



Diseño de montaje de prueba de cizalla en probetas de madera para Pegaucho S.A.S

Natalia Lora Guzmán

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Químico

Asesores

Edwin Alexis Alarcón, Doctor (PhD) en ciencias química

Beatriz Elena Gutiérrez, Magíster (MSc) en materiales de ingeniería

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Química

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	Lora Guzmán [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] N. Lora Guzmán, “Diseño de montaje de prueba de cizalla en probetas de madera para Pegaucho S.A.S”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.



Centro de documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/director: Jesús Francisco Vargas.

Jefe departamento: Lina María González Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

A mis padres Rafel Lora y Marta Guzman por siempre ser un apoyo a lo largo de mi vida y principalmente en mi formación académica, su amor incondicional, esfuerzos y confianza fueron los pilares fundamentales para llegar a ser ingeniera.

A toda mi familia por cada recarga de amor y ánimos durante toda mi carrera.

A todos los amigos que se convirtieron en mi familia durante todo el tiempo de formación, sin duda alguna el cariño que me brindaron me hizo sentir como en casa.

A los docentes que me guiaron y me brindaron todos los conocimientos necesarios para culminar mi carrera profesional y a los profesionales que me acompañaron durante mi experiencia laboral y me dieron la oportunidad de hacer inicio de esta.

Finalmente, y no menos importante a mi alma mater sin temor a equivocarme y con todo el amor y agradecimiento del universo la UdeA fue lo mejor que me pudo pasar.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS.....	12
A. Objetivo general	12
B. Objetivos específicos.....	12
III. MARCO TEÓRICO.....	13
1. Conceptos principales	13
2. Adhesivos PVA.....	14
3. Prueba de cizalla.....	15
IV. METODOLOGÍA.....	17
1. Entrenamiento de conceptos básicos, portafolio de la empresa y mercados.....	17
2. Búsqueda bibliográfica.....	17
3. Definición de parámetros para el diseño del montaje	18
4. Diseño del montaje.....	19
5. Cotizaciones	20
IX RESULTADOS.....	21
1. Resultados de la búsqueda bibliográfica	21
2. Cálculos para los parámetros del diseño	23
3. Diseño del montaje.....	27
4. Resultados de la cotizaciones.....	27
X. DISCUSIÓN.....	29
XI. CONCLUSIONES	31
XII. RECOMENDACIONES.....	32

REFERENCIAS33

ANEXOS.....34

LISTA DE TABLAS

TABLA I.....	26
TABLA II.....	28

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Maquina universal de ensayos	16
Fig. 2 Montaje prueba cizalla	18
Fig. 3 Probetas de madera para la prueba.....	21
Fig. 4 Montaje norma ASTM D905	23
Fig. 5 Diseño montaje para prueba de cizalla	27
Fig. 6 Ensamble del montaje	34
Fig. 7 Vistas superiores y laterales del montaje	35
Fig. 8 Vista total del montaje	36
Fig. 9 Cotización de la maquina cortadora.....	37
Fig. 10 Cotización del equipo	37
Fig. 11 Cotización del manómetro.	37

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PVA	Polivinil acetate
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
PhD	Philosophiae Doctor
UdeA	Universidad de Antioquia
S.A.S	Sociedad por acciones simplificada
ASTM	American Society for Testing Materials
EN	Norma Europea

RESUMEN

El presente informe está centrado en la realización de un montaje para pruebas de cizalla en probetas de madera pegadas entre sí con adhesivos tipo PVA (Polivinil acetato). La construcción de este montaje inició con la lectura de normas internacionales en las cuales se explica con detalle las características que deben tener este tipo de montajes, las condiciones de preparación de las probetas, tales como el tipo de madera, el tamaño de estas mismas y las condiciones (Presión y velocidad) bajo las cuales se debe realizar la prueba de corte por cizalla.

Todo el proyecto se logró a partir de la lectura y análisis de las normas, los cálculos pertinentes para determinar las condiciones de funcionamiento del montaje, la selección de los equipos de medición y el diseño y cotización de todos los elementos de este.

Finalmente, la realización de este proyecto se hizo con el fin de conocer más a fondo el mercado, comparar los productos de la empresa con los de la competencia y potencializar el área de los adhesivos para el mercado de la madera.

Palabras clave — Adhesivo, Polivinil acetato, cizalla, montaje, madera

ABSTRACT

This report is focused on the realization of an assembly for shear tests on wooden specimens glued together with PVA (Polyvinyl acetate) type adhesives. The construction of this assembly began with the reading of international standards which explain in detail the characteristics that this type of equipment must have, the conditions for preparing the specimens, such as the type of wood and their size, and the conditions under which the shear test should be performed.

The entire project was achieved from the reading and analysis of the standards, the necessary calculations to determine the operating conditions of the assembly, the selection of the measurement equipment and the design and quotation of all its elements.

Finally, this project was carried out in order to learn more about the market, compare the company's products with those of the competition, and potentiate the area of adhesives for the wood market.

***Keywords* — Adhesive, Polyvinyl acetate, shear, assembly, wood.**

I. INTRODUCCIÓN

En la industria química se maneja una gran cantidad de procesos productivos, entre ellos se encuentra la industria de fabricación y aplicación de adhesivos. Esta ha tenido un gran crecimiento en los últimos años debido al aumento de la demanda en el uso de estos productos en sectores como la construcción y la industria automotriz, las cuales han aumentado debido al rápido aumento de la población[1], además el fortalecimiento de otras industrias como la del papel y la madera han generado el aumento del consumo de adhesivos en el país. Este proyecto se enfocará en el segmento de la madera.

Pegaucho S.A.S es una compañía colombiana con 70 años de experiencia en el mercado, dedicada a dar soluciones a través de la fabricación y comercialización de adhesivos y productos afines para mercados del calzado, marroquinería, textiles, madera, mobiliario, tapicería y construcción; La empresa tiene operaciones en Medellín y Guatemala, y atiende los mercados de Centro América, Caribe, Estados Unidos y región Andina con 25 años de experiencia en exportaciones[2]. Pegaucho está comprometido con ofrecer productos de alta calidad y última tecnología, los cuales están sustentados en constantes investigaciones que permiten desarrollar líneas completas de productos con los cuales se logra una buena oferta en los mercados en los que se tiene presencia. [3]

Para los procesos de desarrollo de productos, calidad y mercadeo, son importantes las pruebas de desempeño de los productos nuevos o de línea del portafolio de la compañía; con el fin de verificar requerimientos, parámetros establecidos o bien sea por conocimiento en comparación con la competencia. Como consecuencia de estas necesidades se propone el proyecto con el que se va a trabajar, en el cual se busca plantear un montaje para la caracterización cuantitativa de la resistencia de adhesión por cizalla en maderas con pegantes de PVA (Polivinil acetato). Se realizó inicialmente la búsqueda de normas y material bibliográfico que sirva como apoyo y punto de partida para aclarar y realizar el montaje final del equipo con el cual se ejecutaran las pruebas.

Adicionalmente la estandarización de esta prueba se enfoca en el segmento de la madera debido a que la estrategia de la compañía comprende un crecimiento en temas de diversificación en el que sectores económicos como el de la madera son fundamentales para grandes desarrollos en el futuro.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar las variables más significativas del montaje de prueba de cizalla que permita medir la resistencia de adhesivos en madera.

B. Objetivos específicos

1. Realizar la búsqueda de normas internacionales en las cuales se especifiquen los equipos necesarios para hacer el montaje para la prueba
2. Seleccionar y evaluar los instrumentos necesarios para hacer el correcto montaje del equipo con el que se van a hacer las pruebas.
3. Seleccionar las correctas dimensiones y características de las probetas.
4. Definir el valor de las variables, presión, fuerza, tiempo de prensado entre otras, que se van a utilizar para los ensayos.
5. Realizar las cotizaciones de cada uno de los instrumentos necesarios para el montaje y elaborar un presupuesto completo del proyecto.

III. MARCO TEÓRICO

1. Conceptos principales

Para el desarrollo del proyecto es importante comprender y tener claridad de los conceptos que se mencionan a continuación.[4]

- Adhesivo

Sustancia que sirve para mantener unidas las superficies en contacto de dos sólidos, ya sean del mismo o distinto material.

Hay dos maneras de aplicar un adhesivo, por contacto donde se aplica el producto en las dos superficies que se quieren pegar o por transferencia donde se aplica el adhesivo solamente en una de las superficies que se quieren pegar.

- Adhesión

Fuerza que se crea entre el adhesivo y la superficie que se está pegando.

- Cohesión

Fuerza del adhesivo en sí mismo que lo mantiene unido entre sí y a las dos superficies.

En las ventajas de usar adhesivo están, que proporcionan una distribución uniforme de tensiones, son económicos, no se necesita maquinaria especial para ser empleados, generalmente tienen buena compatibilidad con las superficies entre otros.[4]

Los adhesivos presentan tres tipos de fallas las cuales son.

- Falla adhesiva: No hay adhesión, el adhesivo se queda en un solo sustrato
- Falla cohesiva: Falla en las fuerzas internas del adhesivo
- Falla cohesiva y adhesiva

Estas fallas se pueden presentar porque no hay compatibilidad en las superficies que se desean pegar, no se esperó el tiempo suficiente para realizar el pegue o la adhesión, el adhesivo no tiene los elementos suficientes para permanecer pegado o falla el sustrato.[4]

A los adhesivos se les puede hacer seguimiento de sus características generales, están pueden varias dependiendo la naturaleza del producto, sin embargo, las principales son.

- Viscosidad: Este es un parámetro importante en la industria de los adhesivos debido a que dependiendo del uso que se le vaya a dar al producto la viscosidad influye directamente en la herramienta que se emplee para la aplicación.
- Contenido de sólidos: Es el porcentaje en masa de materia no volátil del producto, a mayor contenido en sólidos se espera que mejore la resistencia del adhesivo.
- Aplicabilidad: Dependiendo del adhesivo se tiene en cuenta que tan fácil es aplicar el producto, la aplicación se puede hacer de manera manual ya sea con brocha, rodillo o espátula, también se pueden emplear maquinas como las pistolas para los adhesivos tipo Hotmelt los cuales son sólidos y necesitan ser fundidos, o pistolas para aplicaciones en spray.
- Tack: Se puede definir como la “pegajosidad” del adhesivo, si un producto tiene mucho Tack esto no indica que la fuerza de este se alta.
- Tiempo abierto: Es el límite que tiene para realizar el pegue de las dos superficies y que aun sea funcional el adhesivo.
- Densidad: Es una propiedad importante en el producto por que puede influir en el desempeño del adhesivo.
- Tiempo de curado: Es el tiempo que demora el adhesivo en alcanzar la fuerza total.

Los adhesivos se dividen principalmente en su naturaleza química, ya que de esto depende que tipo de materiales se pueden pegar con el producto, también se dividen según los sólidos y según la base, sean base agua o base solvente. [4]

2. Adhesivos PVA

En este proyecto se trabaja con adhesivos base agua del tipo PVA, estos son sintéticos miscibles en agua, no tóxico y biodegradable debido a que tienen grupos hidrolizables en la cadena lateral, los adhesivos PVA son de fácil aplicación, se pueden usar de manera manual y se emplean principalmente en la unión de materiales como papel, cartón y madera.[5][6]

Generalmente estos productos son de color blanco, tienen buena adherencia y capacidad de formación de película.[7]

Los adhesivos PVA tienen una serie de características entre las cuales están[4]

- Tiempo de prensado
- Presión aplicada
- Tiempo de cerrado
- Buena elasticidad
- Viscosidad
- Densidad
- Aplicabilidad
- Fuerza de adherencia
- Tipo de película

3. Prueba de cizalla

Las pruebas de cizalla se realizan con materiales metálicos o materiales compuestos como el plástico, fibra de vidrio o en el caso de este proyecto con madera, esta prueba mide la fuerza interna que puede resistir un material antes de que se rompa por la presión ejercida por una fuerza externa aplicada sobre él, en este tipo de ensayos se generan fuerzas transversales sobre el material que se está probando.[8]

Las pruebas se realizan principalmente en una prensa universal de ensayos la cual puede ir ensamblada con una pinza o una prensa, se coloca la probeta a la cual se le desea hacer la prueba y se le aplica peso al material por medio de una prensa, esto es conocido como ensayo de cizallamiento estático por que la cantidad de peso empleado en la prueba siempre es el mismo.

A continuación, se muestra la imagen de una maquina universal de ensayos.



Fig. 1 Maquina universal de ensayos

Nota: Fuente <https://www.servosis.com/noticias/maquina-universal-de-ensayos-que-es-y-por-que-se-llama-asi-26>

Las pruebas de cizalla propuesta para Pegaucho S.A.S, se proponen con el fin de medir la resistencia de los adhesivos PVA presentes en el portafolio de la empresa.

IV. METODOLOGÍA

El proceso para llevar a cabo el proyecto tuvo una serie de etapas fundamentales, las cuales permitieron llegar a la propuesta de diseño final, a continuación, se mencionan cada una de estas etapas

1. Entrenamiento de conceptos básicos, portafolio de la empresa y mercados

Se inició con un entrenamiento en el que se trataron los conceptos básicos necesarios para un mejor entendimiento de toda la estructura del proyecto, se trataron temas como la definición de adhesivo, los tipos de fallas que se presentan, las características de los adhesivos, los diferentes tipos y los mercados en los que trabaja Pegaucho S.A.S, durante esta primera etapa se identificó el tipo de adhesivo con el que se trabaja en el proyecto el cual como se menciona anteriormente son los PVA y el mercado al cual se busca enfocar el proyecto el cual es el de la madera, esta primera etapa permitió tener una idea más clara del tipo de enfoque que se le quería dar al proyecto y del camino que se debía tomar al momento de realizar la búsqueda bibliográfica.

El entrenamiento se dio por aproximadamente dos semanas, en las cuales aparte de los conceptos básicos, se realizaron pruebas de aplicación de distintos productos, manejo de equipos en el laboratorio y reconocimiento del portafolio ofrecido por la empresa para cada uno de los mercados en los que se enfoca.

2. Búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliografía se dio principalmente con la lectura y el análisis de las normas en las cuales se explican cada uno de los parámetros necesarios para la elaboración del montaje, las normas empleadas en este proyecto fueron las ASTM en especial la ASTM D905[9], dichas normas se obtuvieron principalmente de las bases de datos bibliográficas de la UdeA. También se realizaron lecturas en artículos científicos donde se encontraron procedimientos muy parecidos al que se buscó.

Inicialmente la búsqueda se enfocó en las características de las probetas que debían ser empeladas en las pruebas, el tipo de madera, el tamaño de cada una de las piezas y la forma de estas últimas, estos valores se obtuvieron de la norma ASTM D905 y EN 204[10], en estas mencionan el tamaño de las probetas, la forma del pegue y las condiciones ambientales y físicas en las que deben estar. Posterior a esto se continuó con la búsqueda de las especificaciones del

Montaje, en este punto del proyecto fue necesario realizar una búsqueda más avanzada, a parte de las normas mencionadas anteriormente se investigó en artículos científicos y páginas de internet de proveedores donde se muestran montajes iguales o parecidos al que se requiere.

Uno de los ejemplos de los equipos que se encontraron y el cual fue punto de partida para el diseño del montaje para la prueba de cizalla en probetas de madera para Pegaucho S.A.S es el que se muestra a continuación.

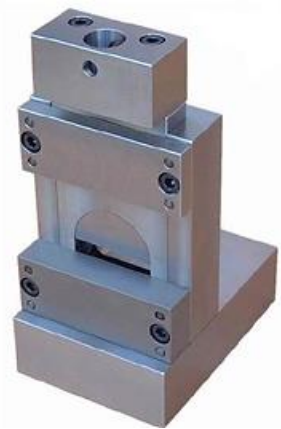


Fig. 2 Montaje prueba cizalla

Nota: fuente <https://www.universalgripco.com/astm-d905>

3. Definición de parámetros para el diseño del montaje

Una vez se encontraron todos los parámetros necesarios para el desarrollo del montaje, se elaboraron los cálculos con los cuales se definió el diseño del equipo y la capacidad del equipo medidor de presión.

Se definió como valores semilla el diámetro de la prensa hidráulica que se encuentra ubicada en las instalaciones de la empresa Pegaucho S.A.S., seguido a esto se tomaron los valores de esfuerzo máximo y esfuerzo mínimo por milímetro cuadrado, estos valores se obtuvieron de la norma EN 204, además para las dimensiones de las probetas como se mencionó anteriormente se tomaron los datos registrados en la norma ASTM D905 y otro valor tomado de ensayos anteriores realizados por otro miembro colaborador de la empresa.

Inicialmente se hallaron los esfuerzos mínimos y máximos para cada área transversal empleando la siguiente ecuación.

$$X \left(\frac{N}{in^2} \right) * Y (in^2) = Z (N) \text{ ecuación (1)}$$

Donde

X = Esfuerzo (mínimo o máximo) por pulgada cuadrada.

Y = área transversal

Z = Esfuerzo

Posteriormente se hallaron las presiones máximas y mínimas para cada uno de los esfuerzos calculados. La ecuación empleada fue la siguiente

$$P (Pa) = \frac{F(N)}{A (m^2)} \text{ ecuación (2)}$$

Donde

F = Fuerza.

A = Área.

Para darle solución a la ecuación número 2 fue necesario hallar el valor del área sobre el cual se ejerce la presión y este se obtuvo a partir del diámetro de la prensa hidráulica existente en la empresa Pegaucho S.A.S.

$$A(m^2) = \frac{\pi}{4} * (d)^2(m^2) \text{ ecuación (3)}$$

Una vez se obtuvieron los valores del área y fuerza, se planteó y resolvió la ecuación número 2 para la presión, al tener todos los valores fue posible definir el rango de medición que debe tener el manómetro con el que se va a trabajar.

4. *Diseño del montaje*

Para el desarrollo de esta etapa del proyecto, se acordó una reunión con el asesor de prácticas asignado por la empresa, el coordinador de investigación y desarrollo y el ingeniero mecánico de la empresa Pegaucho S.A.S., en dicha reunión se analizaron los resultados obtenidos en los cálculos, los datos hallados en las normas y junto a los conocimientos de cada uno de los profesionales que hicieron el acompañamiento en el proyecto se logró definir un diseño para el montaje cuyo resultado fue una estructura muy similar a la mostrada en la ilustración 2.

En la reunión se realizó el diseño digital de la estructura en el software de diseño AutoCAD, además se definió el tipo de manómetro que se debe emplear en la estructura, la ubicación de esta, el tipo de madera adecuada para la construcción de la probetas y las herramientas o maquinas adicionales necesarias para el desarrollo del proyecto.

5. Cotizaciones

Las cotizaciones se realizaron a partir de los datos y las características definidas en la reunión del diseño y montaje, la evaluación del costo para cada uno de los elementos necesarios se hizo con proveedores de Colombia cuyos contactos fueron suministrados por el ingeniero mecánico de la empresa Pegaucho S.A.S y algunos otros encontrados en diversas páginas de internet de tiendas dedicadas a vender y fabricar este tipo de elementos.

IX RESULTADOS

1. Resultados de la búsqueda bibliográfica

Como se menciona en la metodología la búsqueda se enfocó principalmente en la lectura de las normas que condicionan la fabricación y preparación de la estructura y las probetas necesarias para la realización del proyecto, además de la explicación detallada de algunas de las condiciones en las que se deben hacer los procedimientos entre las cuales están las pruebas estándar, pruebas en húmedo, pruebas en seco, por cizalla, por tensión entre otras, para este proyecto y como principal objetivo de Pegaucho S.A.S se determina que inicialmente se harán con pruebas estándar en las cuales no se someterán las probetas a condiciones extremas como humedad o secado y tampoco se realizaran pruebas por tensión.

Los datos más relevantes y fundamentales para la realización del se describen en los siguientes ítems

- Dimensiones de las probetas

En la norma ASTM D905 ilustran de manera clara las medidas de cada una de las probetas para la prueba, además se muestra la forma en la que se debe realizar el pegue de cada uno de los tableros de madera para que el procedimiento se lleve a cabo de manera correcta.

En la siguiente figura se muestra la forma del pegue y las dimensiones de las probetas.

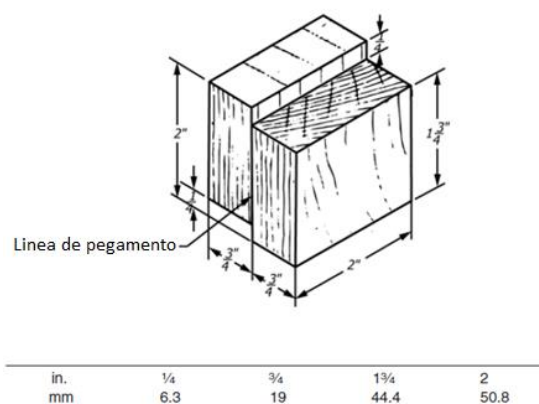


Fig. 3 Probetas de madera para la prueba

Nota: Fuente Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading

Las probetas que se deben utilizar en el procedimiento deben ser preferiblemente muestras de madera en Arce, sin embargo y teniendo en cuenta que estas normas son europeas, para la realización del proyecto en Pegaucho S.A.S. se determinó que la madera empelada será roble flor morada o una madera cuya densidad sea aproximadamente $0,65 \text{ g/cm}^3$, estas son las más semejantes al Arce. Las medidas de los tableros según la norma es de $50,8 \times 19,05 \times 38,10 \text{ mm}$, estas medidas son generales para toda la cantidad de piezas que se corten, los tableros se separan en parejas con el fin de realizar un pegue en el lado más ancho de las probetas como se muestra en la figura 3 y dejando una pestaña entre ellas que permita aplicar la fuerza de la prensa sobre las muestras, empleando el adhesivo al que se le vaya hacer el seguimiento. A partir de los parámetros determinados en la norma ASTM D905, se calculó el valor del área transversal de las probetas que dio aproximadamente $2,99 \text{ in}^2$ este resultado es importante porque es el área en la cual se va aplicar el adhesivo.

Como se mencionó anteriormente, en el punto tres de la metodología (*Definición de parámetros para el diseño del montaje*), también se tuvieron otros parámetros de medida para las probetas de madera, estas medias son tableros en forma de cuadrado perfectos con dimensiones de una pulgada de largo por una pulgada de ancho, esta información se obtuvo de la experiencia en un proyecto similar de uno de los colaboradores internos de la empresa. Para este tipo de probetas se determinó que la forma del pegue, es de manera idéntica al planteado en la norma ASTM D905.

Teniendo en cuenta que las pruebas se harán con tableros de madera, todas las muestras deben tener las mismas condiciones físicas no solo en el tamaño sino también en humedad y peso, por tal motivo se debe hacer control de estas variables durante cierta cantidad de tiempo, en la norma ASTM D5751 [11], se recomienda un estimado de siete días para realizar los seguimientos necesarios a las probetas. De acuerdo a la información analizada la variación de contenido de humedad para las probetas de madera que van a ser sometidas a la prueba de cizalla no puede tener un cambio muy drástico por ejemplo si el contenido de humedad de la muestra antes de la exposición es del 9%, el rango aceptable para la prueba debe ser del 8 al 10%, si no se cumple esto entonces esa probeta no podrá ser utilizada en el procedimiento.

En cuanto al montaje, en la norma ASTM D905 se presenta un bosquejo del diseño del equipo, este diseño es una muy buena opción debido a que es práctico y es una opción más económica respecto a otras como la maquina universal de ensayos (figura 1)

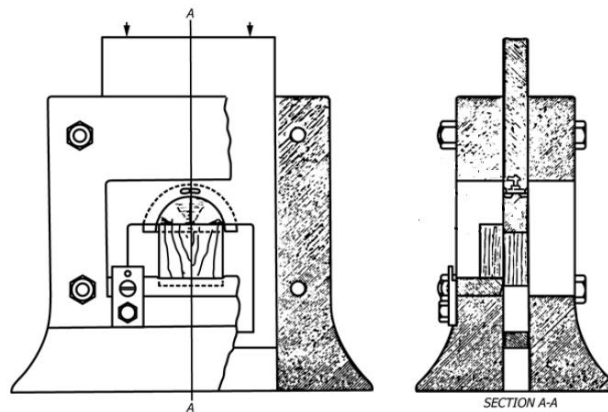


Fig. 4 Montaje norma ASTM D905

Nota: Fuente Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading

La capacidad de la maquina no debe ser menor a 6810 kg en compresión, debe estar equipada con una herramienta de corte en la cual se asegure una distribución de la carga de manera uniforme, también es necesario tener en cuenta que el equipo debe ser ubicado en una atmosfera donde el contenido de humedad de las probetas no se vea afectada ya que podría alterar significativamente el resultado.

2. Cálculos para los parámetros del diseño

Los cálculos realizados para determinar los parámetros de diseño corresponden principalmente a los necesarios para hallar el área transversal de las probetas y para definir la capacidad de medida del manómetro que va acoplado a la prensa que ejerce la fuerza sobre la probeta.

Como se mencionó anteriormente los valores semilla de esfuerzo máximo y mínimo para la prueba en probetas que no son sometidas a ningún acondicionamiento se obtuvieron de la norma EN 204 y el valor del diámetro se tomó basado en las dimensiones de la prensa hidráulica de Pegaucho S.A.S

- Diámetro de la prensa: 4 cm
- Esfuerzo mínimo por milímetro cuadrado: $0,5 \text{ N/mm}^2$
- Esfuerzo máximo por milímetro cuadrado: 20 N/mm^2

Los cálculos de los valores del área trasversal para las medidas con la norma ASTM D905 y los valores de ensayos anteriores son.

- Norma ASTM 905

$$5,08 \text{ cm} \times 3,81 \text{ cm} = 19,35 \text{ cm}^2 \text{ ecuación (4)}$$

$$19,35 \text{ cm}^2 \approx 2,99 \text{ in}^2$$

- Ensayos anteriores

$$1 \text{ in}^2$$

Inicialmente se hallaron los esfuerzos para cada área transversal

- Área transversal de 1 in^2 y esfuerzo mínimo

$$0,5 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{(25,4 \text{ mm})^2}{(1 \text{ in})^2} * 1 \text{ in}^2 = 322,6 \text{ N} \text{ ecuación (5)}$$

- Área transversal de $2,99 \text{ in}^2$ y esfuerzo mínimo

$$0,5 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{(25,4 \text{ mm})^2}{(1 \text{ in})^2} * 2,99 \text{ in}^2 = 964,5 \text{ N} \text{ ecuación (6)}$$

- Área transversal de 1 in^2 y esfuerzo máximo

$$20 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{(25,4 \text{ mm})^2}{(1 \text{ in})^2} * 1 \text{ in}^2 = 12903,2 \text{ N} \text{ ecuación (7)}$$

- Área transversal de $2,99 \text{ in}^2$ y esfuerzo máximo

$$20 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{(25,4 \text{ mm})^2}{(1 \text{ in})^2} * 2,99 \text{ in}^2 = 38580,56 \text{ N} \text{ ecuación (8)}$$

Para hallar la presión mínima y máxima que se necesita en el proceso se parte de la ecuación.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{ecuación (9)}$$

Para darle solución a esta ecuación fue necesario hallar el valor del área sobre la cual se ejerce la presión y esta se halla de la siguiente manera.

$$A = \frac{\pi}{4} * (d)^2 \quad \text{ecuación (10)}$$

Reemplazando valores se tendría.

$$A = \frac{\pi}{4} * (0,04)^2 \quad \text{ecuación (11)}$$

$$A = 0,00125 \text{ m}^2$$

Reemplazando en la fórmula de la presión para el área transversal 1 in^2 y el esfuerzo mínimo de $322,6 \text{ N}$ se tiene.

$$P = \frac{322,6 \text{ N}}{0,00125 \text{ m}^2} = 268833,33 \text{ Pa} \quad \text{ecuación (12)}$$

$$P = 268833,33 \text{ Pa} \approx 39 \text{ psi}$$

Reemplazando en la fórmula de la presión para el área transversal de $2,99 \text{ in}^2$ y el esfuerzo mínimo de $322,6 \text{ N}$.

$$P = \frac{964,5 \text{ N}}{0,00125 \text{ m}^2} = 771600 \text{ Pa} \quad \text{ecuación (13)}$$

$$P = 771600 \text{ Pa} \approx 111,91 \text{ psi}$$

Reemplazando en la fórmula de la presión para el área transversal 1 in^2 y el esfuerzo máximo de $12903,2 \text{ N}$.

$$P = \frac{12903,2 \text{ N}}{0,00125 \text{ m}^2} = 10752666,67 \text{ Pa} \quad \text{ecuación (14)}$$

$$P = 10752666,67 \text{ Pa} \approx 1559,54 \text{ psi}$$

Remplazando en la fórmula de la presión para el área transversal de $2,99 \text{ in}^2$ y el esfuerzo máximo de $38580,56 \text{ N}$

$$P = \frac{38580,56 \text{ N}}{0,00125 \text{ m}^2} = 32150466,67 \text{ Pa} \text{ ecuación (15)}$$

$$P = 32150466,67 \text{ Pa} \approx 4663.03 \text{ psi}$$

TABLA I
RESULTADOS DE ESFUERZOS Y PRESIONES PARA CADA ÁREA TRANSVERSAL

Áreas transversales	Esfuerzo mínimo	Esfuerzo máximo	Presión mínima	Presión máxima
1 in²	322,6 N	12903,2 N	39 psi	1559,54 psi
2,99 in²	964,5 N	38580,56 N	111,91 psi	4663.03 psi

De acuerdo con los resultados que se reflejan en la tabla anterior se determinó que el tamaño de probeta con el que se va a trabajar inicialmente es la de 1 in^2 , sin embargo, la estructura del montaje se plantea de tal manera que tenga el espacio suficiente para trabajar en un futuro con el área transversal de las probetas de la norma ASTM D905. A demás se determinó que la capacidad de medida del manómetro debe ser de 0 psi hasta 2000 psi.

Es necesario tener en cuenta en este punto que los cálculos se realizaron con la consideración de hallar el esfuerzo necesario para provocar que la madera falle ya que se conoce que este esfuerzo será menor al que se necesita para que el adhesivo tipo PVA falle, todo esto porque en las pruebas siempre se va a buscar que exista falla en el sustrato y no en el producto adhesivo.

3. Diseño del montaje

El diseño final del montaje se logró a partir de los cálculos realizados y de los aportes de cada uno de los profesionales que aportaron al proyecto, la siguiente figura corresponde a una de las vistas del diseño del montaje las otras vistas se agregan como anexo en este informe.

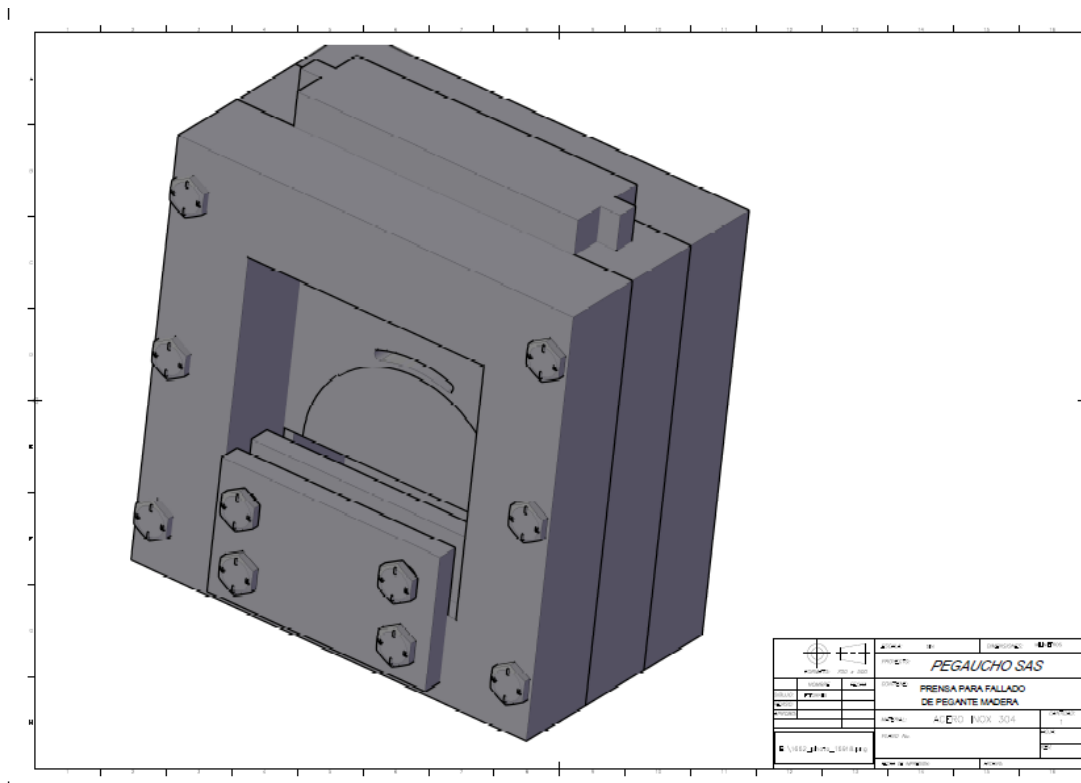


Fig. 5 Diseño montaje para prueba de cizalla

4. Resultados de las cotizaciones

Las cotizaciones se iniciaron con la búsqueda del manómetro, la selección fue de un manómetro digital con memoria de máximos y mínimos y con capacidad de 0 a 2000 psi, las cotizaciones de este equipo se hicieron a proveedores que previamente han trabajado con Pegaucho S.A.S. Posteriormente se realizó la cotización del montaje cuyo material seleccionado fue acero inoxidable, a su vez se realizó la cotización de una maquina cortadora de madera con el objetivo de hacer todas las probetas en las instalaciones de la empresa y no depender de un tercero al momento de hacer los ensayos.

En la siguiente tabla se observan los valores de cada una de las cotizaciones y el valor aproximado del proyecto en general.

TABLA II
COSTO TOTAL DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO

EQUIPOS	COSTO
Prensa para fallado de PVA	\$ 2'975.000
Manómetro digital	\$ 1'518.400
Máquina cortadora para madera	\$ 919.496
TOTAL	\$ 5'412.896

Las cotizaciones legales de los equipos e instrumentos de medición se agregan en los anexos.

X. DISCUSIÓN

Al determinar, analizar y diseñar cada una de las etapas del proceso se logran identificar varios aspectos que son parte fundamental en la realización del proyecto, entre estos aspectos está el tamaño de probetas seleccionado. Aunque este proyecto se basa principalmente en la información registrada en la norma ASTM D905, es importante resaltar que las probetas seleccionadas fueron las de $1n^2$, tamaño que fue sugerido por un colaborador interno de la empresa el cual había tenido experiencias anteriores con un proyecto similar, esta decisión es debido a que al realizar el análisis de los resultados de los cálculos con los que se determinó el rango de medida del manómetro se observó que las probetas cuya área superficial es más grande, o sea las planteadas por la norma necesitan un mayor esfuerzo para ser falladas y esto afecta de forma directa la inversión del proyecto, que estas probetas necesiten un mayor esfuerzo implica que el manómetro con el que se realicen las medidas sea de mayor capacidad de medida, teniendo en cuenta que el equipo seleccionado para el montaje tiene unas características muy específicas como lo son la memoria de máximos y mínimos y la necesidad de que sea digital, el manómetro que se ajuste a las probetas de mayor área tendría un costo mucho más elevado. A su vez al trabajar con tableros de madera más grandes se tendría un consumo más elevado y es importante tener en cuenta que con estas pruebas se buscan caracterizar la mayor cantidad de adhesivos PVA posibles, además el ideal de la empresa es que sea una prueba que se realice con frecuencia por esto es más provechoso emplear los tableros de menor tamaño. Otra razón por la cual se seleccionó este tamaño es por la contaminación auditiva que genera la falla de los tableros grandes, al ejercer la presión sobre la probeta y reventarse la madera se genera un estallido muy fuerte el cual presenta un problema para las instalaciones de la empresa por que el equipo será ubicado en la planta junto al área de producción y en ese ambiente se genera mucho ruido por las maquinas en las que se hacen los productos por esto no es posible generar más contaminación auditiva en esta zona porque se verían afectados los colaboradores de todo este área.

El tipo de madera para esta prueba es importante porque al ser una falla con presión sobre las probetas es necesario que sea una madera de mayor dureza, como se menciona en la norma la que se sugiere es el Arce, sin embargo, teniendo en cuenta el mercado de Colombia y los conocimientos del asesor técnico encargado del mercado de madera, se determinó que la madera

Apropiada para la prueba es un roble flor morada o un tipo que tenga una densidad de aproximadamente $0,65 \text{ g/cm}^3$ como por ejemplo el Nogal, Cedro, Guayacán hobo entre otros.

Para el diseño del equipo se definió que el material en el que se hará la construcción de este es acero inoxidable, se seleccionó este material porque tiene buena dureza, presenta resistencia a los golpes, no se raya y tiene buena resistencia mecánica además al ser una aleación con Cromo se evita la oxidación. Si bien el municipio de La Estrella (Ubicación en el que estará el equipo), no es un lugar con humedad elevada o condiciones que generen un deterioro extremo es una gran ventaja la fabricación en este material porque se garantiza que el montaje perdure más y permite hacer pruebas en un futuro con probetas que presenten mayor humedad o que estén acondicionadas bajo otros procesos previos.

Finalmente es importante resaltar que la idea inicial del proyecto incluía las caracterizaciones del proceso, sin embargo durante las cotizaciones se presentaron inconvenientes debido a los problemas que se han presentado con los temas de importaciones, el inconveniente principal se presentó con la cotización del manómetro porque teniendo en cuenta las características necesarias de este y al conversar con los proveedores solo se encontraban estos instrumentos disponibles para importación, esto implica un tiempo de espera de entre 4 a 8 semanas y estos tiempos se salen del disponible para el semestre de industria, por tal motivo se tomó la decisión de finalizar el proyecto hasta las cotizaciones con el compromiso de que en la empresa Pegaucho S.A.S se le de finalización al proyecto.

XI. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que los Benchmarking son una herramienta muy importante para el desarrollo comercial de las empresas, porque permiten conocer el mercado, las debilidades y fortalezas de los productos propios, con el fin de encontrar argumentos que sean útiles para incrementar las ventas.
- La realización de este proyecto se propone como una herramienta que puede ser empleada en la caracterización de adhesivos empleados principalmente en el segmento de mercado de la madera, todo esto con el fin de mejorar, ampliar y fortalecer esta área.
- Este tipo de proyectos en los que se proponen montajes más prácticos con los que se logran hacer pruebas específicas, permiten el desarrollo de métodos de medición de bajo costo y la estandarización de estos.
- Este proyecto aporta a la construcción del laboratorio de aplicaciones en Pegaucho S.A.S para los procesos de validación de adhesivos con los PVA.

XII. RECOMENDACIONES

En un principio el proyecto se planteó hasta la estandarización de la prueba, esto con el fin de dejar el método listo para empezar con las caracterizaciones completas de los productos PVA del portafolio de Pegaucho S.A.S y de la competencia, el objetivo del proyecto completo es principalmente porque Pegaucho S.A.S no hay otro método de medición que se haga de manera igual o parecida.

Teniendo en cuenta que los protocolos de pruebas para nuevos procesos son muy importantes y que el montaje representa un aporte significativo para la mejora de las caracterizaciones internas de la empresa, como primera recomendación en este proyecto se sugiere continuar con el montaje de la prensa de fallado. Esto implica que desde la empresa se apruebe el proyecto y a su vez se autorice la fabricación y compra de cada uno de los elementos necesarios para el procedimiento, también se recomienda que una vez fabricado el montaje y adquirido los demás elementos del equipo se realicen las pruebas de caracterización del procedimiento para lograr así incluir en las caracterizaciones realizadas por Pegaucho S.A.S las pruebas por cizalla en probetas de madera.

Finalmente se recomienda en un futuro tener un espacio físico en la empresa con condiciones controladas para mayor confiabilidad en las mediciones.

REFERENCIAS

- [1] “Mercado Latinoamericano de Selladores y Adhesivos | Participación, Crecimiento, Precio 2021-2026.” [Online]. Available: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-selladores-y-adhesivos>. [Accessed: 24-Oct-2021].
- [2] “Nosotros • Pegaucho.” [Online]. Available: <https://pegaucho.com/nosotros/>. [Accessed: 20-Oct-2021].
- [3] “Quienes Somos – PEGAUCHO S.A.S.” [Online]. Available: <https://blogcarolinalopez.wordpress.com/quienes-somos-2/>. [Accessed: 24-Oct-2021].
- [4] N. L. Guzman, “INFORME ENTRENAMIENTO PRÁCTICAS.”.
- [5] “Polyvinyl Alcohol.” [Online]. Available: https://www.easthony.cn/polyvinyl-alcohol/?nullutm_campaignid=12103731314&utm_adgroupid=121754882812&utm_creative=493079133971&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_network=g&utm_matctype=p&utm_device=c&utm_devicemodel=&utm_term=polyvinylalcohol&utm_adposition=&utm_placement=&utm_content=&utm_campaign=&utm_feeditemid=&utm_targetid=kwd-151143295&gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hiwmZaMJ59OXKJgPdB5W4EmDJCRo6TRveU51Ts4RqmiySPz4didPmZBoCfsIQAvD_BwE. [Accessed: 24-Mar-2022].
- [6] I. Issn, “Adhesión En Uniones Con Acetato De Polyvinilo Effect of Test Pieces Dimension on Shear Strength and Adhesion in Polyvinyl Acetate Joints,” *Maderas. Cienc. y Tecnol.*, vol. 9, no. 3, pp. 299–307, 2007.
- [7] “Poly(vinyl acetate) analytical standard, molecular weight series, beads 9003-20-7.” [Online]. Available: https://www.sigmaaldrich.com/CO/es/product/sial/182508?gclid=CjwKCAjwxOCRBhA8EiwA0X8hi5MkXIRU-CBjq2uwFR2i-hGviDbkrndhxpTWUxQer_kj6WNc2xqBoCmfoQAvD_BwE. [Accessed: 24-Mar-2022].
- [8] ALEPH, “¿qué es un ensayo de cizallamiento?” [Online]. Available: <https://aleph.org.mx/que-es-un-ensayo-de-cizallamiento>. [Accessed: 24-Mar-2022].
- [9] F. J. Lumber, “Standard Specification for Adhesives Used for Finger Joints in Nonstructural Lumber,” *Annu. B. ASTM Stand.*, vol. 95, no. Reapproved 2005, pp. 1–17, 2011.
- [10] “UNE-EN 204:2016 Clasificación de adhesivos termoplásticos para...” [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0057590>. [Accessed: 24-Mar-2022].
- [11] S. T. Method, “Standard Test Method for Determining the Adhesive and Cohesive Strength Between,” vol. i, no. Reapproved, pp. 6–8, 2013.

ANEXOS

Anexo 1: Planos del montaje para pruebas de cizalla

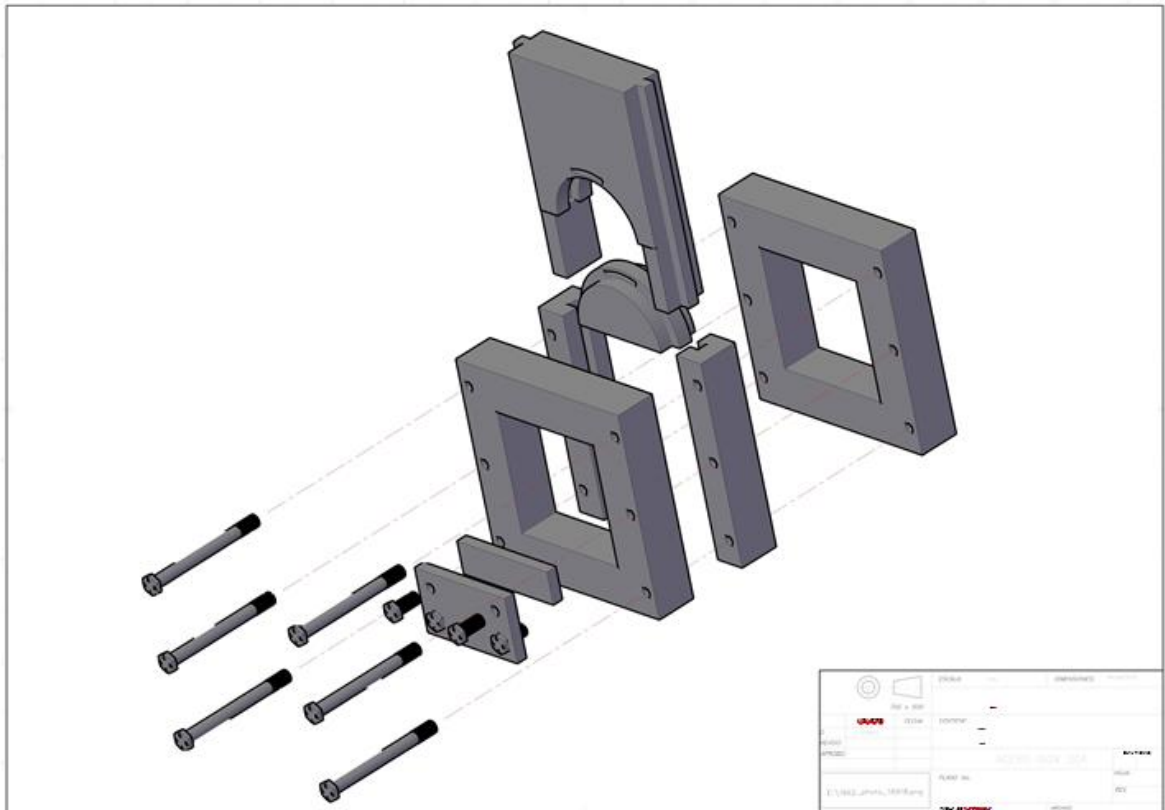


Fig. 6 Ensamble del montaje

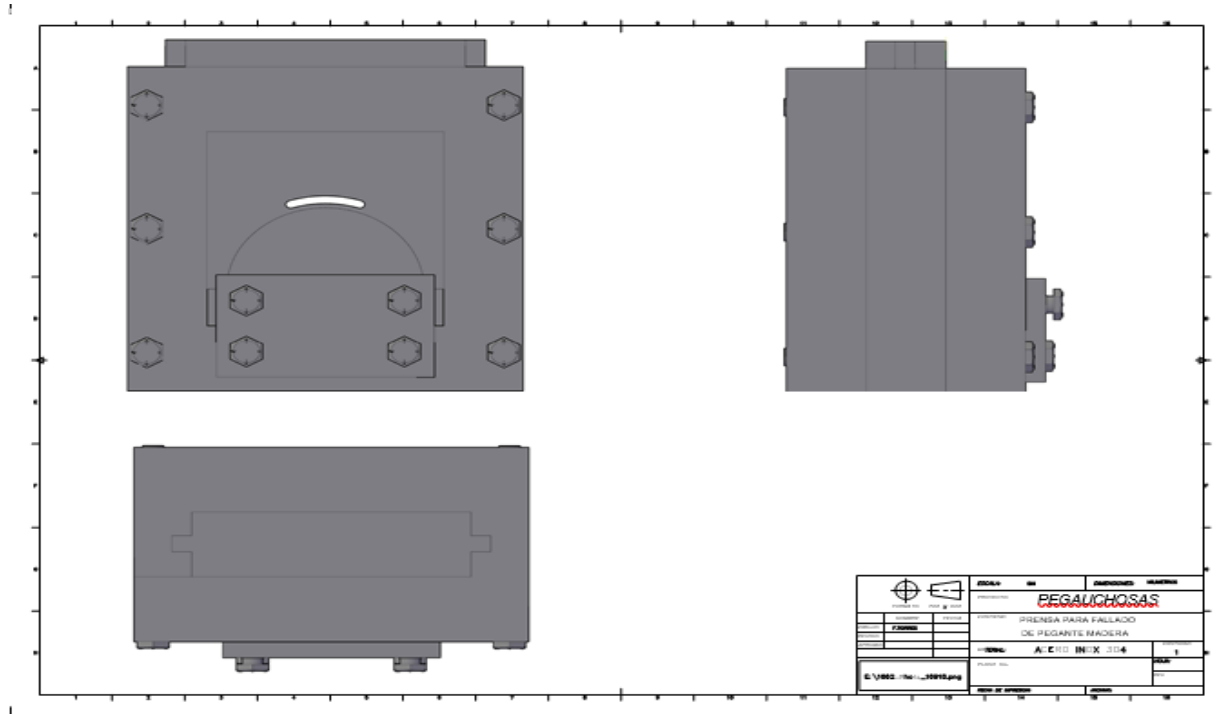


Fig. 7 Vistas superiores y laterales del montaje

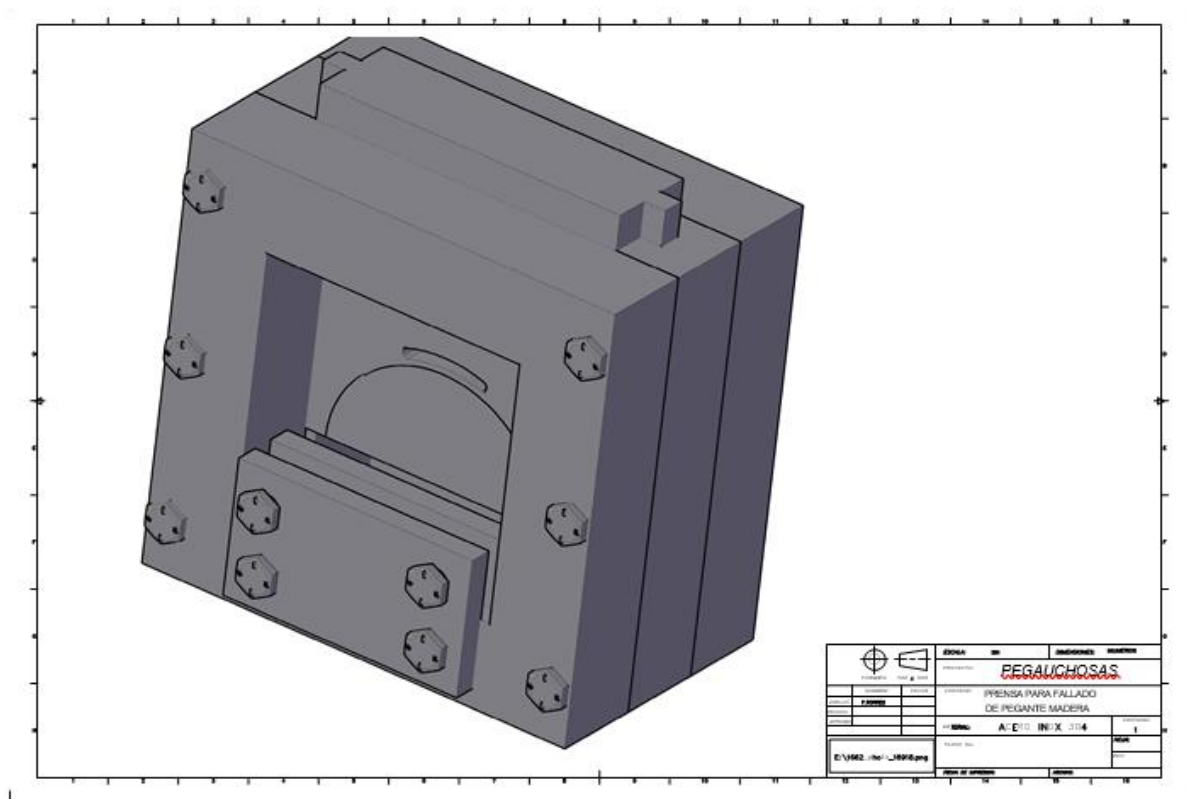



Fig. 8 Vista total del montaje

Anexo 2: Cotizaciones legales de los equipos



TOLUA
Maderas y Herrajes

TOLUA MADERAS Y HERRAJES
 NIT: 901012505
 CL. 45 A 55 73
 Tel: 5129516 Fax:
 MEDELLIN

COTIZACIONES
No. CTM-0000166

Cilente

Nombre:	PEGAUCHO S.A.S
NIT:	890900453-4
Dirección:	CR 50 97 B SUR 301
Ciudad:	LA ESTRELLA
Teléfono:	3093939
Establecimiento:	PEGAUCHO S.A.S

COTIZACION MOSTRADOR

Fecha:	24/02/2022
Número pedido:	
Forma de pago:	CONTADO
Vendedor:	MARIN AGUDELO WILMER

Referencia Descripción	U.M.	Cantidad	Precio unitario	Descuento	Impuestos	Valor total
00002393 INGLLET BANCO EINHELL 10" TC-SM 2531/2 U	UND	1	\$946.316	\$39.761	\$143.538	\$755.462
00001633 INGLETEADORA EINHELL 10" TC-SM 2534 DUAL	UND	1	\$1.151.789	\$48.395	\$174.704	\$919.496

Ferreteria
ENTREGA

Notas

Totales

Valor bruto:	\$1.763.114
Descuentos:	\$88.156
Sub Total:	\$1.674.958
Valor impuestos:	\$318.242
Total:	\$1.993.200

ymarin
Elaborado

ymarin
Aprobado

Recibido

REIMPRESO
ORIGINAL
Página 1 de 1

Fig. 9 Cotización de la maquina cortadora

INSTRUEQUIPOS INGENIERIA SAS
NIT: 900.259.539-5
Cra 48 75-86 itagui - antioquia - pbx: 444-60-53
www.instruequipos.co - logistica@instruequipos.co

INSTRUEQUIPOS
INGENIERIA SAS
Instrumentación y Equipos Industriales

ITAGÜÍ, lunes, 7 de marzo de 2022

CTC-2203046

Natalia Lora
PEGAUCHO S.A.S
CR 50 97 B SUR 301
LA ESTRELLA

Asunto : Cotización

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNIT.	DCTO.	VALOR TOTAL
GR	RF: Manómetro patrón digital, rango: 0 a 3000psi, precisión: 0.25% plena escala, resolución: 1 psi, cnx: 1/4"NPT, marca: Dwyer, ref: DPG-110	1 UND	\$ 1.518.400		\$ 1.518.400
GR	RF: Manómetro digital, rango: 0 a 3000psi, precisión: 0.5% plena escala, resolución: 1 psi, cnx: 1/4"NPT, marca: Dwyer, ref: DPG-010	1 UND	\$ 1.430.000		\$ 1.430.000
				PARCIAL :	\$ 2.948.400
				DESCUENTO :	
				IVA :	\$ 560.196
				TOTAL :	\$ 3.508.596

----- VIGENCIA DE LA COTIZACION -----
Validez de la oferta : 15 días
Fecha en que caduca : 24/03/2022

Forma de pago: contado anticipado

Tiempo de entrega: 3 semanas (importación)

No se acepta devolución de este instrumento

Atentamente,

Juan Manuel Bermúdez Rendón

Teléfono : 4446053
Cel./Móvil : 300 4351200
Email : ventas2@instruequipos.co
ITAGÜÍ

Fig. 11 Cotización del manómetro.