

Titulo:

**PROPUESTA DE RECONVERSIÓN DE  
UNA PLANTA DE TABLEROS DE FIBRAS  
EN UNA EMPRESA AZUCARERA  
DIVERSIFICADA**

**PROPOSAL OF REVAMPING A FIBERS**

**BOARD PLANT IN A DIVERSIFIED SUGAR**

Lastre Concepción, Gustavo<sup>4</sup>, Morales Zamora, Marlén<sup>1</sup>;

González Suárez, Erenio<sup>2</sup>; Hidalgo, Antonio<sup>3</sup>;

Instituciones: <sup>1</sup> Departamento de Ing. Química. Facultad de Química-Farmacia. UCLV. Cuba <sup>2</sup> Centro de Análisis de Procesos. UCLV. Cuba, <sup>3</sup> GEA. Las Tunas. <sup>4</sup> EA Amancio Rodríguez. Las Tunas

E-mail: [marlenm@uclv.edu.cu](mailto:marlenm@uclv.edu.cu)

Abstract

**RESUMEN**

En diferentes lugares de nuestro país, se producen tableros de fibras y de partículas a partir del bagazo de la caña de azúcar, con una disminución notable en las producciones, provocada por la situación económica y la paralización de algunas de ellas. El trabajo se enmarca en una propuesta de reconversión de una planta de tableros de fibras que permitirá lograr una sostenibilidad en el mercado y una recuperación financiera de la empresa, a partir del aprovechamiento de las capacidades y las instalaciones existentes en la misma. Se realizó un diagnóstico de todos los equipos de la planta; se determinaron los balances de masa y energía a partir de las nuevas alternativas de reconversión en todo el proceso productivo y se analizó económicamente la propuesta de reconversión y su influencia en el proceso tecnológico con resultados satisfactorios. Se obtuvo que existen posibilidades de reanimación y reconversión de la planta de tableros de fibras, toda vez que se logren aprovechar y adecuar las capacidades instaladas a las nuevas condiciones tecnológicas, a partir del equipamiento existente en la planta, y de una adecuada disponibilidad de materias primas y los portadores energéticos en el complejo azucarero. **Palabras clave:** Reconversión, tableros de fibras, prensado, capacidad

In our country, it is possible to produce fiber and particles boards from sugar cane, in different places, with a remarkable decrease in the productions, caused by the economic situation and paralyzation of some them. The main goal of this work is to proposal of revamping of fiber board's plant that will allow achieving sustainability in the market and a financial recovery company, starting from the use of capacities and existent equipment in the same one. It is carried out a diagnosis of all equipment in the plant. The mass and energy balance are determined starting from the new revamping alternatives in the whole productive process and it is analyzed the revamping proposal and their influence economically in the technological process, obtaining satisfactory results.

**Key words:** Revamping, fiber boards, pressed, capacity.

## Introducción

La economía cubana, con recursos limitados, necesita ser cada día más eficiente y competitiva para insertarse en los mercados globalizados del mundo y poder alcanzar los niveles de utilidades que desea el país. Es por ello que el aumento de las ganancias de las empresas, como resultado de un elevado nivel de calidad de los productos, una disminución de los costos y una adecuada política ambiental debe ser un objetivo a alcanzar por cada una de ellas.

El bagazo constituye el mayor subproducto de la industria azucarera y se usa fundamentalmente para la generación de energías térmica y eléctrica, para el consumo de los ingenios y plantas de derivados, como materia prima para la producción de tableros, alimento animal, furfural, y más reciente para la producción de bioetanol. Las aplicaciones de los tableros han experimentado un continuo ascenso debido, fundamentalmente, a su adaptabilidad para sustituir elementos de la madera maciza, sobre todo como material en la industria de la construcción. Además, evita la tala indiscriminada de árboles haciendo uso de producciones limpias, y por otra parte, destacando los múltiples usos del bagazo de caña. Estos tableros son fabricados a partir de bagazo o fibras de madera, húmedas sometidas a gran presión y elevada temperatura. Para unir las fibras se utilizan resinas naturales contenidas en las mismas.

En diferentes lugares de nuestro país, se producen tableros de fibras y de partículas, con una disminución notable en las producciones, ya que algunas de ellas se encuentran paralizadas, como es el caso de la planta de tableros de fibras de la EA Amancio Rodríguez, de la provincia de Las Tunas, de aquí la importancia de su reanimación y reconversión con el objetivo de lograr una sostenibilidad en el mercado y una recuperación financiera de la empresa, a partir del aprovechamiento de las capacidades y las instalaciones existentes en la misma

El objetivo del trabajo consiste en evaluar el impacto de la reconversión en la etapa de prensado del tablero y en el proceso productivo completo, que permita la reanimación de la planta de tableros de fibras.

## Desarrollo

### 1.1 Generalidades del proceso de producción de tableros de fibras

Desde el inicio de su desarrollo y hasta la actualidad, las aplicaciones de los tableros han experimentado un continuo ascenso debido, fundamentalmente, a su adaptabilidad para sustituir elementos de la madera maciza. Entre sus aplicaciones, se destaca su empleo como paramentos de puertas planas, elementos de electricidad, industria del calzado, molduras, elementos curvos para mobiliario, rodapiés, partes traseras de muebles, paredes laterales de ataúdes, y embalaje. Los de mayor espesor son empleados en mobiliarios de hogar y oficinas, así como en todos los elementos decorativos y de carpintería de interior como en el caso de tableros de fibras resistentes a la humedad en mobiliario de cocina y baño, de aquí su gran importancia. Además evita la tala indiscriminada de árboles haciendo uso de producciones limpias y, por otra parte, destacando los múltiples usos del bagazo de caña.

En el mundo se fabrican diferentes tipos de tableros donde se destacan los de fibra y partículas. Dentro de los de fibra están los: tableros no prensados (de baja densidad (0,02-0,4 g/cm<sup>3</sup>)) y los tableros prensados de alta densidad (800-1000 kg/m<sup>3</sup>) y de media densidad (600-900 kg/m<sup>3</sup>)

En cuanto a particularidades del proceso tecnológico se agrupan en:

**Aglomerado sin cubrir:** Es un tablero fabricado con pequeñas virutas de madera encoladas a presión y sin ningún acabado posterior.

**Aglomerado plastificado:** Es un aglomerado (de 3 capas) que recibe en sus caras un recubrimiento de melamina (es un tipo de plástico).

**Aglomerado chapado:** Es un aglomerado de tres capas al que se le han pegado en sus caras chapas de madera natural.

**Tablex:** Es un tablero fabricado a partir de fibras de madera húmedas sometidas a gran presión y elevada temperatura. Para unir las

Para unir las fibras se utilizan resinas naturales contenidas en las mismas.

**Tableros contrachapados:** Se basan en la superposición de placas o chapas estructurales de madera alternando el sentido de la fibra y pegadas entre sí. Suelen estar constituidos por un mínimo de tres láminas encoladas de modo que sus fibras se dispongan en distinta posición)<sup>1,2,3</sup>

**Aglomerado chapado:** Es un aglomerado de tres capas al que se le han pegado en sus caras chapas de madera natural.

**Tablex:** Es un tablero fabricado a partir de fibras de madera húmedas sometidas a gran presión y elevada temperatura. Para unir las fibras se utilizan resinas naturales contenidas en las mismas.

**Tableros contrachapados:** Se basan en la superposición de placas o chapas estructurales de madera alternando el sentido de la fibra y pegadas entre sí. Suelen estar constituidos por un mínimo de tres láminas encoladas de modo que sus fibras se dispongan en distinta posición)<sup>1,2,3</sup>

### 1.1 Criterios fundamentales sobre la tecnología del prensado de tableros de fibras

Durante el prensado del tablero se originan cambios físicos y químicos en el colchón, originados por tres factores fundamentales: humedad, temperatura y presión.

#### Cambios químicos:

La madera tiene como componentes fundamentales: celulosa, lignina y hemicelulosa. De estos tres componentes, en el prensado tiene mayor importancia la hemicelulosa, la cual decide la resistencia del tablero.

La hemicelulosa se descompone durante la hidrólisis de la madera (bagazo), este proceso se efectúa primero en el desfibrador donde se descompone alrededor del 10 %. En el desfibrador tiene más importancia la lignina, ya que para facilitar la operación de desfibrar se debe ablandar la lignina, que es la que une los haces de fibras. En el prensado se continúa el proceso de hidrólisis que comienza en el desfibrado. La hidrólisis en el prensado está influenciada por la humedad, la temperatura (hasta 200 °C) la presión específica (50-55 kg/cm<sup>2</sup>) y el pH (3,5-4,5).

La hidrólisis es proporcional a la humedad, a mayor humedad mayor el punto de saturación (8-10 %), con humedades bajas se afectan las propiedades del tablero, sobre todo la resistencia. Esto es debido a que la

la hemicelulosa no se puede descomponer totalmente y no une las cadenas carbonadas de las partículas. La intensidad de la hidrólisis aumenta con la temperatura hasta llegar a 190 °C. A temperaturas superiores no aumenta considerablemente.

Cambios físicos:

La humedad durante el prensado varía. El colchón entra a la prensa con una humedad de 60 %-65 % y durante el exprimido disminuye una tercera parte, quedando de 40 %-45 %. Luego por evaporación se disminuye hasta 1 %. Mediante el prensado no es posible extraer más agua con la presión establecida, además no sería económico; durante la evaporación se extrae el agua que está unida o dentro de los vasos capilares la cual es muy difícil de extraer de otra forma. Se considera que las fibras tienen un punto de saturación bajo la presión de la prensa, alrededor de 27 % de humedad.

La etapa de evaporación en la prensa se hace a 10 kg/cm<sup>2</sup> para facilitar la salida de los vapores. Cuando se logra bajar la humedad del 8 %, el tablero se comprime más bajo esta presión, aumentando con esto la densidad del mismo. En esta etapa la humedad disminuye favoreciendo la unión de las fibras. La temperatura durante la evaporación debe ser de 180 °C (punto de ebullición del agua a 55 kg/cm<sup>2</sup>).

Factores que inciden directamente en la calidad del tablero

-Materia prima y su tratamiento. El pH de la pulpa debe ser de 3,5-4,5. Cuando es muy bajo deteriora la fibra, haciéndola más frágil. El tratamiento térmico del tablero es la operación en la cual la resina termina de polimerizar y se forman las nuevas cadenas formadas entre los componentes de las fibras (hemicelulosa), es una operación que influye mucho en la flexión, absorción y dilatación del tablero.

-Condiciones del prensado: Temperatura, humedad, tiempo y presión específica.

**Temperatura.** Secar el colchón, la madera se puede secar a 215-255 °C como máximo. A partir de esta temperatura se carboniza. Por esta razón la T<sub>máx</sub> en el prensado no debe sobrepasar estos parámetros. Se ha tomado como temperatura óptima de 190-200 °C, a mayor temperatura el aspecto visual del tablero se afecta con manchas y cambios de coloración parcial.

Para lograr un calentamiento uniforme es muy importante el tiempo de cierre de la prensa, en la mayoría de las prensas que trabajan actualmente el tiempo es aproximadamente de 40 s.

**Humedad** Si se prensa un tablero con humedad 0 % se obtiene un tablero de baja calidad, con la temperatura y presión solamente no es posible obtener buena calidad. Cuando la humedad es menor, el colchón no se comprime totalmente, debido a la expansión de las fibras con baja humedad, son más plásticas y tienen poca elasticidad. La humedad óptima para la entrada a la prensa debe ser de 60 %.

**Presión y tiempo de prensado**

La presión es imprescindible para obtener buena calidad del tablero, su aplicación varía durante el ciclo de prensado. Un ciclo de prensado tiene tres fases: exprimido, secado y templado.

-Exprimido: se ejecuta después de cerrar la prensa, comienza con t<sub>1</sub> que es el tiempo que necesita la prensa para elevar la presión hasta obtener los 50 kg/cm<sup>2</sup> de presión específica. Este tiempo es constante de la prensa y está determinado por el sistema hidráulico utilizado. Este tiempo oscila entre 40-50 s. Luego comienza t<sub>2</sub> que es el tiempo de retención de la presión máxima, generalmente es de 15-20 s. Cuando t<sub>2</sub> es demasiado, provoca manchas en el tablero, cuando es poco influye en la resistencia.

-Secado: comienza con t<sub>3</sub> que es el tiempo que necesita la prensa según su diseño para disminuir la presión hasta obtener 10 kg/cm<sup>2</sup> de presión específica, este tiempo generalmente es de 10-12 s. El secado continuo con t<sub>4</sub> que es variable en función del grueso, grado de molienda, humedad, estado de las mallas, temperatura, etc. En la práctica se comprueba visualmente la salida del vapor del tablero. Cuando cesa la salida de vapor debe terminar el t<sub>4</sub>, según la literatura este tiempo debe ser 240 s. para 190 °C.

**Tratamiento térmico:** es el tiempo necesario para terminar de polimerizar la resina y mantener uniforme la temperatura garantizando la formación del máximo de cadenas entre los componentes de las fibras. Este tiempo se determina según la resistencia obtenida, o sea los resultados del laboratorio. Puede hacerse a menor presión específica que la máxima según los resultados

- obtenidos. Comienza con  $t_5$  que es el que necesita la prensa para lograr la presión, luego  $t_6$  que es la variable tecnológica determinada por los resultados obtenidos y  $t_7$  que es el de evacuar la presión hasta 0,  $t_5+t_6+t_7$  es aproximadamente 60. El templado del tablero se puede hacer a menor presión de la máxima, por ejemplo: se aconseja que este templado se efectúe entre 20 y 30 kg/cm<sup>2</sup> con vistas a no forzar demasiado la prensa innecesariamente. En caso de no tener cámaras de templado sí es necesario templar solo en la prensa y a la presión máxima.

#### Tiempo de prensado

El tiempo es el que enlaza los parámetros anteriores (humedad, temperatura y presión). El tiempo es directamente proporcional a las propiedades del tablero, como densidad, resistencia a la flexión y tracción; además disminuye la dilatación y la absorción.

Cada tiempo en el ciclo de prensado tiene su objetivo e influencia, por ejemplo el tiempo de cierre: a menor tiempo de cierre se obtienen mejores propiedades, este tiempo es una característica mecánica de la prensa y está determinado por su diseño. Las prensas actuales utilizan el menor tiempo posible (40-45 s.) En este tiempo la prensa alcanza la presión máxima (50-55 kg/cm<sup>2</sup>)<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Descripción del proceso tecnológico de producción de tableros de fibras

La materia prima (fibra de bagazo desmedulado) llega al área de los digestores donde se calienta con vapor directo a 10 o 12 atm de presión durante 15 a 20 min. Posteriormente, la torta se deposita en un estante donde se acopia para ser trasladada por conductores de rastrillos y de banda, es despedazada y pasa hasta el tanque de maceración de 80 m<sup>3</sup> de capacidad.

En dicho tanque se le añade agua, con una proporción de 1:5 y se mueve con un revolvente hasta que esté lista para ser pasada al refinador. Previamente, es transportada por unos conductores de rastrillos donde se lava con agua limpia, y es introducida al refinador de trabajo por un sinfín alimentador. La pulpa refinada, macerada y limpia se deposita en un estanque de 3 m<sup>3</sup>, y se bombea, por una bomba de pulpa de 140 m<sup>3</sup>/h con impulsor abierto, hasta un tanque receptor (machín). En el machín, se le adicionan diferentes productos químicos a la pulpa

para mejorar sus condiciones antes de pasar por la máquina formadora de los tableros.

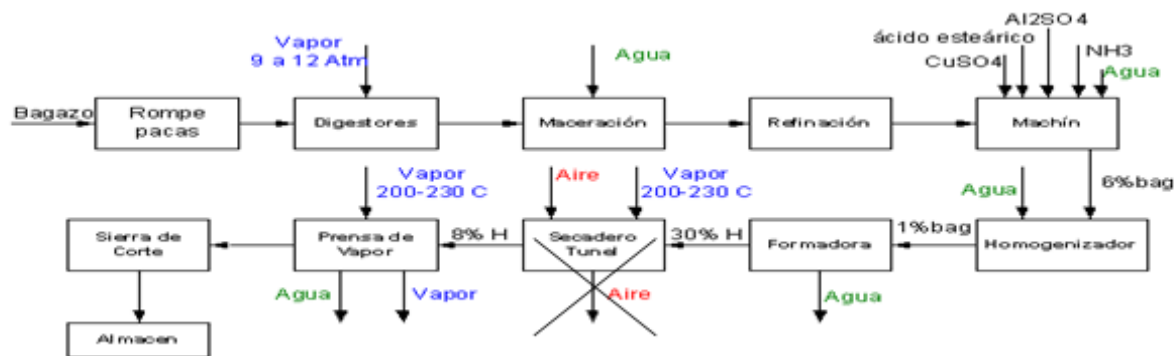
La máquina formadora de los tableros tiene el objetivo de formar los colchones de los tableros con el movimiento de dos cilindros. Seguidamente, en proceso continuo, los colchones formados, pasan por las pre prensas húmedas, saliendo con un contenido de humedad del 30 %. Los tableros son cortados en las dimensiones prefijadas, luego pasan a través de transportadores que los llevarán al secadero de túnel con dimensiones de hasta 200 m de longitud. Del secadero de túnel, los tableros salen con un 6 % de humedad, y pasan por la prensa de vapor para darle el acabado según el tipo de tablero que se esté fabricando. A la salida son cortados con la sierra cortadora, dándole las dimensiones requeridas para la comercialización.

#### 2.2 Propuesta de reconversión en la etapa de prensado de los tableros de fibras

La propuesta consiste en eliminar el secadero de túnel continuo (alto consumidor de vapor y demolido actualmente) y utilizar la prensa de vapor (discontinua). La prensa de vapor, con 16 platos, está conformada por dos platinas y una malla, con la función de desalojar la humedad de los tableros donde son prensados, y posteriormente pasarían por la sierra cortadora y para el almacenaje y comercialización.

Esta propuesta, sin lugar a dudas, obtendrá un tablero de fibra con calidad inferior a los obtenidos en esa planta en producciones anteriores, pero permitirá reconvertir y aprovechar el equipamiento instalado en esta planta de derivados en producciones que aportarán a la matriz económica de la empresa. Esta propuesta requiere un análisis de la llamada Ingeniería Inversa, en función del ciclo de prensado y de la capacidad que admite la prensa discontinua.

La principal desventaja es que aumenta el tiempo del ciclo de prensado y por consiguiente disminuyen de los volúmenes de producción de los tableros de 7 000 m<sup>3</sup> a 4 382,2 m<sup>3</sup>. En la figura 1 se muestra la descripción del proceso tecnológico.



**Figura 1.** Diagrama tecnológico del proceso de producción de tableros de fibras de bagazo en la planta de la EA Amancio Rodríguez

Por otro lado, se determinó, que considerando un ciclo de prensado total (carga, exprimido, secado, descarga) de 15 min, es posible una producción de 14,6 m<sup>3</sup> de tableros por día, para una capacidad de producción de 62 % con respecto a la capacidad real instalada.

Para considerar la propuesta de reconversión en la etapa de prensado del tablero y su impacto en el proceso completo, se hace necesario realizar un diagnóstico y una defectación del proceso tecnológico en la planta, así como la determinación de los balances de masa y energía en todo el proceso determinando las principales corrientes de proceso, así como el análisis económico de la propuesta.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico realizado en las principales etapas del proceso para la reconversión del mismo.

Como resultado del diagnóstico y la defectación en la planta se encontraron deficiencias tecnológicas por parte de algunos equipos, las cuales fueron vistas y analizadas para tener una medida del efecto que puede traer sobre el proceso, las mismas se describen a continuación:

En el área de preparación de la materia prima uno de los equipos fundamentales es el rompe pacas, el cual tiene problemas con el motor instalado, ya que la velocidad del transportador es superior a la necesaria, lo que trae como consecuencia que se pierda la rotura de la paca y no exista una

-buena homogenización de la materia prima en las etapas siguientes. Se propone como medida recalculer la velocidad del transportador.

Los digestores presentan problemas en: el cierre de la tapa superior, por juntas deterioradas, corrosión exterior generalizada; la tapa inferior tiene elementos metálicos que con el tiempo se pueden desgastar por fricción de la tapa (dientes del cierre). Existe deficiencia en los cilindros hidráulicos (pistones), mal acomodamiento del cierre de la tapa por desgaste del sello o empaquetadora.

-En la maceración existen problemas a la entrada del agua y la materia prima.

-El refinador está sobrediseñado con respecto a la nueva capacidad de trabajo, para ello hay que adecuar las rpm para el nuevo trabajo, que estaría en el rango de 1 700 rpm. Existe desgaste en los dientes de las galletas por tiempo de explotación. Una baja presión hidráulica hace que no llegue la fibra a la calidad requerida.

-En la máquina formadora existen problemas con la alimentación; se requiere que sea constante, así como la presión, esto provoca derrame por los sellos y ocurre el embotellamiento de equipo por exceso de formación de colchón, provocando que se rompa el tablero. Para prevenir este suceso hay que poner un variador de frecuencia que permita mantener estable la velocidad de rotación de la formadora.

Por otro lado, existe inestabilidad del variador de velocidad en el conjunto de motores de la formadora y pre-prensa húmeda, esto trae como consecuencia mala sincronización en la prensa y en la formadora provocando rotura en el colchón. La propuesta consiste en colocar una transmisión única para la formadora y la prensa húmeda con un mismo motor y variador de velocidad para ajustar las velocidades de trabajo. Esto traería consigo un ahorro de 4 en .

y el costo de mantenimiento de los mismos; además garantizaría una buena sincronización de los equipos, buena estabilidad del proceso y una mejora en las condiciones de trabajo del operario.

- La transportación de los tableros a la prensa: este paso obstaculiza el proceso y de esta forma incide directamente sobre la capacidad de producción ya que no se cuenta con un equipo capaz de transportar los tableros a la salida de la máquina formadora.

- En la prensa de vapor se presentan problemas en:

- Compresor de alta presión: Presenta baja presión por desgastes o fugas, esto trae como consecuencia que no se alcanza una buena consistencia del tablero y disminuye la calidad del mismo.

- Bomba de alta presión con solución de aceite y agua: Tiene desgaste en las válvulas de retención y en los diques de retención, esto trae como consecuencia la deformación de los tableros antes de entrar a la prensa.

Esta industria no cuenta con un sistema de tratamiento de agua, además no se recircula los grandes volúmenes de la misma, lo que trae como consecuencia la pérdida de tan valioso recurso natural, desechando la posibilidad de obtener otros productos como el biogás y el meollo, ambos para la generación de energía.

### 3.2 Determinación de los balances de masa y energía.

Como resultado de los balances de masa y energía, en la tabla 1 se muestran los flujos de las corrientes principales del proceso de producción de tableros.

Como resultado de los balances de masa y energía en las principales corrientes del proceso de producción, se obtuvo que los mayores consumidores de vapor son la prensa y los digestores y las etapas mayores consumidoras de agua son la homogenización y maceración.

Como se observa, durante el proceso de fabricación de tableros se consumen y se vierten grandes volúmenes de agua, por lo que resulta importante recircularla para lograr un aprovechamiento en el proceso. Por otro lado, esta instalación no cuenta con una planta de tratamiento de las aguas residuales, es por ello que se recomienda valorar estos análisis para posteriores estudios.

Del diagnóstico técnico realizado a la planta de tableros de fibras se detectaron que existen los principales equipos de procesos, no siendo así los equipos auxiliares (motores eléctricos y bombas) de todas las etapas. Se realizó la defectación y los costos de todos los equipos.

En las tablas 2 y 3 se muestran los principales resultados económicos obtenidos en el análisis de la reconversión con la propuesta analizada, para 14,6 m<sup>3</sup> de tableros/día, lo que equivale a 4 382 m<sup>3</sup> de tableros/año.

**Tabla 1. Principales consumidores en las etapas de proceso**

Flujos de los consumidores	Cantidad
F agua entrada en la cascada (m <sup>3</sup> /día)	1143,7
F agua entrada en la maceración (m <sup>3</sup> /día)	194,3
F agua entrada machín (m <sup>3</sup> /día)	0,42
F agua entrada total (m <sup>3</sup> /día)	1338,42
F agua salida formadora (m <sup>3</sup> /día)	1352,8
F agua salida prensa (m <sup>3</sup> /día)	5,0
F agua salida total (m <sup>3</sup> /día)	1357,8
Consumo de vapor prensa (tv/día)	4,13
Consumo de vapor digestores (tv/día)	2,68

**Tabla 2. Costo de las materias primas en el proceso**

<b>Productos</b>	<b>Precio(\$/Kg)</b>	<b>Consumo Kg/año)</b>	<b>Costo(\$/año)</b>
Bagazo integral	8.0500E-03	10200.000	82,11
Sulfato de aluminio	0,81	17520,000	14191,20
Sulfato de cobre	4,65	65700,000	305505,00
Parafina	1,20	43800,000	52453,13
Ácido esteárico	1,33	1752,000	2328,41
Costo total			374559,85

**Tabla 3. Costos e indicadores económicos.**

<b>Elementos</b>	<b>Costos ( \$/año)</b>
Costo equipamiento	175 664,5
Costo total de inversión	767 082,780
Costo total de producción	1286 453,180
VAN (\$)	973 598,76
TIR	33 %
PRD	3,8 años



## CONCLUSIONES

1. Existen posibilidades de reanimación y reconversión de la planta de tableros en la EA Amancio Rodríguez, toda vez que se logren aprovechar y adecuar las capacidades instaladas a las nuevas condiciones tecnológicas, a partir del equipamiento existente en la planta, y de una adecuada disponibilidad de materia prima y los portadores energéticos en el complejo azucarero.

2. Del análisis técnico-económico en la planta de tableros se obtienen resultados satisfactorios de factibilidad económica, el costo de producción de la planta a reconvertir es de 1 286 453,180 \$/año, con ganancias de 1 569 707,62 \$/año, recuperando la inversión en un período de 3,8 años.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bermúdez, J. y J.M. Fernandez: “El tablero de fibra de densidad Media. (MDF),” *Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera*, 4, 2000.
2. Fernández, J. M.: Tratamiento de aguas residuales de las industrias de tableros de fibra”. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela., 1994.
3. Velásquez Jiménez, JA. (2002). Producción de tableros de fibras a partir de *Miscanthus sinensis*, Tesis doctoral, Escola Tecnica Superior d Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2002.
4. Gil Cebrian, Amadeo: Procedimiento mejorado para fabricar tableros de fibras de material lignocelulósico. Patente 0187642, 1988.
5. Backlund, A; H. Thorleif; E. De Faria; J. Amador: Método para la preparación de una pulpa para la digestión en un proceso continuo a partir de un material celulósico que contiene una fibra, Patente 0016323, 1993.
6. Colectivo de autores: Asimilación (Adopción) y reconversión de tecnologías para la producción de Biocombustibles, Ediciones cooperativas, CYTED. ISBN 978-959-7136-58-3, 2008.