

ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO

*Miguel Angel Solis; Sergio Andrés Martínez; Adriana De Mendoza - Pontificia Universidad Javeriana
Ingeniero Rodrigo Cabal Hincapié - CDT ASTIN*

RESUMEN

Este proyecto plantea una propuesta mediante la cual la Cooperativa de Recicladores "Nuevas Luces" podría adoptar tecnologías que le permitan incursionar en áreas de mayor valor agregado. Para ello, se lleva a cabo un estudio del subsector de la transformación del plástico reciclado, que involucra el análisis de materiales, productos, procesos y mercados. El estudio es evaluado bajo los principios del desarrollo sostenible: ecoeficiencia, equidad social y crecimiento económico, planteando, finalmente, posibles cursos de acción para darle continuidad a esta línea de investigación.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es una de las grandes preocupaciones de la sociedad contemporánea. Esta se ve reflejada en la cantidad de desechos sólidos que se entierran o incineran sin ser aprovechados, debido al manejo poco eficiente de los rellenos sanitarios. De igual forma, la tala indiscriminada de bosques ha generado inquietudes que invitan a plantear alternativas concretas, orientadas a disminuir el impacto negativo que causa sobre el medio ambiente.

Por otro lado, se presenta la alternativa de generar trabajo para personas que, actualmente, se dedican al reciclaje y que han sido desplazadas de los campos a la ciudad por la violencia o por la falta de oportunidades. Esta labor, que es considerada informal, contribuye con la solución del desempleo que aqueja a la sociedad colombiana y, en especial, a las zonas urbana y suburbana de Cali.

En este sentido, entidades como el SENA/CDT-ASTIN, disponen de recursos para realizar proyectos que estén al alcance de las empresas del subsector de transformación del plástico y que contribuyan a su desarrollo tecnológico, lo que les permite desarrollar nuevos productos, también a partir de los materiales reciclados, mejorando, así, su competitividad. Igualmente, cooperativas de recicladores como "Nuevas Luces", dedicadas al reciclaje de desechos sólidos, están en la búsqueda de propuestas para incursionar en áreas de mayor valor agregado o que adicionen otro proceso lucrativo al ciclo de los materiales que recuperan.

Las propuestas de desarrollo económico que se han planteado, incluyen: microrruteos para los servicios de aseo y recolección en diferentes comunas de Santiago de

Cali, el diseño de una Planta para un Centro de Acopio y Transferencia en la zona céntrica de la ciudad, y el diseño y estudio de factibilidad de una Planta de Transformación para agregar valor al plástico reciclado, cuyo resultado no sea solo materia prima de mejor calidad, sino, también, productos terminados que tengan una favorable demanda y aceptación en el mercado urbano.

Este proyecto refleja el esfuerzo conjunto entre la Universidad Javeriana y el SENA/CDT ASTIN, orientado a fomentar el desarrollo del sector industrial dedicado a la transformación de plásticos reciclados en Cali, mediante un adecuado aprovechamiento de los recursos naturales, industriales y humanos de la región, con la esperanza que se convierta en una experiencia replicable en otras localidades del país.

II. INFORMACIÓN TÉCNICA

A. Diagnóstico del sub-sector de la transformación de plástico reciclado

El estudio parte de investigaciones previas que han caracterizado la cadena productiva del plástico reciclado y la actividad de cooperativas

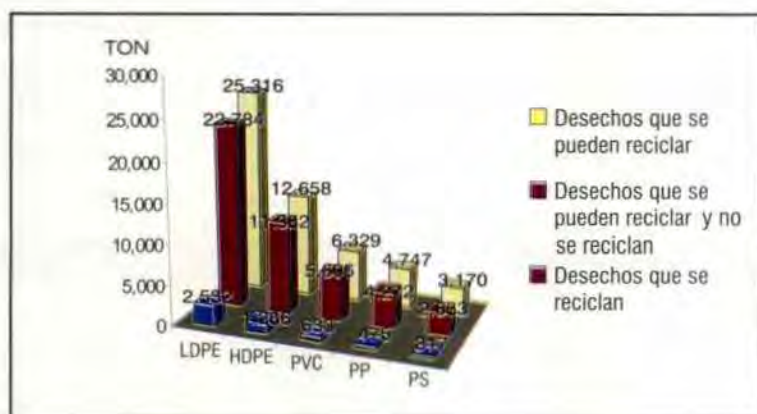


Figura 1. Proyección de residuos plásticos totales, potencialmente reciclables y actualmente reciclados en la ciudad de Cali, por tipo de resina para el año 2000

como "Nuevas Luces" [1], [2], [3]. Entre la información más relevante utilizada como base en el presente proyecto, se encuentran las proyecciones de generación de material plástico de desecho y la fracción potencialmente reciclable del mismo en la ciudad de Cali. Figura 1

Así mismo, se consigue describir la cadena productiva del plástico reciclado mediante la caracterización de cada uno de sus actores: generadores, recolectores, centros de acopio, y recicladores.

A continuación, se observa la generación de valor que se presenta en el material plástico reciclado, y a su vez, los precios de venta de cada integrante desde el momento que se

desecha hasta que es útil, de nuevo, para la sociedad. Figura 2

B. La Cooperativa de Recicladores "Nuevas Luces"

Esta empresa compra material plástico procedente del Basuro de Navarro en el Centro de Acopio; utiliza procesos de clasificación según el tipo de plástico, de lavado, de molienda y de desempolvillado para dejarlo en forma de gránulos, vendibles como materia prima a las industrias transformadoras.

En "Nuevas Luces" trabajan normalmente 7 personas cifra que puede aumentar a más de 10 dependiendo de los requerimientos. Figura 3.

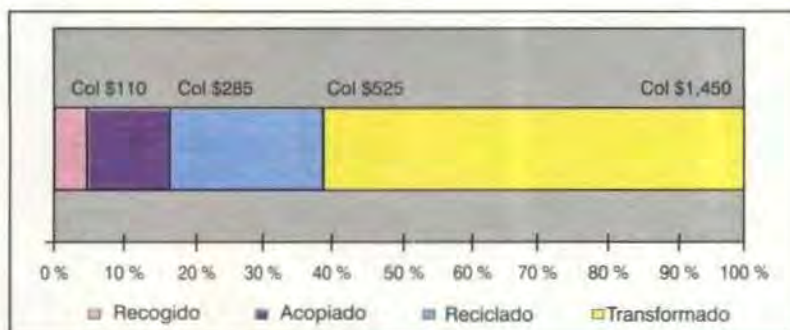


Figura 2. Valor agregado por la Cadena Productiva del Plástico Reciclado en la ciudad de Cali

Entre las fortalezas que presenta la Cooperativa, se encuentra el sentido de pertenencia y de identidad.

Además, la entidad cumple una importante labor social al apoyar alrededor de 80 niños -hijos de recicladores y del sector de Navarro- y subsidiar desayunos, almuerzos y actividades lúdicas mediante un programa de patrocinio en el cual, también pueden participar personas ajenas a la Cooperativa.

A pesar de que entre sus debilidades figuran la maquinaria obsoleta y la inestabilidad económica, -debido a la falta de continuidad en los contratos de venta y de servicios de aseo-, están convencidos del mérito que tiene su trabajo y de la necesidad de mejorar las condiciones de vida en su entorno ecológico inmediato.

C. Madera sintética como alternativa viable

Al compararse diferentes alternativas utilizadas en nuestro medio para disponer de los desechos plásticos, tales como la incineración, la biodegradación y la reutilización, entre otros, el reciclaje mecánico presenta las mejores condiciones para el aprovechamiento de estos residuos. En Colombia, el plástico reciclado tiene una imagen de baja calidad por ser utilizado para disminuir costos en productos de plástico virgen. Con el fin de mejorar esta percepción, se ha decidido investigar productos que sean fabricados a partir de material plástico.

Se ha identificado un grupo de productos como la mejor opción, según los objetivos de la propuesta, por dos razones principales: (1) Involucran grandes volúmenes de material reciclado, siendo éste su principal componente, y (2) Permiten mezclar diversos tipos de plástico sin alterar significativamente sus cualidades. Por su aspecto similar al



Figura 3. Proceso productivo de la Cooperativa de Recicladores Nuevas Luces

D. Análisis de materiales

Al basarse en las condiciones de uso que tendrían estas tablas y para mejorar sus propiedades mecánicas comparadas con las de la madera, se ha decidido evaluar la utilización de fibra de vidrio y plástico virgen para reforzar el material reciclado por "Nuevas Luces" -principalmente envases de polietileno de alta densidad, fabricados por el proceso de soplado-, realizando 13 mezclas con diferentes proporciones de estos materiales y con cambios en las variables de proceso. Las mezclas han sido analizadas teniendo en cuenta el costo, la cantidad de material reciclado y las propiedades mecánicas de tensión, flexión e impacto, medidas de acuerdo con las normas ASTM y realizadas en el CDT ASTIN.

En general, se ha observado que las mezclas de mayor contenido de plástico reciclado eran más rígidas M1 es 100% material reciclado y M6

de la madera, este grupo se conoce como *Madera Plástica* y posibilita diversidad de usos en la construcción de edificaciones, en la industria de muebles y en aplicaciones para exteriores. Figura 4.

Por medio de un análisis cualitativo, se han evaluado veinticuatro (24) productos de este grupo, teniendo en cuenta la competencia, apariencia, y el impacto cultural y la complejidad de su forma. El producto de mejores oportunidades de negocio ha resultado ser la Tabla de Madera, con la cual se fabrican infinidad de objetos. Este proyecto se orienta, entonces, hacia la producción de tablas plásticas, que serían vendidas a otras empresas que tengan la capacidad de diversificar su producción a partir de estos insumos.



Figura 4. Muelle fabricado con madera plástica

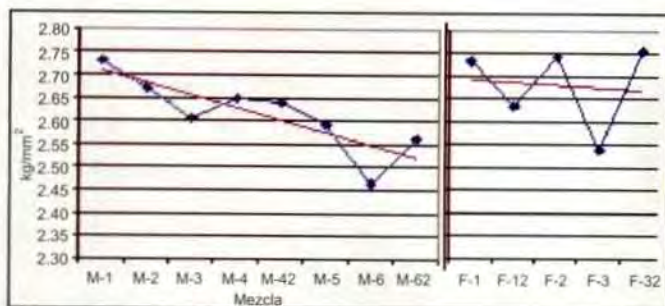


Figura 5. Resultados de la prueba de resistencia a la tensión en kg-f/mm²

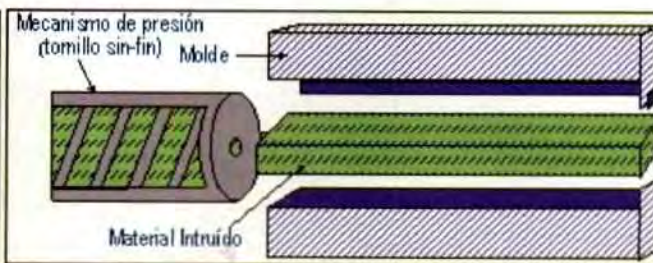


Figura 7. Esquema del proceso de moldeado por intrusión.

es 100% HDPE virgen-, presentando mayor resistencia a la tensión y a la flexión y menos resistencia al impacto por su mayor fragilidad. Este resultado se ha reflejado en las pruebas de calorimetría, donde se muestra cómo el plástico reciclado se va cristalizando al acumular memoria térmica, es decir mayor número de reprocesos. Las mezclas denominadas con la letra 'F' contienen refuerzos con fibra de vidrio a la mezcla M-2 [4] Figura 5

La mezcla M-1, compuesta totalmente de plástico reciclado, ha sido escogida como la más adecuada para la elaboración del producto. Estos resultados son acordes al XX Congreso Colombiano de Ingeniería Química [5]

E. Identificación de la tecnología

Simultáneamente se han investigado diversas tecnologías que permiten fabricar el producto identificado utilizando los materiales presentes en las mezclas. El proceso de intrusión fue escogido como el más indicado para cumplir los objetivos por presentar los mejores rendimientos y la mejor relación costo-beneficio en el formado de grandes volúmenes. El proceso de intrusión consiste en empujar el material utilizando un extruder, obligándolo a llenar un molde con la forma final deseada. Figura 6.

F. Prueba de comportamiento del material

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del material reciclado ante el uso de herramientas convencionales de ebanistería, se ha fabricado un taburete en la empresa "ENMADERA"; presentando resultados positivos frente a la utilización de tornillos, puntillas, sierras y cepillos, y debilidades ante el uso de pegantes y pinturas. Esto se ha hecho a partir de tablas plásticas moldeadas por intrusión. Figura 7.

G. Caracterización del mercado

En busca de oportunidades y de productos a los cuales sustituir con el material propuesto, se ha realizado una caracterización del mercado de la madera encuestando a empresas de la ciudad que los fabrican.

Como resultado de este estudio se ha obtenido información referente a los tipos de madera utilizados, las aplicaciones a las cuales es destinada, los procesos a los cuales se somete, los precios a los cuales se vende, las ventajas comparativas que tendría el plástico reciclado con respecto a cada producto, y la aceptación de la tabla plástica por parte de las empresas; la cual, ha sido bastante alta, en tanto que sólo un cinco por ciento se muestran partidarios de trabajar únicamente con la madera. Figura 9



Figura 7. Taburete en Plástico Reciclado.

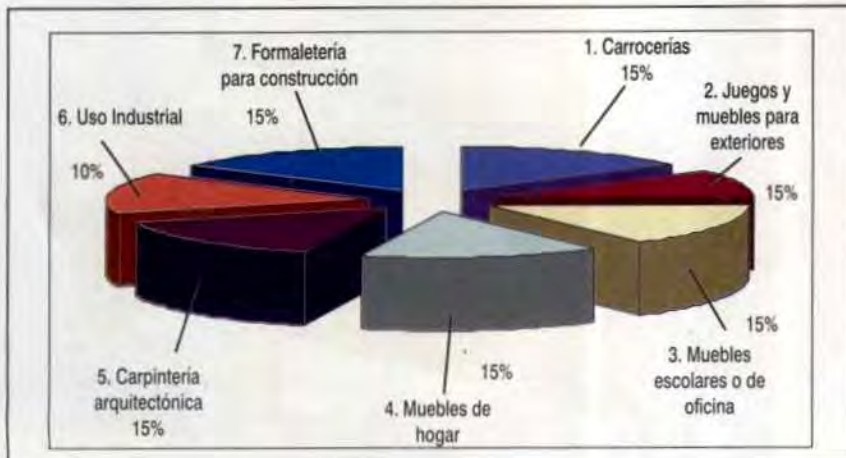


Figura 8. Sectores encuestados dedicados a la transformación de la madera

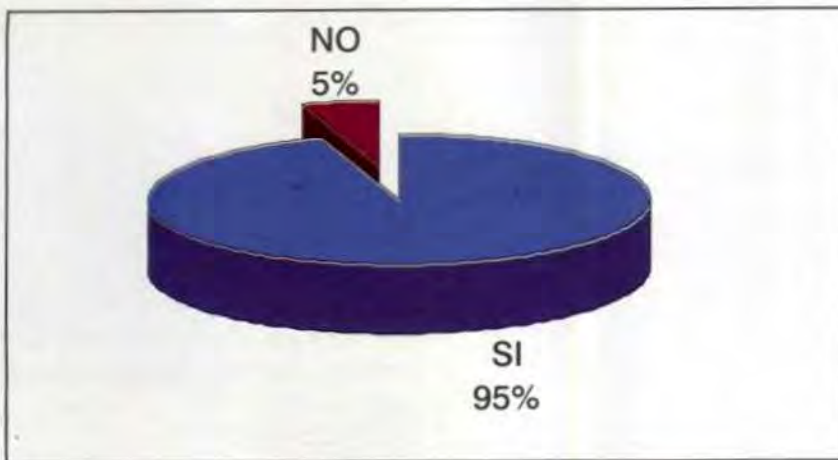


Figura 9. Aceptación de la posibilidad de probar el material por parte de las empresas fabricantes de artículos en madera

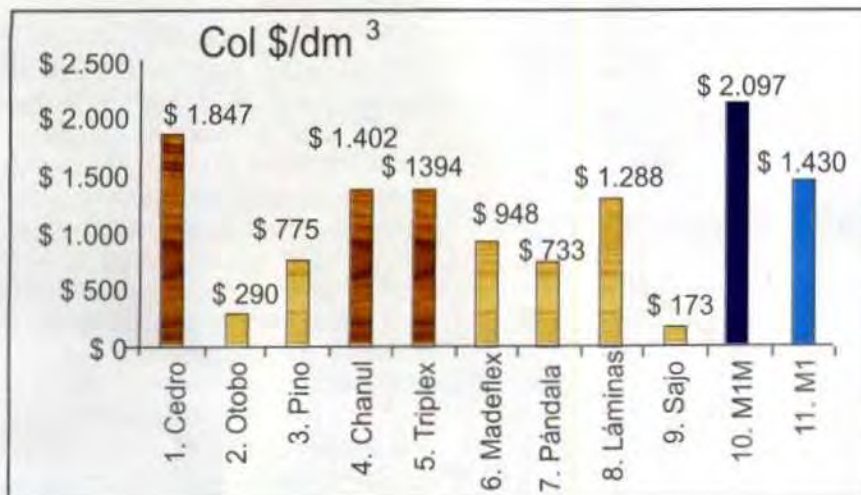


Figura 10. Comparación del valor de las maderas y el plástico reciclado en Col \$/dm³

En este análisis se han identificado tres grupos principales de empresas: (1) Aquellas que utilizan grandes cantidades de madera de baja calidad, poca duración y a precios muy bajos (maderas: otobo y sajo; productos: estibas, carretes, formaletería de construcción), (2) Empresas que compran maderas de buena calidad, en cantidades apreciables y a precios mayores que el grupo anterior (maderas: pino, chanul, granadillo, triplex; productos: muebles de exteriores, carrocerías y muebles escolares y de oficina), y (3) Establecimientos que compran madera de muy buenos acabados al mayor precio del mercado en cantidades pequeñas (madera: cedro; productos: muebles de interior, carpintería arquitectónica, molduras para cuadros, estimándose el valor promedio por kilogramo de madera en Col \$1.101-US \$0.49-) [6].

En un esfuerzo por tener un patrón de comparación efectivo entre los tipos de madera encontrados en el mercado y los tipos de plásticos disponibles, se ha escogido el precio por unidad de volumen [\$/dm³]. A continuación, se observa el valor de esta unidad para la madera y dos tipos de plástico reciclado: M1-acabados normales- y M1M—es la misma M1 con acabados mejorados a partir de mecanizado y resinas poliéstericas. Figura 10.

H. Selección del producto

Después de observar alrededor de 36 productos de madera y como resultado de una serie de argumentos y análisis comparativos de los diferentes productos encontrados en el sector de la madera, y teniendo en cuenta su aceptación por parte de los clientes potenciales, las ventajas con respecto al producto actual hecho con madera, la complejidad del diseño y fabricación, y la facilidad de manipulación, se ha seleccionado el Tablero de Construcción de Edificaciones.

El tablero o plaqueta se fabrica con madera de otoboy su función principal es la de darle forma al concreto de losas, columnas y vigas como parte del sistema de formaletería que se alquila a los constructores. Figura 11.

Actualmente, la durabilidad de este producto se ve afectada por la continua contracción y dilatación de la madera a causa de la absorción y pérdida del agua que cede el concreto en su proceso de fraguado. Fabricar este producto en plástico reciclado presenta la gran ventaja de no verse afectado por la humedad y los insectos, teniendo, así, la posibilidad de durar muchísimo más, bajo condiciones normales de uso. De esta forma, ofrece economías en el mantenimiento a las empresas que los alquilan y a las empresas que los utilizan, ahorros en concreto debido a los mejores acabados, reduciendo las quejas y demoras en la construcciones por las reparaciones de los tableros.

1. Diseño de producto

La función de diseño utilizada para sustituir el tablero convencional ha tenido en cuenta los siguientes aspectos: un proceso previo, que consiste en la elaboración de la



Figura 11. Formaletería de construcción

primera Matriz de Planeación del Producto-acorde con la metodología QFD [7]-, el peso y con el costo del tablero, la resistencia a los esfuerzos, las deformaciones máximas admisibles en las piezas, el comportamiento de los ensambles y las condiciones de modelamiento -temperatura y carga-. En esta fase se ha contado con la colaboración del Centro de Automatización de Procesos de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali [8].

El diseño escogido se denomina «Ecotablero» y acoge un enfoque que comprende la sustitución de las piezas más afectadas por las condiciones de uso-tablillas-, dejando en madera el cuerpo principal del producto-soportes-, permitiendo que siga siendo liviano, resistente y económico. Figura 12

El comportamiento de la Tablilla de Plástico Reciclado ha sido simulado mediante programas como el VARIDCAD, SOLIDWORKS y ALGOR, en los cuales se observó la resistencia a los esfuerzos y las deformaciones máximas de cada pieza. En la figura 13 se puede apreciar en una escala exagerada, los desplazamientos máximos -en color rojo- en mm de la tablilla, al ser sometida a la carga ejercida por una losa de concreto que tenga una densidad promedio de 1.75 kg/m^3 . Los desplazamientos máximos de la pieza no superan los 1.4 mm, norma del Instituto Social de los Seguros Sociales de México, que recomienda que las deformaciones en los elementos de construcción no deben

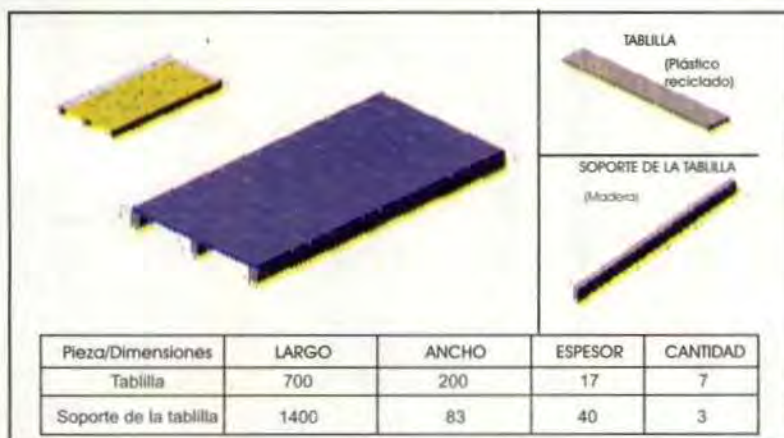


Figura 12. Ecotablero

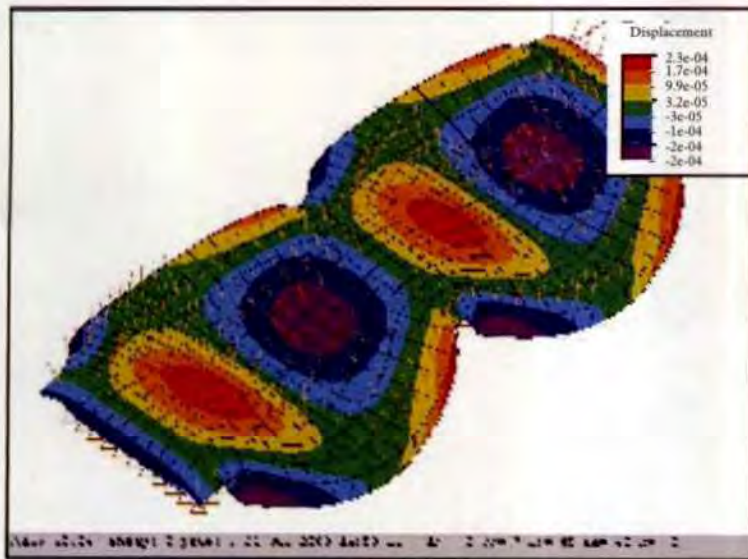


Figura 13. Imagen simulada del comportamiento mecánico de la tablilla -deformaciones en mm-

superar la relación de 1/500 de su longitud [9] Figura 13.

J. Diseño del sistema productivo

Una vez se tienen las características y dimensiones de la tabla a fabricar, se procede a diseñar un sistema productivo que utilice de manera eficiente tanto los procesos de reciclaje con que cuenta la Cooperativa como la tecnología de transformación identificada. Para ello, es importante entender que se trata de un proceso en serie, donde cada unidad depende directamente de la anterior y trabaja por ciclos—inicio y fin—que no pueden ser interrumpidos antes de terminar sus actividades.

El diseño del sistema productivo comienza por identificar la unidad que limita la capacidad del sistema o cuello de botella. A partir de ésta, se levantan los métodos de trabajo para las demás unidades. Por las diferencias en el tiempo del ciclo, capacidad de entrega y necesidad de abastecimiento existente entre las unidades, se generan inventarios de producto en proceso entre una y otra

unidad. El análisis de estos inventarios ha permitido desarrollar el método de trabajo más adecuado para la fabricación del producto.

Por ejemplo, en la figura 14 se observa cómo al administrar el número adecuado de ciclos de unidades en clasificación, se logra un comportamiento estable, evitando acumulación excesiva de inventario o desabastecimiento para el proceso subsiguiente de lavado, que es el cuello de

botella. Este análisis se realiza sistemáticamente para todo el sistema de producción.

Con base en los requerimientos del sistema productivo propuesto, tales como áreas de proceso, áreas de almacenamiento, métodos de trabajo y requerimientos de información, se ha planteado diseños que le han permitido a la Cooperativa una adecuada distribución de planta y de personal.

El mantenimiento del sistema productivo propuesto exige gastos mensuales en pesos colombianos por valor de \$10'863.437 -US \$4.850, incluyendo mano de obra (directa e indirecta), dotaciones, manejo de equipos, pago de servicios, materia prima, insumos, mantenimiento, gastos administrativos y gastos financieros, entre otros. El volumen de producción estimado es de 4.480 tabillitas mensuales -640 Ecotableros—considerando un turno laboral diario de 9,5 h/día.

El costo por kilogramo de material se ha estimado en Colombia en \$1.068 -precio internacional en dólares US \$0,47-. Con base en el análisis de punto de equilibrio y de los precios de la competencia directa, el precio de

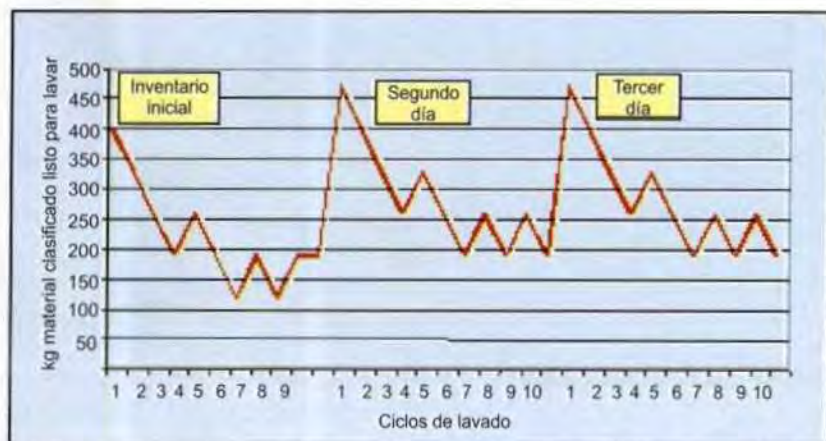


Figura 14. Comportamiento del inventario de producto en proceso entre las unidades de clasificación y lavado.

venta del producto se ha establecido en Colombia \$1.450 -US \$0,65- por kilogramo. De esta manera, las empresas que comprarían las tablillas para elaborar y alquilar los Ecotablos tendrían un retorno de la inversión estimado en menos de 2.5 años por tablero.

El nivel de producción estimado de la planta propuesta estaría en capacidad de asumir un 7% del mercado de tableros de construcción requeridos en la ciudad de Cali, según proyecciones basadas en datos del DANE y la Curaduría Urbana de Cali No. 1, los cuales incluyen promedios de m² de losa efectivamente construidos en el sector de vivienda [9].

K. Herramientas de control

Además del sistema productivo, se plantea un sistema de control basado en cartas de registro de inventarios. Este sistema es iconográfico -permitiendo a los recicladores semi-alfabetas diligenciarlo con facilidad- y es posible borrar y escribir sobre un mismo formato cuantas veces sea necesario. Estas características lo hacen fácil de entender, económico y ecológico. En la siguiente figura 15 se puede observar horizontalmente las etapas del proceso -clasificación (flechas de colores), lavado (lavamanos), tamizado (ventilador), producto terminado (bultos)-; verticalmente, los tipos de resinas que maneja la cooperativa - HDPE y PVC- y, finalmente, los espacios sirven para anotar el total de kilogramos, al final de cada turno por tipo de resina y color en cada etapa del proceso.

L. Evaluación de la propuesta

La evaluación económica y financiera del proyecto ha sido analizada para un período de 36 meses -3 años- presentando resultados favorables:

REGISTRO DIARIO DE INVENTARIOS – ENVASES

Dia	[Icono de flecha roja]	[Icono de flecha azul]	[Icono de flecha verde]	[Icono de flecha amarilla]
[Icono de botella roja] [Icono de botella verde] [Icono de reciclaje verde] HDPE [Icono de reciclaje verde] [Icono de reciclaje verde] PVC	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]
	[Caja amarilla]	[Caja amarilla]	[Caja amarilla]	[Caja amarilla]
	[Caja azul]	[Caja azul]	[Caja azul]	[Caja azul]
	[Caja roja]	[Caja roja]	[Caja roja]	[Caja roja]
	[Caja gris]	[Caja gris]	[Caja gris]	[Caja gris]
	[Caja con rayas]	[Caja con rayas]	[Caja con rayas]	[Caja con rayas]
	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]
	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]	[Caja blanca]

Figura 15. Carta de recolección de datos para el control del sistema productivo

VPN = Col \$38'000.000 -US \$17.000- y TIR = 31,5% efectivo anual, con una inversión inicial estimada en Colombia de \$100'000.000 -US \$45.000-.

Desde el punto de vista del desarrollo sostenible -eficiencia, equidad social y crecimiento económico- el proyecto tendría el siguiente impacto: 88 árboles de otoño dejarían de ser cortados cada año, preservando 1.400 m² de bosques nativos -de zona pantanosa y propiedades medicinales-, 17.550 m³ de plástico que dejarían de ocupar un espacio equivalente al de 13 piscinas de waterpolo cada año en el Basuro de Navarro; 16 personas estarían vinculadas directamente con la propuesta y los niños del área social de la Cooperativa verían fortalecidos sus patrocinios; además de las personas que se beneficiarían indirectamente por la estimulación de la cadena productiva del plástico reciclado, al requerirse 15 Ton/mes de materia prima. Finalmente, la

propuesta equivaldría al 0,03% del valor agregado generado por el sector transformador del plástico en el Valle del Cauca [10].

M. Pensando en el futuro...

Se espera que esta propuesta sea implementada por la Cooperativa de Recicladores "Nuevas Luces" o por el sector industrial en general, que impulse la creación de nuevos talleres satélites dedicados a la fabricación de diversos productos a partir del mecanizado y ensamble del producto desarrollado -tablas de madera plástica-, y que le permita a los recursos madereros permanecer donde son más valiosos. También se vislumbra la posibilidad de profundizar en la investigación de mezclas que involucren otros materiales -fibras naturales- para mejorar las cualidades de la Madera Plástica resultante del presente estudio -más económica y liviana- y en análisis más profundos

de otros productos potencialmente sustituibles. Por último, se espera que este tipo de propuestas generen un cambio en la cultura del reciclaje en nuestra sociedad.

CONCLUSIONES

1. La principal ventaja que tiene el plástico reciclado con respecto a la madera es su durabilidad, mientras que sus principales desventajas las constituyen su peso y su costo.
2. La mezcla con sólo plástico reciclado ha presentado mejores propiedades de resistencia a la tensión y a la flexión con respecto a las mezclas con HDPE virgen y con refuerzos de fibra de vidrio.
3. Propuestas como éstas contribuyen a mejorar la imagen de calidad que se tiene acerca del plástico reciclado, ya que el mercado en general desconoce las propiedades y ventajas de este material. Además, se constituye en un primer paso para desarrollar una amplia gama de productos que en la actualidad se fabrican en madera y que se pueden hacer en este material generando un impacto ambiental positivo, en una forma económica y socialmente rentable.
4. Para hacer la propuesta una realidad, la Cooperativa de Recicladores "Nuevas Luces" debe comprometerse con los cambios planteados y buscar fuentes de financiación que le permitan asumir este reto.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este proyecto se contó con la grata colaboración de los directores del proyecto Ingenieros Álvaro Figueroa Cabrera,

Director del Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana y Rodrigo Cabal Hincapié, Profesional del CDTASTIN/SENA, de los asesores del CDT-ASTIN, Jesús Antonio García, Juan Manuel Escandón, Harold De la Cruz, Paulo César Ramírez y Gladys González, del Ingeniero José Rafael González, de la Empresa Diseños Plásticos, de la Ingeniera Victoria E. Martínez de Enmadera -empresa del sector de la madera- el Ingeniero Alejandro Salazar de la Universidad del Valle, de Pavol Garcay y Jhon Jairo Aguado del Centro de Automatización de Procesos de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, del Ingeniero Andrés M. Perafán del Proyecto Nación del Sector de Formación Social de la PUJ-Cali, de Luz Ángela y Víctor Carabali de FERESURCO, y por supuesto de Clímaco Rentería, Marcial, Elider, Adiel y Gloria de la Cooperativa de Recicladores Nuevas Luces, quienes nos permitieron compartir sus sueños por un futuro mejor.

REFERENCIAS

- [1] Olave, M. y Martínez, L. Propuesta de Mejoramiento para la Cadena Productiva de la Fabricación de Productos Provenientes de Materiales Plásticos Reciclados. Cali, Pontificia Universidad Javeriana, 1998.
- [2] Guerrero, M. y Guzmán, J. Mejoramiento del Proceso de Producción en una Cooperativa Recicladora de Desechos Plásticos. Cali, Pontificia Universidad Javeriana, 1999.
- [3] EMSIRVA (Empresa de Servicios Varios de la Ciudad de Cali). Presentación de un Modelo para la Industrialización del Desecho Plástico, 1997.

[4] Informe de Ensayos No. A04006 – SENA Regional Valle, 2000.

[5] Perilla, J. Evaluación de Opciones de Reciclaje de Polietileno y Poliestireno de Posconsumo Mediante Mezclas de Materiales. XX Congreso Colombiano de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, 1998.

[6] US \$1 = Col \$2.240.

[7] QFD Capture Professional Edition 4.0.2., 1998.

[8] CAP. Centro de Automatización de Procesos. Pontificia Universidad Javeriana Cali.

[9] Instituto Social Mexicano del Seguro Social, Normas de Construcción, 1978, pp. 63.

[10] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). Información del Sector de Construcción de Colombia, 2000.

[11] DANE. Encuesta Anual Manufacturera: Clasificación de Productos y Materias Primas, 1998.

AUTORES

Miguel Angel Solís
e-mail: masolis700@hotmail.com.

Sergio Andrés Martínez
e-mail: sergio_m_ch@hotmail.com.

Adriana De Mendoza
e-mail: admendoza@hotmail.com.

