9.6	cm
DI concha	0.2	cm
Longitud concha	1.45	m
Espesor Concha	3	mm
Material tubos	Cobre	
Material concha	Acero al carbono	

Anexo XII Diagrama de Flujo del proceso Bioetanol – Biodiesel



Nomenclatura

Cod	Equipos	Cod	Equipos
1	Molino de Cuchillas	10	Columna de Adsorción
2	Reactor	11	Tanque Extracción de aceite
3	Tanque lavador	12	Tanque preparador Etoxido
4	Nave (Hidrolizador)	13	Tanque Evaporador
5	Filtro a Presión	14	Sistemas auxiliares
6	Fermentador	15	Reactor
7	Destiladores		
8	Intercambiadores de calor		
9	Tanque de retención		