



Ingeniería, investigación y tecnología

ISSN: 1405-7743

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de
Ingeniería

Sedano-Mendoza, Miriam; Ávila-Calderón, Luz Elena Alfonsina; Jardón-Madrigal, Guillermo

Análisis técnico de tres adhesivos comerciales para la industria de muebles

Ingeniería, investigación y tecnología, vol. XXII, núm. 4, e1878, 2021, Octubre-Diciembre

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

DOI: <https://doi.org/10.14482/INDES.30.1.303.661>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40471804007>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Análisis técnico de tres adhesivos comerciales para la industria de muebles

Technical analysis of three commercial adhesives for the furniture industry

Sedano-Mendoza Miriam

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Correo: miriam.sedano@umich.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9504-2067>

Ávila-Calderón Luz Elena Alfonsina

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Correo: luz.avila@umich.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2646-2142>

Jardón-Madrigal Guillermo

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Correo: refa_jardon@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2709-4655>

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la resistencia mecánica de tres adhesivos comerciales (marca Comex, marca Resistol 850 y marca Resistol 950) de uso común en las industrias de muebles tradicionales ubicadas en la región oriente del estado de Michoacán. Se formuló el modelo experimental que se ajustara lo más posible a lo que realizaban en la mayoría de las empresas visitadas. El ensayo de resistencia mecánica se realizó en apego a la norma ASTM D-5751 y, bajo esta, se midieron tres tiempos de prensado (acorde a la referencia que manejan en las empresas de muebles). Las propiedades fisicoquímicas de los adhesivos comerciales determinadas fueron: el contenido de sólidos, la viscosidad, el pH y la densidad. Con base en los resultados de la resistencia mecánica y de las propiedades fisicoquímicas del adhesivo, se esclareció el coeficiente de correlación que existe entre ambos. Los resultados mostraron que, para los tres tiempos de prensado, los valores más altos de resistencia mecánica los presentó el adhesivo marca Resistol 850 y los valores más bajos fueron del adhesivo marca Comex. Con un 95 % de confiabilidad ($P > 0.05$), se encontró que las varianzas de las poblaciones de la resistencia mecánica en las tres marcas de adhesivo son diferentes en al menos un valor para los tiempos de prensado de 6 y 8 h. Los resultados de las pruebas fisicoquímicas (pH, densidad y sólidos) mostraron que solo el adhesivo Resistol 850 se encontraba dentro de los rangos reportados por la marca, mientras que los valores de la viscosidad en las tres marcas de adhesivos estaban dentro de los rangos reportados. Para los tres adhesivos estudiados, se encontró que existe una correlación lineal de 0.9695 entre el contenido de sólidos y la resistencia mecánica.

Descriptores: Adhesivos para madera, resistencia mecánica, prensado, propiedades fisicoquímicas, industria de muebles.

Abstract

The aim of this work was to find out the mechanical strength of three commercial adhesives (Comex brand, Resistol 850 and Resistol 950 brand) usually used in traditional furniture industries located in the eastern region of the state of Michoacán. The experimental model was adjusted as much as possible to what was done in most of the companies visited. The mechanical strength test was made according to the ASTM D-5751 standard and three pressing times were measured (according to furniture companies performance). The physicochemical properties of the commercial adhesives were determined: solid content, viscosity, pH and density. Both the mechanical strength and the physicochemical properties adhesives results were compared to obtain their correlation. For the three pressing times, the highest values of the mechanical strength were presented by the Resistol 850 adhesive and the lowest values by Comex adhesive. It was found, with a 95 % reliability ($P > 0.05$), the variances of the populations of mechanical strength in the three types of adhesives are different by at least one value for the pressing times of 6 and 8 h. The results of the physicochemical tests (pH, density and solids) showed that just the Resistol 850 adhesive was within the ranges reported, while the viscosity values were within the ranges reported for the three adhesives. For the three adhesives studied, a correlation of 0.9695 between the solid content and the mechanics strength was found.

Keywords: Wood adhesives, mechanical strength, pressing, physicochemical properties, furniture industry.

INTRODUCCIÓN

La industria del mueble en la localidad de Ciudad Hidalgo, Michoacán está enfocada en muebles para el hogar, su producción se centra en la elaboración de roperos, sillas, bases para cama, tocadores y alacenas. De forma generalizada, estas empresas elaboran sus muebles por experiencia empírica lo que implica no tener estandarización en el mismo proceso; es decir, no existe una sistematización en procesos específicos como los tiempos de prensado, de fraguado, cantidad y tipo de adhesivo, entre otros. Las empresas de este tipo han controlado sus procesos y productos con base en el costo de los insumos y al tiempo mínimo requerido, que por simple observación daría buenos resultados, siendo esto un riesgo que afecta de forma inmediata en la calidad del producto.

Un fenómeno que presenta la industria del mueble tradicional es el uso indiscriminado del pegamento blanco, PVA (acetato de polivinilo), guiándose por el costo del pegamento y la respuesta del mismo al fraguado. De acuerdo con las características tecnológicas del pegamento tipo PVA (pegamento blanco y amarillo), se tiene que este requiere de entre 30 min hasta 2 h y que su fraguado se completa después de 3 h (Vignote & Martínez, 2006; Nuñez, 2002).

Las propiedades fisicoquímicas del adhesivo y del sustrato definen la calidad en la unión adhesiva. De esta manera una unión perfecta se logra siempre y cuando se combinen de forma adecuada las características de ambas partes. El pH en la madera y en el sustrato debe ser compatible para un agarre adecuado, tanto la madera como el adhesivo deben tener un pH ligeramente ácido para una adecuada adhesión (Sedano & Herrera, 2015; Ávila, 2012).

El contenido de sólidos es la referencia esencial de la cantidad de resina o agente pegante en el adhesivo. Aunque las harinas o cargas se reflejan en esta propiedad, es el agente pegante el que tiene una relación directa con la resistencia mecánica del adhesivo (Martín & Orgilés, 1992; Bomba *et al.*, 2014).

En el siguiente trabajo se comparó la resistencia mecánica a cizallamiento de la unión adhesiva de tres tipos de adhesivos comerciales usados tradicionalmente por empresas de fabricación de muebles en la localidad de Ciudad Hidalgo, Michoacán. También se determinaron las propiedades fisicoquímicas principales de los adhesivos y se analizó la correlación lineal que existe entre estas propiedades y la resistencia mecánica de los mismos.

DESARROLLO

Como primer paso se consultaron 10 empresas de fabricación de muebles (talleres) en el municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán. Se obtuvo la información del tipo de mueble que se fabrica, la marca del adhesivo que se utiliza, cómo aplican el adhesivo y cuánto tiempo destinan para el prensado de las piezas. Después se formuló el modelo experimental, se eligieron las variables y condiciones de trabajo: adhesivos y tiempos de prensado. Se decidió ensayar las marcas más utilizadas, Comex y Resistol, con tres tiempos de prensado: 4, 6 y 8 h. Una vez definidas las variables de trabajo, se procedió al análisis fisicoquímico de los adhesivos y a la prueba de resistencia.

El estudio fisicoquímico de los adhesivos utilizados en este estudio fueron contenido de sólidos, pH, densidad y viscosidad.

La determinación de contenido de sólidos se llevó a cabo de la siguiente manera, en una cápsula de porcelana previamente tarada, se registró un peso de 2 gramos de adhesivo. Después se metió a una estufa a 110°C durante 1 h, posteriormente se colocó en un desecador durante 15 min, y finalmente se registró el peso final. La cantidad de sólidos se determinó por diferencia de peso, esta pérdida de peso se debe por efecto de temperatura y las pruebas se realizaron por triplicado (ASTM, 2019).

El valor de pH se determinó por la técnica de Sandermann (Sandermann & Rothkamm, 1959); en un vaso de precipitados se agregaron 50 gramos de adhesivo y 50 gramos de agua. Posteriormente se agitó la muestra durante 10 min después se introdujo el electrodo y se mantuvo por 15 min hasta obtener la lectura final. La prueba de densidad de los adhesivos se realizó por triplicado. En una probeta de vidrio tarada se pesaron 50 cm³ de adhesivo, se registró el peso y se calculó la densidad (ASTM-D1505, 2019).

La viscosidad se obtuvo con un viscosímetro marca LBDV PRIME-I. Primero se atemperó 350 cm³ de adhesivo hasta lograr una temperatura de 20 °C±1, posteriormente se sumergió el cilindro dentro del adhesivo y se accionó el viscosímetro. El cuerpo inmerso se mantuvo en rotación durante 15 min hasta que se estabilizó el valor que indica el aparato, transcurrido el tiempo, se registró la lectura obtenida (ASTM-D1084, 2019). Finalmente se promediaron los valores obtenidos en las tres réplicas.

La prueba de la resistencia mecánica de la unión adhesiva en los tres tipos distintos de adhesivos se llevó a cabo de la siguiente manera: Se utilizaron 45 probetas de madera seca de encino con un contenido de humedad

dad de $15\% \pm 2$. Se probaron las tres condiciones de tiempo de prensado y los tres tipos de marca de adhesivo. Se aplicó el adhesivo con brocha y se prensaron. Después se ensayaron las probetas por la prueba de cizalle en la máquina universal de ensayos mecánicos, en la cual se utilizó una velocidad de carga de 6 mm/min y un soporte con distancia entre ejes de 12 cm. Se registró la resistencia de la unión adhesiva a la tensión (carga máxima) expresada en kg para cada uno de los ensayos (ASTM-D5751-99, 2019).

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la investigación de campo se recopiló la siguiente información de cada una de las empresas de fabricación de muebles (talleres) que se visitaron (Tabla 1).

La Tabla 1 muestra que el adhesivo marca Comex es el más utilizado a nivel local y el promedio del tiempo destinado al prensado fue de 4.2 h.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de tres tipos distintos de adhesivos empleados en la in-

dustria de fabricación de muebles a nivel local (Ciudad Hidalgo Michoacán) se muestran en la Tabla 2.

En la Tabla 2, se observa que el adhesivo Resistol 850 tiene un mayor porcentaje de sólidos en comparación con los otros dos, este adhesivo es el que presentó mayor acidez y mayor valor en la densidad. Mientras que el Resistol 950 es el adhesivo con mayor valor en la viscosidad.

El porcentaje de sólidos obtenido en el adhesivo marca Comex fue de 19.40, el cual estuvo por debajo de los valores reportados 46-80 % (Comex, 2020); en el adhesivo marca Resistol 850 estuvo ligeramente sobre los valores reportados, 54.5-55.5 % (Henkel Capital, 2020) mientras que para el marca Resistol 950 los valores obtenidos están por debajo de los reportados, 45-48 % (Henkel Capital, 2020). Los valores del pH y la densidad obtenidos para el adhesivo Resistol 850, están dentro de los rangos reportados 3.5-4.8 y 1.07-1.18, respectivamente (Flores, 2016; Sigma, 2020; Down *et al.*, 1996). El Resistol 950 supera el valor del rango de pH y el Comex está por debajo del rango de densidad. La vis-

Tabla 1. Resultados de la encuesta en el uso de adhesivos de las empresas de fabricación de muebles en Ciudad Hidalgo, Michoacán

Empresa	Marca de adhesivo(s)	Tiempo de prensado (horas)	Tipo de muebles (horas)	Forma de aplicación	Consumo mensual (litros)
Fábrica 1	Comex	6-8	Roperos, cajoneras, alacenas, comedores, cómodas	Botella con mamila	76
Fábrica 2	Resistol 850	4	Sillas	Botella con mamila	19
Fábrica 3	Comex, Adisa	6	Roperos, alacenas, vitrinas, tocadores, buros, cabeceras	Botella con mamila	19
Fábrica 4	Comex	2	Muebles residenciales y especiales	Botella con mamila	38
Fábrica 5	Comex	4	Roperos, alacenas, buros, cabeceras	Botella con mamila	114
Fábrica 6		½	Bases para cama, mesas	Botella con mamila	76
Fábrica 7	Comex y Resistol 950	3 y 1 ½ respectivamente	Mueble económico y minimalista	Botella con mamila	76
Fábrica 8	Comex	6	Todo tipo	Botella con mamila	190
Fábrica 9	Comex	5-6	Roperos, alacenas, cajoneras, tocadores	Botella con mamila	76
Fábrica 10	Comex	5-6	Tradicional	Botella con mamila	40

Tabla 2. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los adhesivos comerciales

	Comex	Resistol 850	Resistol 950
Estado	Líquido-viscoso	Líquido-viscoso	Líquido-viscoso
Color	Blanco	Blanco	Amarillo
Sólidos (%)	19.40	56.01	37.55
pH	4.66	3.21	7.34
Densidad a 25°C (g/cm³)	1.02	1.08	1.07
Viscosidad (cPs)	5973.33	2361.00	12243.33

cosidad obtenida para las tres marcas de adhesivo estuvo dentro del rango reportado, 1600-22000 (Henkel Capital, 2020; Comex, 2020; Flores, 2016).

Los resultados de las pruebas realizadas para la determinación de la resistencia en kg de la unión adhesiva en madera de los tres tipos distintos de adhesivos se muestran en la Figura 1.

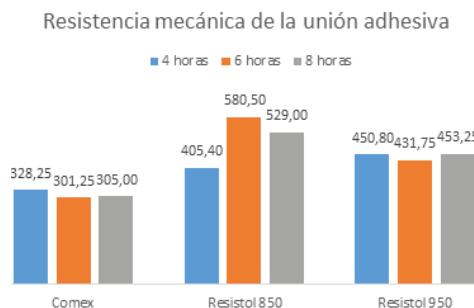


Figura 1. Resistencia mecánica de la unión adhesiva en kg

La Figura 1 muestra que para los tres tiempos de prensado, los valores de resistencia más altos los presentó el adhesivo Resistol 850 y los valores más bajos los presentó el adhesivo Comex. El valor más alto se obtuvo con el adhesivo Resistol 850 a 6 h de tiempo de prensado. Los resultados de resistencia mecánica al cizalle encontrados son comparables con los obtenidos por Nuñez (2002) con un rango de 163.03 a 623.64 kg/cm². La resistencia del adhesivo Resistol 850 presentó los valores más altos para los tres casos estudiados, el resultado del adhesivo Resistol 950 presentó resistencia intermedia y el marca Comex fue el más bajo, los resultados de la resistencia a cizalle para las tres marcas de adhesivos estudiadas se encuentra dentro de los rangos reportados (Wang *et al.*, 2012; Sellers, 2001; Vassiliou *et al.*, 2006; Tout, 2000; González, 2005; Stoeckel *et al.*, 2013). La resistencia mecánica de 153 Kgf/cm² determinada por Flores (2016) y Bomba *et al.* (2014) es un dato menor al encontrado para el adhesivo marca Comex.

Con relación entre las propiedades fisicoquímicas y la resistencia mecánica de los adhesivos, se encontró que existe una correlación lineal de 0.9695 entre los sólidos del adhesivo y el valor de la resistencia mecánica.

La Figura 2 muestra que, a mayor contenido de sólidos presentes en el adhesivo, este tendrá mayor resistencia mecánica. Los adhesivos del tipo acetato de polivinilo (PVA) son de naturaleza orgánica porque los sólidos que constituyen a la resina polimerizada son grupos polivinilacetato. Así, se puede inferir que el adhesivo marca Resistol 850 contiene mayor cantidad de grupos polivinilacetato (Polímeros, 2021). Además, a menor valor de pH, es decir un medio ácido, se tiene mayor resistencia mecánica. En medio ácido, la resistencia mecánica se ve favorecida por efecto del pH aumentando el anclaje químico entre la superficie de la madera y el adhesivo (Sedano & Herrera, 2015; Ávila, 2012).

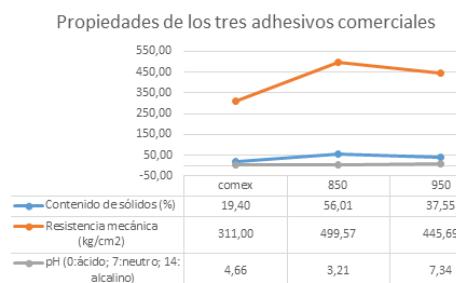


Figura 2. Gráfica comparativa de los tres adhesivos comerciales: resistencia mecánica frente al contenido de sólidos y pH

El análisis de varianza se utilizó para realizar la prueba de hipótesis, de acuerdo con las hipótesis planteadas:

H₀: El promedio de la resistencia mecánica de tres marcas de adhesivos comerciales es el mismo para 4, 6 y 8 h de prensado.

H_A : El promedio de la resistencia mecánica de tres marcas de adhesivos comerciales es diferente en al menos uno para 4, 6 y 8 h de prensado.

Se realizó el estudio de caso para cada tiempo de prensado obteniendo lo siguiente:

1. Primer tiempo de prensado: 4 h (Tabla 3).

Con un 95 % de confiabilidad ($P>0.05$) no existe variación entre los tres tipos de prensado para 4 h de prensado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los adhesivos con 4 h de prensado.

2. Segundo tiempo de prensado: 6 h (Tabla 4).

La diferencia honestamente significativa de Tukey:

		HDS=207.68
comex-R850		-279.25
comex-R950		-130.5
R850-R950		148.75

Con un 95 % de confiabilidad ($P>0.05$) sí existe variación de la resistencia mecánica en los tres tipos de adhe-

sivos utilizados por el efecto de 6 h de prensado. Por lo que se rechaza la hipótesis nula para los adhesivos. Y por el análisis de la diferencia honestamente significativa de Tukey, el adhesivo marca Resistol 850 y el de marca Comex son los adhesivos que presentan dicha diferencia.

3. Tercer tiempo de prensado: 8 h (Tabla 5).

La diferencia honestamente significativa de Tukey:

		HDS=149.83
comex-R850		-224
comex-R950		-148.25
R850-R950		75.75

Con un 95 % de confiabilidad ($P>0.05$) se puede afirmar que sí existe variación de la resistencia mecánica en los tres tipos de adhesivos utilizados por el efecto de 8 h de prensado. Por lo que se rechaza la hipótesis nula para los adhesivos con un tiempo de prensado de 8 h. Y por el análisis de la diferencia honestamente significativa de Tukey, el adhesivo marca Resistol 850 y el de marca Comex son los adhesivos que presentan dicha diferencia.

Tabla 3. Análisis de varianza para los tres adhesivos comerciales con un tiempo de prensado de 4 h

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	33638.67857	2	16819.3393	2.693337101	0.111676106	3.982297957
Dentro de los grupos	68692.75	11	6244.79545			
Total	102331.4286	13				

Tabla 4. Análisis de varianza para los tres adhesivos comerciales con un tiempo de prensado de 6 h

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	156183.1667	2	78091.58333	7.062389152	0.01431338	4.256494729
Dentro de los grupos	99516.5	9	11057.38889			
Total	255699.6667	11				

Tabla 5. Análisis de varianza para los tres adhesivos comerciales con un tiempo de prensado de 8 h

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	129194.4643	2	64597.23214	8.397703161	0.00610672	3.982297957
Dentro de los grupos	84614.75	11	7692.25			
Total	213809.2143	13				

De los resultados presentados en las Tablas 3, 4 y 5 se concluye con una confiabilidad de 95 % que los datos proporcionan evidencias suficientes para indicar que las varianzas de las poblaciones son diferentes en al menos un valor en la resistencia mecánica en las tres marcas de adhesivo. De esta manera, en el caso de 4 h de prensado no existe diferencia significativa entre los adhesivos; para 6 h de prensado existe diferencia estadísticamente significativa entre el adhesivo marca Comex y el Resistol 950 y esto último sucede para el caso 8 h de prensado. Con referencia a lo anterior, se sugiere el uso del adhesivo marca Resistol 850 con un tiempo de prensado de 6 h para alcanzar una resistencia de 580.50 kg/cm².

CONCLUSIONES

De las pruebas de caracterización concluimos que el adhesivo marca Resistol 850 presentó los valores más altos tanto en porcentaje de sólidos, en acidez y en densidad. El adhesivo marca Resistol 950 tuvo el mayor valor en la prueba de viscosidad. El adhesivo marca Comex fue el que obtuvo valores más bajos en los mismos parámetros evaluados.

Los valores de resistencia más altos los presentó el adhesivo Resistol 850 y los valores más bajos los presentó el adhesivo Comex para los tres tiempos de prensado. El valor más alto se obtuvo con el adhesivo Resistol 850 a 6 h de presión.

Para los tres adhesivos estudiados, se encontró que existe una correlación lineal de R= 0.9695 entre el contenido de sólidos y la resistencia mecánica.

Con un 95 % de confiabilidad ($P>0.05$), las varianzas de las poblaciones son diferentes en al menos un valor en la resistencia mecánica en las tres marcas de adhesivo. De esta manera, en el caso de 4 h de prensado no existe diferencia significativa entre los adhesivos; para 6 y 8 h de prensado existe diferencia estadísticamente significativa entre el adhesivo marca Comex y el Resistol 950.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Sergio Mauricio-Escobedo por el recurso material recibido para la elaboración de la presente investigación.

REFERENCIAS

American Society for Testing and Materials. (18 de octubre de 2019). ASTM International. Recuperado de <https://www.astm.org/>

- ASTM-D1505. (18 de octubre de 2019). Método de prueba estándar para determinar la densidad. ASTM Internacional. Recuperado de <https://www.astm.org/>
- ASTM-D1084-16. (18 de octubre de 2019). Standard test methods for viscosity of adhesives. ASTM International. Recuperado de www.astm.org
- ASTM D5751-99. (18 de octubre de 2019). Standard specification for adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products. ASTM International. Recuperado de www.astm.org
- Ávila-Calderón, L. E. A. (2012). Fundamentos de química de la madera. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Bomba, J., Cvach, J., Sedivka, P. & Kvietková, M. (2014). Strength Increase Pattern in Joints Bonded with PVAc Adhesives. Bio-Resources, 9 (1), 1027-1037. <https://doi.org/10.15376/biores.9.1.1027-1037>
- Down, J., MacDonald, M. A., Tétreault, J. & Williams, R. S. (1996). Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute—an evaluation of selected poly (vinylacetate) and acrylic adhesives. Studies and Conservation Journal, 41(1), 19-44. <https://doi.org/10.1179/sic.1996.41.1.19>
- Flores-López, L. (2016). Estudio del comportamiento de adhesivos sintéticos y de sus propiedades fisicoquímicas aplicados sobre soporte ligneo (Tesis Master). Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74341>
- González, G. (2005). Evaluación de la resistencia mecánica de la madera de melina (Gmelina arborea) unida con uniones de dedo (finger joint). Revista Tecnología en Marcha, 18(2), 53. Recuperado de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/209
- Henkel Capital, S.A. de C.V. (10 de noviembre de 2020). Henkel Mexicana S.A. Recuperado de <https://www.henkel.mx>
- Martín-Martínez, J. M. & Orgilés-Barceló, A. C. (1992). Adhesión. Tecnología y Fundamentos. Alicante: INESCOP & Universidad de Alicante.
- Nuñez-Decap, M. (2002). Evaluación de sistemas adhesivos de PVAc a través de la técnica de fractura mecánica. Maderas, Ciencia y Tecnología, 4(2), 201-201. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2002000200011>
- Polímeros. (08 de junio de 2021). Polímeros. Recuperado de <https://5eb327bc67234.site123.me/pl%C3%81sticos/pva-acetato-de-polivinilo>
- Sandermann, W. & Rothkamm, W. (1959). About the importance of the pH values and their importance for the practice. Holz Roh werkstoff, 17(1), 433-440.
- Sedano-Mendoza, M., Colin-Gómez, M., Olmos-Navarrete, L. R. & Espinoza-Herrera, R. (2015). Chemistry characterization of eucalyptus nitens, from 8 years old coming from a commercial plantation. Mexican Journal Sciencie Enginnering, 2(1): 38-44.
- Sellers, T. (2001). Wood adhesive innovations and applications in North America. Forest Products Journal, 51(6), 12-22.

- Sharpe, L. H. (1990). Engineered materials handbook. Volume 3: Adhesives and Sealants. Oregon: ASM International.
- Comex (2020). PPG marca registrada de PPG Industries (17 de noviembre de 2020). Recuperado de <https://www.comex.mx/>
- Sigma-Aldrich. (21 de octubre de 2020). Sigma-Aldrich. Recuperado de <https://www.sigmaaldrich.com/mexico.html>
- Stoeckel, F., Konnerth, J. & Gindl-Altmutter, W. (2013). Mechanical properties of adhesives for bonding Wood-A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 45(1), 32-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.03.013>
- Tout, R. (2000). A review of adhesives for furniture. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 20(4), 269-272.
- Vassiliou, V., Barboutis I. & Karastergiou. (2006) Effect of PVAc bonding on finger-joint strength of steamed and unsteamed beech wood (*Fagus sylvatica*). *Journal of Applied Polymer Science*, 103(1), 1664-1669. <http://dx.doi.org/10.1002/app.25079>
- Vignote-Peña, S. & Martínez-Rojas, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Madrid: Mundi-Prensa. 687.
- Wang, Z., Li, Z., Gu, Z., Hong Y. & Cheng, L. (2012). Preparation, characterization and properties of starch-based Wood adhesive. *Carbohydrate Polymers Journal*, 88(2), 699-706.

Cómo citar: Sedano-Mendoza M., Ávila-Calderón L. E. A. & Jardón-Madrigal G. (2021). Análisis técnico de tres adhesivos comerciales para la industria de muebles. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22 (04), 1-7. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.4.029>