

Diseño y construcción de un dispositivo para la producción de tableros alistonados¹

Design and construction of a device for the production of edge-glued panels

C. A. Londoño y S. E. Sepúlveda

Recibido Noviembre 28 de 2013– Aceptado Junio 6 de 2014

Resumen - El artículo presenta los resultados del diseño y la construcción, con tecnología apropiada, de un dispositivo que sirvió como modelo de prueba, para la producción de tableros alistonados en la región (Pereira y Dosquebradas). Considerando variables críticas del proceso como son: presión de prensado, temperatura y tiempo del mismo.

Palabras Clave - Diseño, tecnología apropiada, dispositivo, producción, tableros alistonados, madera.

Abstract - The article presents the results of the design and construction, with appropriate technology, of a device which served as a test model for the production of Edge-glued panels in the region (Pereira and Dosquebradas). Considering critical variables of the process: pressing pressure, temperature, and processing time.

Key Words - Design, appropriate technology, device, production, edge-glued panels, wood.

1. INTRODUCCIÓN

Esta publicación es resultado de la investigación “Sistematización del proceso de fabricación de tableros alistonados”, proyecto presentado como trabajo de

grado en la Maestría en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira.

El proceso de fabricación de tableros alistonados consiste en la aplicación de presión a los listones de madera, previamente maquinados a las dimensiones requeridas y encolados (aplicación de adhesivo), para lograr la unión de los elementos cuando el adhesivo se haya curado (Fig. 1). Este proceso es recomendado cuando se trata de una pieza de grandes dimensiones, porque ofrece como ventajas la recuperación de materia prima y la estabilidad dimensional de la madera durante su procesamiento. En el momento del prensado, los anillos de crecimiento deben disponerse de forma encontrada para darle mayor estabilidad y evitar el alabeo de las piezas (mayor resistencia mecánica), obteniendo un mejor efecto estético. Otro requerimiento importante es que para tableros grandes es necesario disponer de un sistema que permita sujetar en dirección perpendicular a la aplicación de la presión, con el fin de evitar que los listones se desalineen y se obtenga un tablero por fuera de las especificaciones [1].

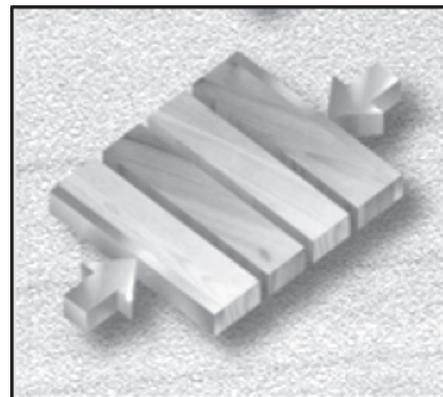


Fig. 1. Tableros alistonados [2].

¹Producto derivado del proyecto de investigación “Sistematización del proceso de fabricación de tableros alistonados”, proyecto presentado como trabajo de grado en la Maestría en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira.

C. A. Londoño es profesor asistente del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira. Investigador del grupo de investigación Dibujo y Diseño de Ingeniería. carloslondono@utp.edu.co

S. E. Sepúlveda es profesor titular de planta y Director del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira. Investigador del grupo de investigación Dibujo y Diseño de Ingeniería. simon@utp.edu.co

Para producir tableros alistonados en condiciones adecuadas se requiere controlar el proceso de fabricación, de tal forma que se pueda garantizar su calidad; por este motivo para la ejecución del proyecto de maestría mencionado, se diseñó y construyó con tecnología apropiada, un dispositivo para la fabricación de tableros alistonados en la región, que sirvió como modelo de prueba, donde se garantizó el control de las variables críticas del proceso. Partiendo de la información obtenida en la investigación realizada se establecieron como variables críticas a controlar en el proceso: la presión de prensado, la temperatura y el tiempo de proceso y además se definieron los rangos adecuados para dichas variables. Por medio de este dispositivo se realizaron mediciones directas que permitieron verificar los valores adecuados de cada una de ellas.

De la mano del mercado potencial de los tableros alistonados, está también el de los equipos para producirlos. Luego de la investigación realizada sobre los avances en este sector, se observó que en Colombia hay empresas fabricantes de maquinaria, pero no existen específicamente máquinas para tableros alistonados. Algunas pequeñas empresas han construido dispositivos de baja capacidad y sin control de las variables críticas del proceso, sin embargo, nunca han tenido esto como su actividad económica. A nivel internacional existen empresas fabricantes de dispositivos para este proceso: italianas, alemanas y chinas principalmente, las cuales en su mayoría son automatizadas. Lo anterior permite concluir que la fabricación de dispositivos en Colombia ha logrado importantes desarrollos tecnológicos; a pesar de esto la fabricación de dispositivos para la producción de tableros alistonados en condiciones adecuadas no se realiza actualmente en el país.

Se hicieron mediciones de la presión ejercida por el modelo de prueba a los listones mediante un manómetro, instalado en la entrada de un cilindro conectado a una unidad hidráulica, con el fin de evitar pérdidas en el sistema. Este entregó información que permitió, con la ayuda de un temporizador, determinar la variación en el tiempo de la presión aplicada. De esta forma se garantizó la aplicación de presión constante para el proceso. La presión se ejerció a través de un módulo que la distribuye uniformemente.

También se hicieron mediciones de temperatura generada por el modelo de prueba, mediante un controlador de temperatura digital. Este entregó información que permitió con la ayuda de un temporizador, determinar la variación de esta en el tiempo, aplicada a los listones de madera. De esta forma se garantizó la aplicación de temperatura para el proceso.

La temperatura se incrementa por medio de un sistema de calefacción a gas propano que consta de un compartimiento especial con la cual se adicionó calor a los listones. Este sistema de calefacción de acuerdo al análisis de transferencia de calor realizado, para lograr mejor eficiencia, debe tener un proceso de precalentamiento del modelo de prueba, es

decir que el proceso de fabricación de los tableros debe iniciar cuando se logre la temperatura requerida en la cámara de trabajo. Adicionalmente, al dispositivo se le instaló un temporizador que permitió medir el tiempo de las pruebas realizadas.

La experimentación se llevó a cabo en el Laboratorio de Sistemas Dinámicos y Control de la UTP y los tableros alistonados obtenidos se denominarán en adelante tableros probeta. El dispositivo diseñado es una estructura metálica estacionaria que permite una fácil operación y el uso de instrumentación convencional.

A partir del análisis realizado al proceso de producción de tableros alistonados en la región [1], las especificaciones de los listones y tableros probeta definidos son:

Sección transversal listón: ancho 5 cm, alto 2 cm, largo 50 cm

No. Listones: 10 listones

Dimensiones tablero: ancho 50 cm, alto 2 cm, largo 50 cm

Adhesivo: Carpincol mr60

Madera: Sajo (vaquerá)

Rango presión: 1.5 kgf/cm² - 3.5 kgf/cm²

Rango temperatura: 20° C - 40° C

Para la validación del dispositivo se realizaron pruebas de producción de tableros probeta con temperaturas de 40, 50 y 60° C, con presiones de 2, 2.5 y 3.5 kgf/cm² y con tiempos de proceso de 15, 20 y 25 min; teniendo en cuenta las condiciones del Laboratorio de Sistemas Dinámicos y Control de la UTP: humedad relativa ambiente: 65 – 80% y temperatura ambiente, aproximadamente 18 °C, y además la humedad relativa de los listones de madera: 12 - 14%.

I. METODOLOGÍA

Para el diseño y construcción del dispositivo se aplicó la metodología de diseño en ingeniería de Dym y Little [2]; esta consiste en un modelo que incluye un proceso de diseño simple haciendo énfasis en tres etapas principales, diseño conceptual, diseño preliminar y diseño detallado donde el punto de inicio es el planteamiento del cliente, que con frecuencia se identifica como la necesidad de un diseño y el punto de terminación es el diseño final o el conjunto de especificaciones de fabricación. Estas tres etapas de diseño más la identificación de la necesidad y el diseño final o conjunto de especificaciones de fabricación conforman el modelo prescriptivo de cinco etapas del proceso de diseño en ingeniería definido; dentro de este se establecen 10 tareas que se convierten en una lista de verificación, utilizada para asegurar que se efectuaron todos los pasos requeridos [3]. La aplicación de esta metodología, considerando los resultados de la investigación se presenta a continuación.

III. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE Y EL SISTEMA MECÁNICO

Los dispositivos más avanzados, utilizados por las empresas de la región consisten en mesas giratorias con mordazas accionadas por un mecanismo tornillo manivela, que prensan los listones de madera, ayudadas por un tope que no permite que los listones se desalineen (Fig. 2). La mayoría de las empresas utilizan prensas manuales “alacrán” y en algunas ocasiones las usan apoyándose en elementos adicionales para complementar su acción.

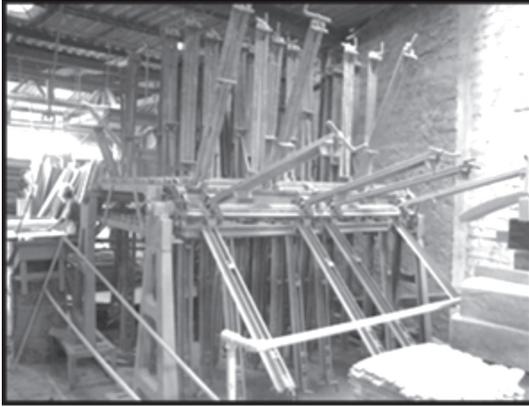


Fig. 2. Dispositivo mecánico tipo carrusel

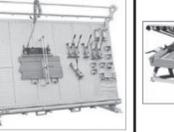
El problema de diseño radica en que estos dispositivos requieren de un sistema que haga más efectivo el proceso, para que las empresas puedan responder a las necesidades propias de la producción de tableros alistonados.

A) Análisis de tipologías y alternativa seleccionada

Analizando las tipologías y valorando cada una de sus características definidas desde la ingeniería y el diseño entre 1 y 3, se obtuvo un valor promedio ponderado máximo de 2.4; este valor corresponde a la tipología A (Tabla I), lo que significa, con estos criterios, que es la más adecuada para las necesidades del proyecto.

Es importante mencionar que a partir de este análisis tipológico, se proyectaron diferentes alternativas de diseño, de las cuales haciendo un análisis similar al tipológico presentado, se seleccionó la alternativa con la que se construyó el modelo de prueba. En ella se planteó simplicidad y practicidad en su construcción, operación, mantenimiento y reparación. Esta consta de una estructura central soporte con una inclinación apropiada para trabajar evitando esfuerzos inadecuados para el operador, 13° aproximadamente. Tiene dos módulos a cada lado con unas guías que ayudan a que el proceso de encolado, apilamiento y alimentación se realicen fácilmente (Fig. 3).

TABLA I. ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS

| ANÁLISIS TIPOLOGICO |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|---|---|--|---|---|---|
| TIPOLOGÍAS | A | B | C | D | E | F |
| CARACTERÍSTICAS | | | | | | |
| Práctica | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Estética | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Comunicativa | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Materiales | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Costos | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Estructura | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Accionamiento | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Producción | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Ergonomía | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| PROMEDIO PONDERADO | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2 | 1.9 |

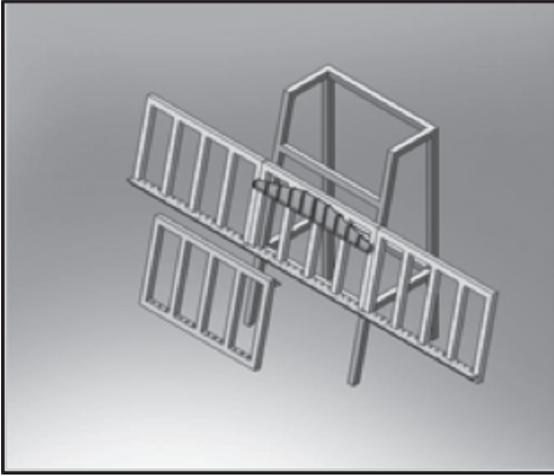


Fig. 3. Estructura soporte

Además, consta de un sistema de tornillos mecánicos guiados que abren y cierran la cámara de trabajo y por medio de tubería metálica se presionan los listones en dirección perpendicular a la aplicación de la presión de trabajo con el fin de que los listones no se desalineen. Esta estructura base en acero comercial ASTM A36, tiene los elementos necesarios para la ubicación del sistema de calefacción y el sistema hidráulico utilizados, al igual que la instrumentación requerida para controlar el proceso.

B) Diseño del sistema de calefacción

De acuerdo a los requerimientos de diseño, se necesitó un sistema que generara calor y lo enviara a la cámara de trabajo, por esto se utilizó gas propano, considerando su bajo costo y viabilidad. Para trabajar con gas, se requirió de un quemador eficiente que garantizara una llama adecuada y evitara pérdidas de combustible; además, fue necesaria una cámara de combustión que sirviera de intercambiador de calor considerando que la madera no debía entrar en contacto directo con la llama; por esto se diseñó un impulsor que enviara el aire caliente a través de unos ductos a la cámara de trabajo y que lo hiciera salir de ella permitiendo que los listones de madera ganaran el calor suficiente para el proceso.

Para generar el volumen de la cámara de trabajo se empleó tubería metálica. Esta al ser perforada en diferentes puntos, al interior de la cámara, permitió ingresar el aire caliente. Para aislar el compartimiento se empleó un aislante térmico, el cual garantizó la acumulación de calor en la cámara hasta lograr las temperaturas del proceso.

Para poner a funcionar el impulsor mencionado se utilizó un motor de 0.25 hp, teniendo en cuenta que la potencia requerida es mínima debido a que el aire en la cámara de combustión está a presión atmosférica y se le adaptó un rotor y una carcasa de acuerdo a las condiciones requeridas.

C) Análisis de transferencia de calor

Para el análisis de transferencia de calor se asume que el flujo de aire caliente a través del circuito es constante y que antes de iniciar el proceso de fabricación del tablero se realizará un precalentamiento del sistema. La transferencia de calor se da por conducción desde el aire caliente hacia la sección transversal media del tablero [4]; este proceso se da en iguales condiciones en ambas caras.

Los resultados del análisis para el modelo de prueba se presentan en el siguiente cuadro resumen (Tabla II).

TABLA II. BALANCE TÉRMICO DEL MODELO DE PRUEBA

| ITEM | kcal/h | VARIABLE |
|--|----------------|-------------|
| Potencia máxima quemador | 4700 | \dot{Q}_q |
| Carga térmica: calor suministrado | 45.7 | \dot{Q}_s |
| Calor madera | 45.1 | |
| Calor aire | 0.624 | |
| Pérdidas de calor: | 1739.17 | \dot{Q}_p |
| Cámara de trabajo: | 202.8 | |
| Paredes | 40.5 | |
| Superboard | 162.3 | |
| Círculo aire | 145.12 | |
| Tubería en acero | 63.12 | |
| Carcasa ventilador en aluminio | 82 | |
| Cámara de combustión | 209.5 | |
| Ventilación o renovación de aire | 1182.2 | |
| Calor útil | 1785 | \dot{Q}_u |

IV. SELECCIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS NECESARIOS

A) Variables a controlar

Las variables más significativas para el proceso, puesto que inciden directamente en la calidad de los tableros alistados [1], son:

1. Presión de prensado: 1.5 kgf/cm² - 3.5 kgf/cm²
2. Temperatura de proceso: 20 °C - 40 °C
3. Tiempo de prensado: 10 min – 20 min

Los instrumentos de medición y los equipos necesarios se seleccionaron teniendo en cuenta los requerimientos del proceso y que el módulo de prueba debe servir para proyectos futuros. Cabe anotar que el dispositivo requiere, para su funcionamiento, del módulo hidráulico: Hydraquip Vickers, Unidad de Entrenamiento.

B) Medición y control de variables

1. Presión: la presión de prensado de los tableros se mide con un manómetro análogo que tiene una presión máxima de 70 bar y ésta se controla por

medio de una válvula hidráulica reguladora de presión, del módulo hidráulico: Hydraquip Vickers, Unidad de Entrenamiento. Dicha válvula es hidráulica de reducción con rango de presión: Min: 200 psi, Max: 2000 psi y MODEL: XCG06 1F 22.

2. Temperatura: la temperatura del proceso se mide directamente en grados centígrados (°C) y se controla utilizando un controlador de temperatura: XMTG-2301 digital temperature controller.
3. Tiempo: el tiempo de proceso se mide directamente en minutos (min) haciendo uso de un temporizador análogo Autonics AT-60M y se controla manualmente, ayudándose de una alarma auditiva que se activa automáticamente, indicando que el proceso ha terminado; luego del cual se deben desactivar todos los sistemas del dispositivo.

C) Instrumentos de medición y equipos necesarios:

1. Módulo hidráulico: Hydraquip Vickers, Unidad de Entrenamiento (Fig. 4).
2. Válvula hidráulica reguladora de presión, válvula de reducción, rango de presión: Min: 200 psi, Max: 2000 psi y MODEL: XCG06 1F 22. (Fig. 4).



Fig. 4. Módulo hidráulico: Hydraquip Vickers

3. Estructura soporte (Fig. 5).
4. Módulo de prensado de los listones (Fig. 5).
5. Tornillos para alineación de los listones (Fig. 5).

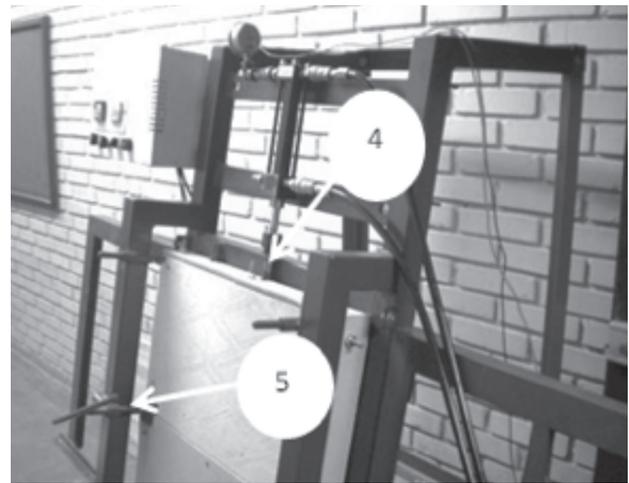


Fig. 5. Estructura soporte

6. Módulo lateral de alimentación de los listones (Fig. 6).
7. Módulo lateral de salida de los listones (Fig. 6).

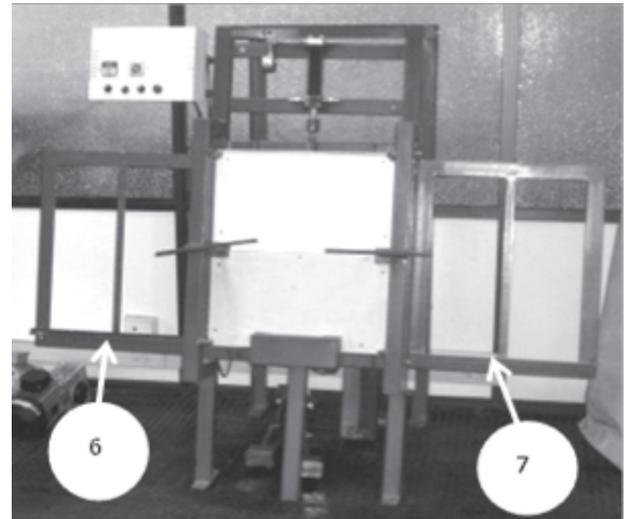


Fig. 6. Módulos laterales

8. Panel de control (Fig. 7).
9. Controlador de temperatura: XMTG-2301 digital temperature controller (Fig. 7).
10. Medidor de tiempo: Temporizador análogo, Autonics AT-60M (Fig. 7).
11. Medidor de presión: manómetro análogo, presión máx 70 bar (Fig. 7).
12. Alarma auditiva (Fig. 7).
13. Selectores de una y dos posiciones (Fig. 7).
14. Cilindro hidráulico (Fig. 7)
 - a) Diámetro pistón: 1 in = 2.54 cm
 - b) Área cilindro: 5.067 cm²
 - c) Diámetro vástago: 5/8 in = 1.59 cm
 - d) Carrera: 15 cm

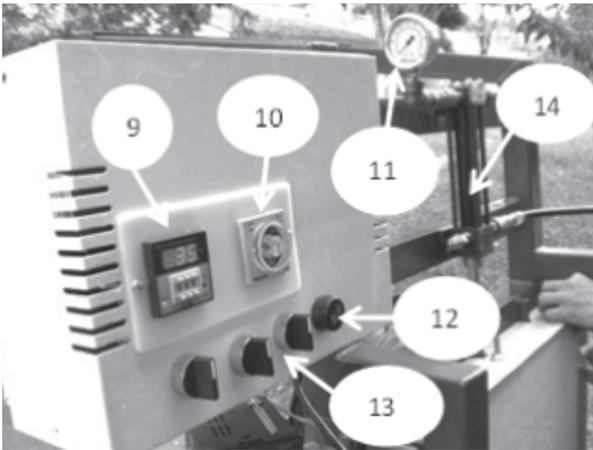


Fig. 7. Panel de control

- 15. Electroválvula y llave de paso a gas (Fig. 8).
- 16. Mangueras y acoples hidráulicos de alta presión (Fig. 8).

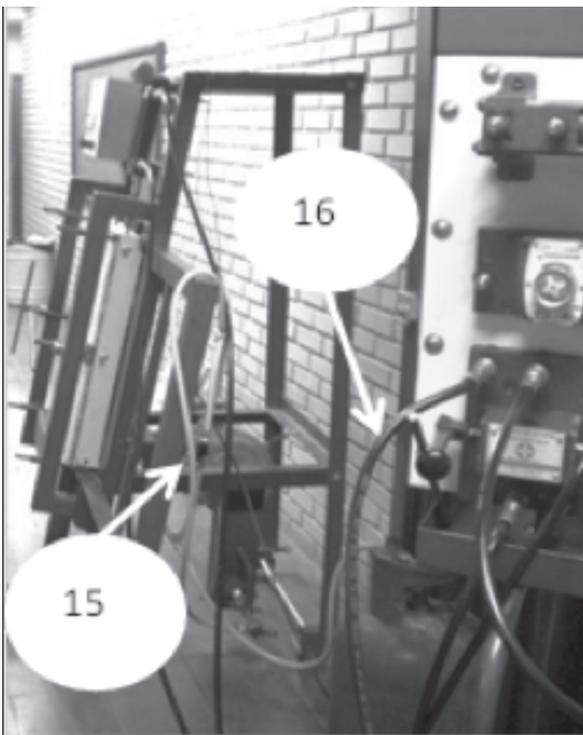


Fig. 8. Electroválvula y llave de paso a gas

- 17. Ductos de conducción de aire caliente (Fig. 9).
- 18. Impulsor de aire caliente (Fig. 9).

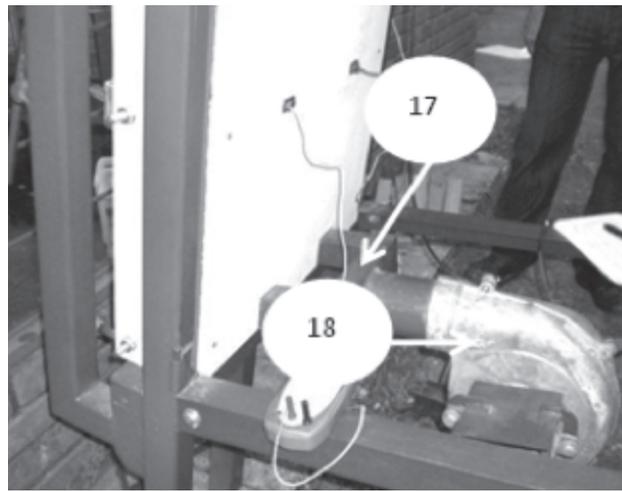


Fig. 9. Impulsor y ductos de aire caliente

- 19. Motor del impulsor (Fig. 10).
- 20. Cámara de trabajo (Fig. 10).
- 21. Quemador de gas: tipo Bunsen con un inyector de gas de 1.5 mm de diámetro (Fig. 10).
- 22. Cámara de combustión (Fig. 10).

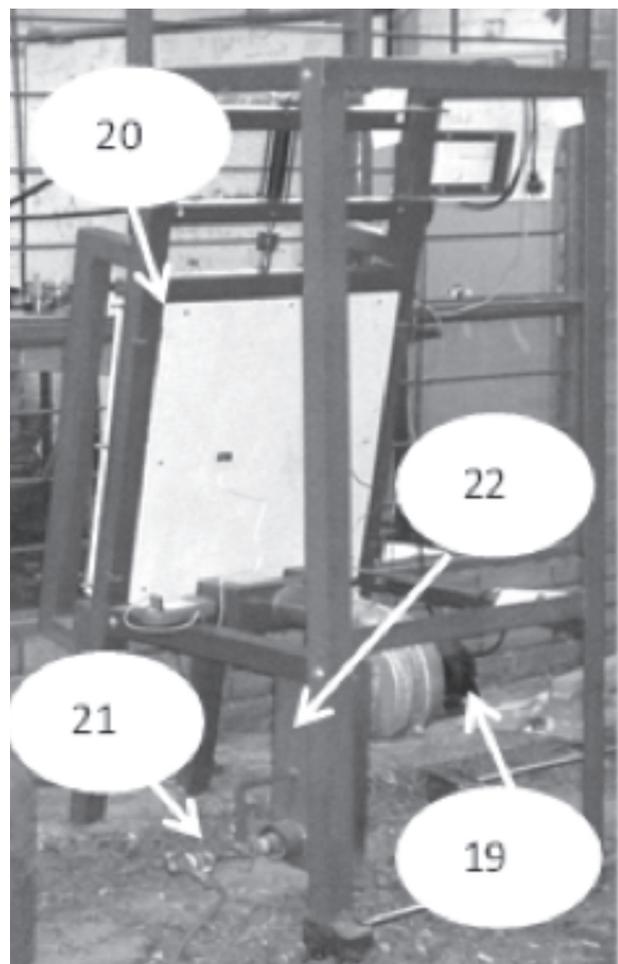


Fig. 10. Quemador a gas y cámara de combustión

V. FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

1. Luego de tener todos los instrumentos de medición y los equipos necesarios instalados y puestos a punto, se activa el sistema de calefacción, encendiendo el quemador a gas que entrega calor a la cámara de combustión y desde el panel de control, haciendo uso de los selectores, se enciende el motor del impulsor llevando el aire caliente a la cámara de trabajo, a través de los ductos de conducción, para realizar su precalentamiento hasta la temperatura requerida.
2. Se enciende el controlador de temperatura ubicado en el panel de control, programando la temperatura a la cual se requiere producir el tablero. Este controlador activa y desactiva la electroválvula a gas, con el fin de mantener la temperatura requerida.
3. Los listones premaquinados a la medida 5 cm x 2 cm x 50 cm, y en las condiciones definidas, se encolan considerando los requerimientos del adhesivo utilizado, Carpincol mr60 y apilan en el módulo lateral de alimentación de los listones, conformando el tablero alistonado sin procesar. Luego se ingresa manualmente a la cámara de trabajo.
4. Se cierra la cámara de trabajo, sujetando los listones en dirección perpendicular a la aplicación de la presión, haciendo uso de los tornillos para alineación de los listones.
5. Se enciende el módulo hidráulico: Hydraquip Vickers, Unidad de Entrenamiento, que está conectado al dispositivo por medio de mangueras y acoples de alta presión, unidos al cilindro hidráulico.
6. Se activa el cilindro hidráulico hasta que el módulo de prensado de los listones, que distribuye la presión de manera uniforme se posiciona sobre el área del último listón.
7. Haciendo uso de la válvula reguladora de presión del módulo hidráulico: se incrementa la presión del cilindro sobre el tablero alistonado, hasta que el manómetro análogo, alcance la presión requerida.
8. Se programa el temporizador análogo, ubicado en el panel de control, de acuerdo al tiempo requerido.
9. Luego de transcurrido el tiempo programado, se activa automáticamente la alarma auditiva, ubicada en el panel de control, que indica que el proceso ha terminado.
10. Se abre la Cámara de trabajo, liberando los listones en la dirección perpendicular a la aplicación de la presión, haciendo uso de los tornillos para alineación de los listones.
11. Se retira el tablero alistonado manualmente de la cámara de trabajo, ubicándolo en el módulo lateral de salida de los listones.

12. Si se requieren más tableros alistonados se inicia el proceso de nuevo, de lo contrario se desactivan todos los sistemas del dispositivo.
13. Por último se ubica el tablero probeta en el sitio de almacenamiento de acuerdo a las condiciones definidas.

VI. VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la medición de la presión es necesario calcular la presión real aplicada sobre los tableros alistonados, encontrando la relación de áreas transversales entre el pistón del cilindro hidráulico y el área transversal del tablero. De las especificaciones se tiene:

$$\text{Área transversal tablero} = 2 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área transversal cilindro hidráulico} = 5.067 \text{ cm}^2$$

Relación de áreas:

$$\left(\frac{A_{\text{tablero}}}{A_{\text{cilindro}}} \right) = 100 \text{ cm}^2 / 5.067 \text{ cm}^2 = 19.73 \quad (1)$$

La fuerza entregada por el cilindro hidráulico es igual a la fuerza que recibe el tablero alist

$$F_{\text{cilindro}} = F_{\text{tablero}} \quad (2)$$

$$P_{\text{manómetro}} = P_{\text{Atcilindro}} = \frac{F_{\text{cilindro}}}{A_{\text{Atcilindro}}} \quad (3)$$

$$P_{\text{Attablero}} = \frac{F_{\text{tablero}}}{A_{\text{Attablero}}} \quad (4)$$

Por lo tanto,

$$A_{\text{tcilindro}} * P_{\text{Atcilindro}} = A_{\text{ttablero}} * P_{\text{Attablero}} \quad (5)$$

Se concluye que,

$$P_{\text{manómetro}} = P_{\text{Atcilindro}} = (19.73) * P_{\text{Attablero}} \quad (6)$$

Como el manómetro permite hacer medición en bares y las presiones definidas están en Kg/cm², la ecuación en bares queda:

$$P_{\text{manómetro}} = P_{\text{Atcilindro}} = (19.73) * P_{\text{Attablero}} * (0.9808) \text{ bares} \quad (7)$$

En la Tabla III se muestra el resultado del cálculo para cada presión utilizada.

TABLA III. PRESIÓN MANÓMETRO VS. PRESIÓN EN EL ÁREA TRANSVERSAL DEL TABLERO ALISTONADO

| Presión manómetro (bares) | Presión área transversal tablero (kgf/cm ²) |
|---------------------------|---|
| 38.70 | 2 |
| 48.37 | 2.5 |
| 67.72 | 3.5 |

Se realizaron las siguientes pruebas:

1. Variación en el tiempo de la temperatura en la cámara de trabajo.

Teniendo en cuenta el funcionamiento del dispositivo y con la cámara de trabajo cerrada, se programó el controlador de temperatura a una temperatura de 48 °C y se activó el sistema de calefacción por un tiempo de 10 min. Se hicieron mediciones de la temperatura cada 0.5 min durante 8 min, los resultados son los siguientes (Tabla IV).

TABLA IV. DATOS TEMPERATURA VS. TIEMPO

| Tiempo (min) | Temperatura (°C) |
|--------------|------------------|
| 0 | 25 |
| 0.5 | 45 |
| 1 | 45 |
| 1.5 | 47 |
| 2 | 48 |
| 2.5 | 49 |
| 3 | 49 |
| 3.5 | 49 |
| 4 | 49 |
| 4.5 | 49 |
| 5 | 49 |
| 5.5 | 48 |
| 6 | 48 |
| 6.5 | 48 |
| 7 | 48 |
| 7.5 | 48 |
| 8 | 48 |

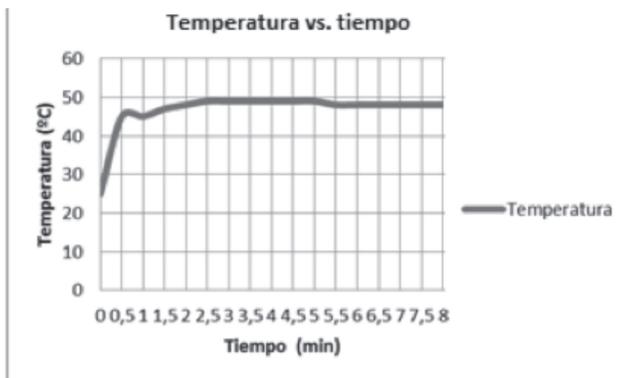


Fig. 11. Gráfico temperatura vs. tiempo

Se observa un comportamiento de la temperatura que se estabiliza a los 5.5 min (Fig. 11).

2. Variación en el tiempo de la presión de prensado aplicada sobre el tablero alistonado.

Teniendo en cuenta el funcionamiento del dispositivo, se activó el sistema hidráulico por un tiempo de 23 min. Se posicionó el módulo de prensado sobre el área del último listón, se ajustó la válvula reguladora de presión para que el manómetro análogo midiera 25 bares. Se hicieron mediciones de la presión cada 1 min durante 21 min, los resultados son los siguientes (Tabla V).

TABLA V. DATOS DE PRESIÓN VS TIEMPO

| Tiempo (min) | Presión (bares) |
|--------------|-----------------|
| 0 | 25 |
| 1 | 25 |
| 2 | 25 |
| 3 | 25 |
| 4 | 25 |
| 5 | 25 |
| 6 | 25 |
| 7 | 25 |
| 8 | 25 |
| 9 | 25 |
| 10 | 25 |
| 11 | 25 |
| 12 | 25 |
| 13 | 25 |
| 14 | 25 |
| 15 | 25 |
| 16 | 25 |
| 17 | 25 |
| 18 | 25 |
| 19 | 25 |
| 20 | 25 |
| 21 | 25 |

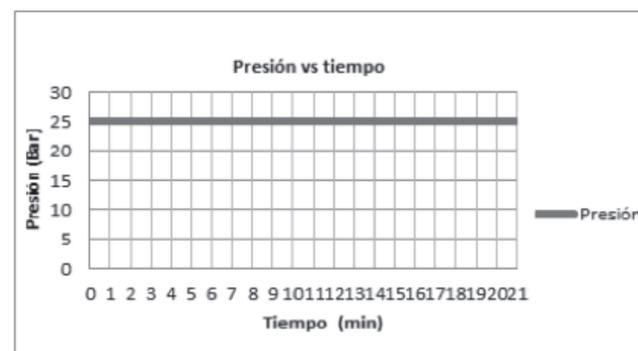


Fig.12. Gráfico presión vs tiempo

Se observa un comportamiento de la presión constante en el tiempo (Fig. 12).

3. Para la validación del dispositivo, se realizaron pruebas de producción de tableros probeta con las siguientes condiciones:

Temperaturas de proceso: 40, 50 y 60 °C
 Presiones de prensado: 2 – 2.5 – 3.5 kgf/cm²
 Tiempos de proceso: 15, 20 y 25 min

Considerando las condiciones del Laboratorio de Sistemas Dinámicos y Control de la UTP: humedad relativa ambiente: 65 – 80% y temperatura ambiente, aproximadamente 18 °C, y además la humedad relativa de los listones de madera: 12 - 14% (Fig. 13).



Fig. 13. Tableros probeta terminados

VII. CONCLUSIONES

El dispositivo diseñado y construido con tecnología apropiada, para la producción de tableros alistonados en la región, considera variables críticas del proceso como son: presión de prensado, temperatura y tiempo de proceso. Este sirvió como modelo de prueba para la fabricación de tableros alistonados probeta, necesarios para la ejecución de la investigación “Sistematización del proceso de fabricación de tableros alistonados”, proyecto presentado como trabajo de grado en la Maestría en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira.

El dispositivo permitió hacer mediciones directas de la presión de prensado, la temperatura y el tiempo de proceso y a su vez controlar la presión y la temperatura. Lo anterior evidencia que los materiales y la instrumentación utilizada es adecuada para la producción de los tableros probeta.

Por las condiciones del diseño, este equipo de laboratorio permite ser adaptado y mejorado, de tal manera que pueda ser utilizado para proyectos futuros relacionados con la temática.

REFERENCIAS

[1]. LONDOÑO E., Carlos A. “Caracterización del proceso de producción de tableros alistonados en Pereira y Dosquebradas”, *Entre Ciencia e Ingeniería*, Año 3. No. 6: 72-95. 2009.
<http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/entrecei/article/view/554/496>
 [2]. DYM, Clive L., LITTLE, Patrick. *El proceso de diseño en ingeniería: Cómo desarrollar soluciones efectivas*. Traducción de Rodolfo Navarro Salas, México: Limusa, 2002.

[3]. ORMA MACHINE. Catálogo empresa. Italia.
 [4]. HOLMAN J. P. *Transferencia de calor*. Octava edición, España: Mc Graw-Hill. 1998.
 [5]. POLANCO B., Juan D. “Diseño de máquina prensadora de latas para laminados y vigas de guadua”, Universidad Autónoma de Occidente. 2007, <http://portales.puj.edu.co/cap//guadua/publicos/DISE%C3%91O%20DE%20MAQUINA%20PRENSADORA.pdf>
 [6]. POBLETE, H., CUEVAS, H. “Uniones endentadas y de canto con *Pinus radiata*: experiencias sobre su calidad”, *Bosque* 19(2): 77-84, 1998. <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v19n2/art09.pdf>
 [7]. CUEVAS, H., POBLETE, H. “Efecto del tamaño de probeta sobre el cizalle y la adhesión en uniones con acetato de polivinilo”, *Maderas* 9(3): 299-307, 2007. <http://www.scielo.cl/pdf/maderas/v9n3/art%2009.pdf>
 [8]. POBLETE, H., DIAZ-VAZ, J.E., JUACIDA, R., NIEMZ, P., ROLLERI, A. “Fabricación de tableros enlistonados con madera proveniente del manejo de renovales de rauli”, *Bosque* 15(2): 25-29, 1994. <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v15n2/art04.pdf>
 [9]. GOMEZ W., G. “Efecto del contenido de humedad, presión y superficies en uniones encoladas con acetato de polivinilo”. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Laboratorio de Productos Forestales, Seccional Medellín, 1991. <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/Tesis/Efecto%20del%20Contenido%20de%20Humedad%20Presi%20F3n%20y%20Superficies%20en%20Uniones%20Encoladas.pdf>
 [10]. LOSSIYEVSKII, V. L. and PLISKIN, L.G. *Automation of production processes*. Translation edited by D. K. Ghosh, Pergamon press (London), 1964.
 [11]. VILABOA, José B. “Gestión de la automatización de las plantas industriales en Chile”, *Revista Facultad de Ingeniería*, U.T.A. Vol. 12, No. 1: 33-41. 2004. <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v12n1/art05.pdf>
 [12]. ROMERO, Carlos. *Niveles de Automatización en los Sistemas de Producción*. Pereira: Maestría en Sistemas Automáticos de Producción, UTP, 2002.
 [13]. MORENO N., Martín. “Prensas para madera: herramienta de sujeción para buscar la perfección”, *Revista M&M*, No. 51: 110-115, Bogotá. <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev51/maquinaria.pdf>
 [14]. GONZÁLEZ, H. A., HELLWIG, S., MONTOYA, J. A. “Comportamiento a la cizalladura de vigas encoladas laminadas de *guadua angustifolia kunth*”, *Scientia et Technica*, Año XIV. No. 39: 428-433, 2008. <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920503078.pdf>
 [15]. DIN EN 386: 1993: Brettschichtholz – Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung.
 [16]. Normas EN 204 y 205: Ensayos para uniones de canto, no considera el ensayo de uniones endentadas.
 [17]. Norma ASTM D 3110: Ensayos para las uniones de canto y para las uniones endentadas.
 [18]. Norma ASTM D 905-49: Ensayos mecánicos de Corte paralelo a la línea de encolado y Grado de encolamiento de Tableros contrachapados o compensados.
 [19]. DIN EN 392: 1994: Brettschichtholz – Scherprüfung der Leimfugen.

Carlos Andres Londoño Echeverri. Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. Experiencia en Ingeniería de Diseño, Ingeniería de Producto e Ingeniería de Procesos. Estudios de Maestría en Sistemas Automáticos de Producción en la Universidad Tecnológica de Pereira. Profesor Asistente del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira. Docente-Investigador del Grupo Dibujo y Diseño de Ingeniería del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Simon Emilio Sepulveda Tabares. Tecnólogo Mecánico e Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. Especialista en Instrumentación Física de la Universidad Tecnológica de Pereira. Director del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira, desde 1997 hasta la fecha. Profesor de Planta Titular adscrito al Departamento de Dibujo de la Universidad Tecnológica de Pereira. Docente-Investigador del Grupo Dibujo y Diseño de Ingeniería del Departamento de Dibujo de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira.