



**PARAMETRIZACIÓN DE LAS PRESIONES EN LA FORMACIÓN DE LOS
ESQUINEROS CON ÉNFASIS EN SU DESEMPEÑO.**

Luis David Saldarriaga Cartagena

Trabajo de investigación como requisito parcial para optar al título de:

Profesional en Ingeniería Agroindustrial

Asesores(a):

Ana Juleza Mosquera Martínez, MSc Ciencia Tecnología de Alimentos

Celeny Patricia García González Tecnóloga en producción y Coordinadora de calidad en
Corrugados del Darién S.A.S

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química
Ingeniería agroindustrial
Carepa, Colombia

2023

Cita	(Saldarriaga Cartagena, 2023)
Referencia	L.D. Saldarriaga Cartagena, “parametrización de las presiones en la formación de los esquineros con énfasis en su desempeño”.
Estilo APA 7 (2020)	Trabajo de grado profesional, Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Antioquia, Carepa, Antioquia, Colombia, 2023.



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: Julio Cesar Saldarriaga Molina

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

Agradecimientos primeramente a mis familiares y amigos por su apoyo incondicional, A CORDARIEN en especial a su equipo del Departamento de Calidad por la realización de mis prácticas académicas. A la Universidad de Antioquia y sus docentes, por contribuir a mi formación profesional y en especial al Ingeniero Cristian Vergara Cañas, por su apoyo incondicional y por ayuda.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
- 2.1 Objetivo general	10
- 2.2 Objetivos específico	10
3. Marco teórico	11
4. Metodología.	16
4.1 Muestreo.	16
- 4.2 Peso Básico.	17
- 4.3 Calibre	17
- 4.4 Humedad.	17
- 4.5 Numero de Cobb.	18
- 4.6 Mullen.	18
- 4.7 Fabricación.	19
- 4.8 Compresión en plano o Flat Crush.	20
- 4.9 Bending test.	20
5. Diseño experimental	21
6. Resultados y análisis.	22
- 6.1. Caracterización de rollos de papel Kraft utilizados en la fabricación de esquineros	22
- 6.2. Análisis de los resultados de bending test esquinero	23
- 6.3. Análisis de los resultados de calibre esquinero	26
- 6.4 Análisis de los resultados de la resistencia en el tiempo	31
7. Conclusion.	31

Lista de tablas

Tabla 1 Estructura de fabricación de esquineros.	19
Tabla 2. Diseño experimental Unifactorial	21
Tabla 3. Valores estándar las características físicas, químicas y mecánicas de los rollos de papel.	22
Tabla 4. Características físicas y mecánicas de los rollos papeles empleados en la fabricación.	22
Tabla 5. Resultados experimentales Esquinero de refuerzo.	23
Tabla 6. Resultados experimentales Esquinero de Calibre.	26
Tabla 7. Resultados experimentales de Bending Test (Lbf) en el tiempo.	29
Tabla 8. ANOVA para A.Bending Test por A. Esquinero Refuerzo	38
Tabla 9. ANOVA para B.Bending Test por B.Esquinero Hp	38
Tabla 10. ANOVA para C.Bending Test por C.Esquinero Estándar	39
Tabla 11. ANOVA para Calibre por Esquinero. Refuerzo	39
Tabla 12. ANOVA para Calibre por Esquinero. Hp	39
Tabla 13. ANOVA para Calibre por Esquinero. Estándar	40
Tabla 14. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero	40
Tabla 15. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero Estándar	40
Tabla 16. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero	41

Lista de figuras

<i>Figura 1. Esquineros de papel</i>	11
<i>Figura 2. Esquineros estándar</i>	12
<i>Figura 3. Esquineros HP</i>	12
<i>Figura 4. Esquineros de refuerzo.</i>	12
<i>Figura 5. Bending test</i>	13
<i>Figura 6. Flat Crush</i>	14
<i>Figura 7. Compresión vertical</i>	14
<i>Figura 8. formato de identificación de papeles.</i>	16
<i>Figura 9. Prueba de Tukey HSD, Resistencia bendindg test vs presión</i>	24
<i>Figura 10. Resistencia Bendindg test vs presión</i>	25
<i>Figura 11. Prueba de Tukey HSD, Calibre Refuerzo vs presión</i>	27
<i>Figura 12. Presión Vs calibre</i>	28
<i>Figura 13. Prueba de Tukey HSD, Bending Test vs Semana</i>	31

Resumen.

Corrugados del Darién S.A.S es una empresa dedicada a la fabricación de cajas de cartón corrugado, etiquetas, autoadhesivas para el embalaje y exportación de banano, plátano y flores al igual que la línea de producción de esquineros de papel (HP, estándar y de refuerzo) puesta en marcha a finales del 2019, durante este periodo se han venido realizando, seguimiento, ensayos y modificaciones en el diseño y composición de los esquineros con el fin de producir esquineros que proporcionen fuerza, estabilidad y protección al momento de conformar los pallets de banano, por ende, se evaluó el efecto de la fuerza de presión de las masas formadoras en la resistencia de los esquineros de papel HP, estándar, refuerzo fabricados por la empresa corrugados del Darién S.A. realizando un seguimiento y caracterización de papeles que son empleados en la fabricación de los esquineros para verificar, que tanto las materias primas como los productos que reciben, cuenten con los requerimientos de calidad establecidos en el proceso utilizando la metodología de trabajo aleatoria evaluando su calibre, porcentaje de humedad, peso básico, número de Cobb y mullen con el fin evitar defectos de fabricación para la fabricación de los esquineros se utilizó una metodología de trabajo aleatoria, basada en un diseño experimental unifactorial con 3 niveles de presión (2, 2.5 y 3 bares) y 3 repeticiones por cada nivel para un total de 27 tratamientos obteniéndose como resultado dos variables respuestas: compresión bending test. También se analizó la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia de los esquineros durante un periodo de almacenamiento de 60 días. El análisis estadístico incluyó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos y una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5%. Posteriormente, se describió la interacción entre el factor presión y las variables respuestas para cada tipo de esquinero (HP, estándar y refuerzo) haciendo uso del software estadístico Statgraphics Centurión XVI.

Palabras clave: esquineros de papel, resistencia, papel Kraft, calibre, presión, perfiladora

Abstract

Corrugados del Darién S.A.S is a company dedicated to the manufacture of corrugated cardboard boxes, labels, self-adhesive for the packaging and export of bananas, plantains and flowers, as well as the production line for paper corners (HP, standard and reinforcement). start-up at the end of 2019, during this period, monitoring, tests and modifications have been carried out in the design and composition of the corners in order to produce corners that provide strength, stability and protection when forming the banana pallets Finally, the effect of the pressure force of the forming masses on the resistance of the standard HP paper corners, reinforcements manufactured by the corrugated company of Darién S.A., was evaluated. Carrying out a follow-up and characterization of the papers that are used in the manufacture of the corner pieces to verify that both the raw materials and the products they receive have the quality requirements established in the process using the random work methodology, evaluating their caliber, Moisture percentage, basic weight, Cobb number and mullen in order to avoid manufacturing defects for the manufacture of the corners, a random work methodology was used, based on a unifactorial experimental design with 3 pressure levels (2, 2.5 and 3 bars) and 3 repetitions for each level for a total of 27 treatments, obtaining as a result two variable responses: compression-flexion test. The influence of storage time on the resistance of the corner pieces during a storage period of 60 days was also analyzed. Statistical analysis includes an analysis of variance (ANOVA) to detect significant differences between treatments and a Tukey's multiple comparison of means test with a significance level of 5%. Subsequently, the interaction between the pressure factor and the response variables for each type of cornerback (HP, standard and reinforcement) was described using the Statgraphics Centurion XVI statistical software.

Keywords: paper corners, resistance, kraft paper, gauge, pressure, profiler

1. Introducción.

Corrugados del Darién S.A. S es una de las empresas más grande y con mayor posicionamiento establecida desde 1987 en la región de Urabá, ofreciendo servicios de la más alta calidad, en la fabricación y comercialización de cajas de cartón corrugado, etiquetas autoadhesivas y esquineros de papel para el embalaje y exportación de banano y plátano al igual que cajas de cartón para flores y limón siendo estos en menor proporción; orientando sus actividades para que cumplan los requisitos técnicos y legales aplicables a las exigencias de las partes interesadas y a la satisfacción del cliente apoyada en una infraestructura tecnológica a la vanguardia.

Dentro de su portafolio de productos destacan la producción de cajas de cartón corrugado y esquineros de papel, siendo este últimos artículos de embalaje fabricados con fibras de celulosas de material principalmente reciclado (hojas de papel kraft), las cuales se van uniendo con mezclas químicas (adhesivos), que luego pasan por los rodillos de la perfiladora ejerciendo presión para unir homogéneamente las hojas, fortaleciendo las características mecánicas de estos. (*Esquineros – EsKartón*, n.d.)

los esquineros tienen con función mejorar las características de resistencia de la unidad de carga contra vibraciones y tensiones aportando mayor estabilidad del conjunto de carga (estiba), resistencia a los golpes en las esquinas, mejor soporte de las vibraciones durante el transporte y minimiza los costos por menor cantidad de daños.

La línea de proceso de manufacturación de esquineros en Corrugados del Darién S.A.S lleva en funcionamiento desde el 2020 y durante este periodo se han venido realizando, seguimiento, ensayos y modificaciones en el diseño y composición de los esquineros con el fin de obtener un producto con mayor resistencia, por ende, se propone conocer el efecto de la compresión sobre la resistencia en los esquineros al igual que los calibre.

2 Objetivos.

2.1 Objetivo general.

- Evaluar el efecto de la fuerza de presión en la resistencia de los esquineros de papel HP y estándar fabricados por la empresa corrugados del Darién S.A.

2.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar el papel Kraft utilizados en la formación de esquineros HP, refuerzo y estándar.
- Establecer las presiones requeridas para la formación de esquineros HP, refuerzo y estándar de mejor calidad, mediante pruebas de resistencias (flat crush, bending test, presión vertical).
- Analizar la dependencia del calibre con relación a las presiones aplicadas.
- Evaluar el efecto del tiempo sobre la resistencia de los esquineros HP y estándar durante el periodo de almacenamiento en bodega.

3 Marco teórico.

Históricamente se ha visto la preocupación por la conservación de los alimentos y el transporte, por ello se han utilizado diferentes empaques los cuales hacen la función de protección y conservación del alimento, con el tiempo se vio la necesidad de implementar otros elementos de embalaje que permitan preparar la carga adecuadamente para su manipulación, almacenamiento, conservación y transporte en los modos elegidos y así enviarla entre el productor y el consumidor que se encuentran distanciados. (Salguero & Alberto, 2019)

Urabá es una zona conocida por producir 35.000 producen banano y 30.000 de plátano tipo exportación para realizar la exportación de este material, son utilizados elementos que con (empaques y embalaje) como cajas de cartón, estibas, contenedores, entre otros; como los esquineros (Ilustración 1.) de cartón que son fabricados con materiales derivados de papel, generalmente se componen de varias capas o cintas de papeles de diferentes gramajes dando como resultado a unos de los accesorio de embalaje que se utiliza como refuerzo para mejorar las características de resistencia de la unidad de carga contra vibraciones y tensiones.(*USUSPACK / Esquineros de Carton*, n.d.)

Figura 3 *Esquineros de papel*



De las empresas que se encuentran en la zona de Urabá, tan solo corrugados del Darién incluye en su portafolio de productos y servicios la fabricación de esquineros, de los cuales se manejan 3 tipos:

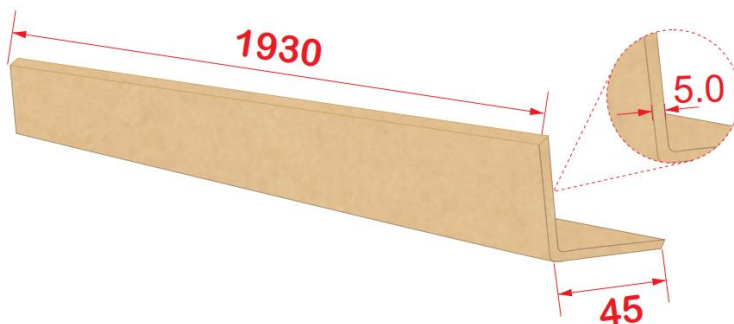
Esquineros estándar: son aquellos que presentan un espesor (calibre) de 4-5 mm, utilizando alrededor de 7 a 9 puntos de pegue, dependiendo del gramaje de estos hasta obtener dicho calibre.

Figura 4. Esquineros estándar



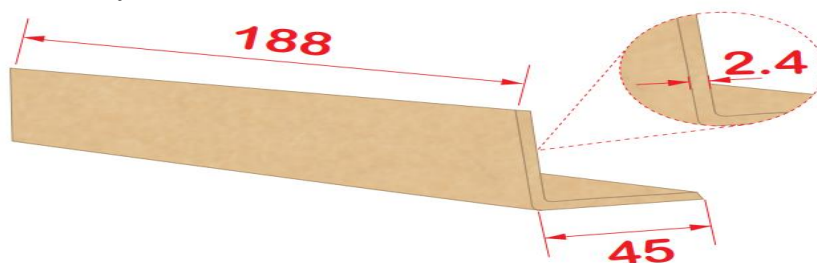
Esquineros HP: este tipo de esquineros son fabricados con un calibre de (5.0 mm), utilizando alrededor de 10 a 11 cintas de papeles, dando más resistencia a este producto.

Figura 3 Esquineros HP



Esquineros de refuerzos: estos tienen un espesor de 2,2 a 2,6 mm con una longitud de 18,8 a 32,2 cm. Estos tienen la funcionalidad brindarles mayores resistencias a las cajas ubicadas en los primeros niveles de los pallets.

Figura.4. Esquineros de refuerzo.

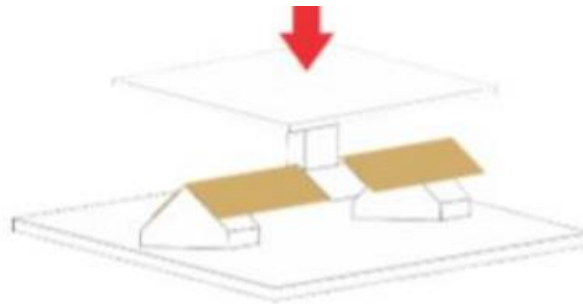


El proceso de fabricación de esquineros comprende la realización de pruebas de calidad, generalmente sujetas a guías nacionales o internacionales de buenas prácticas de laboratorio, con

el fin de evaluar el cumplimiento de las especificaciones de la ficha técnica(Westgard et al., n.d.)inspección de calidad que se realiza en el momento de la producción de los esquineros evalúa todos los parámetros con los que debe terminar el producto final, como el largo, tamaño del ala, espesor y desgarre del papel; de acuerdo con el tipo de esquinero que se esté fabricando y de la prueba de resistencia que se esté evaluando en los esquineros como:

Bending Test o Prueba de tres puntos. Es un método clásico en mecánica que consiste en superponer una viga sobre dos soportes de rodillos y está sujeto a una carga concentrada en su centro, permitiendo determinar la resistencia física del esquinero teniendo como punto de referencia los resultados estándar para esquineros de papel es de 250 lbf (± 10)(Luisa Rosalia Rios Jorge, n.d.)

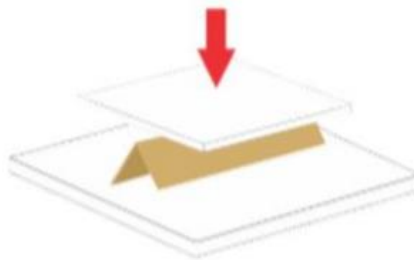
Figura 5. Bending test



Nota Fuente. Bending test en esquineros. (Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S).

Compresión en plano o Flat Crush se realiza de acuerdo con la norma TAPPI T 825, de determina la resistencia de los esquineros al ser sometido a un esfuerzo perpendicular a la superficie(TAPPI, 2014). Un alto valor indica una buena resistencia de este producto, pero un valor bajo puede indicar que los esquineros quedaron mal formados. El resultado estándar para esta prueba es de 140 lbf (± 10) (Luisa Rosalia Rios Jorge, n.d.)

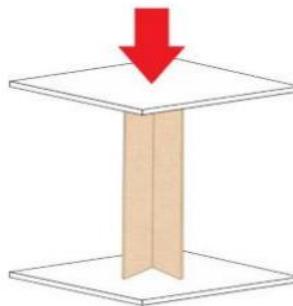
Figura 6. Flat Crush



Fuente: Prueba de Flat Crush en esquineros. (Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S).

Compresión vertical indica la resistencia a la compresión provocada por una carga ejercida de forma vertical, esta prueba se aplica únicamente a los esquineros de refuerzos. Los resultados que se obtienen representan la resistencia del producto a una fuerza que se aplica en la parte superior. en esta prueba se determina el comportamiento de resistir el apilamiento de las cajas durante las operaciones de almacenaje y transporte. El resultado estándar para estos esquineros es de 250 lbf (± 10)

Figura 7. Compresión vertical



Fuente: Prueba de compresión vertical. (Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S)

también se realizan pruebas de calidad de materia prima donde se evalúan temas como el calibre del papel o grosor (expresado en mm), es la distancia perpendicular entre las dos superficies principales del papel; Porcentaje de humedad donde se busca evaluar la cantidad porcentual de agua presente en el papel o cartón determinada por un diferencial de peso entre la muestra húmeda y la muestra seca; Peso básico o peso base conocido como el peso de 500 hojas de papel en su

tamaño básico sin corte; Mullen se define como la presión hidrostática máxima que se necesita para provocar la ruptura del material, esta depende del tipo, porción, la preparación y la cantidad de fibras presentes en un papel y de su formación, tamaño y hasta cierto grado del tratamiento de la superficie.

4 Metodología.

4.1. Muestreo.

Para el estudio del efecto de la presión en la formación de esquineros, se inició realizando la caracterización de los papeles KLB de A B C D g/m² utilizados en el proceso de fabricación de esquineros. El muestreo a los rollos de papel se realizó, una vez se halla notificado la llegada de un nuevo lote. Es importante resaltar que antes de realizar un corte sobre el rollo se verificó que el área de interés estuviera totalmente lisa, es decir, sin arrugas, humedad o maltratos ocasionados por la manipulación de los montacargas u otros factores externos, para evitar datos erróneos en la evaluación de las propiedades. Finalmente, se procedió a tomar las muestras de papel, descartando la primera capa ya que esta al estar más expuesta suelen estar en mal estado, una vez de la capa externa del rollo haya sido removida se realizó el corte de 40X40 cm (Ilustración) cm teniendo la precaución de no comprometer un número mayor a 4 de capas y así evitar el aumento del desperdicio.

El procedimiento de muestreo detallado para cada rollo de papel se describe a continuación:

- A. de la tarjeta de identificación del rollo se registró en el formato de muestreo el código del material, molino de procedencia, lote, gramaje y ancho del rollo.

Figura 8. Formato de identificación de papeles.

FORMATO PARA IDENTIFICACION DE PAPALES	
Comercializadora	
Numero de pedido	
Gramaje	
Ancho	
Numero de rollo	
Lote	
Molino	
Fecha de entrada	

Fuente: Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S.

- B. Se inspeccionó que el área de corte no tuviera arrugas, exceso de humedad o maltratos se midió con un flexómetro un área de 40x40cm tomando como punto de partida la parte central del rollo.
- C. Luego, se cortó el área medida de la capa externa con un bisturí

- D. Se usó el flexómetro para trazar dos líneas paralelas de acuerdo con el sentido de las fibras. Además, se rotula con el formato para identificación de papeles.
- E. En el laboratorio de calidad, con la guillotina mecánica se realizó un corte de 20x20 cm (Ilustración.5) las 4 muestras de cada rollo, tomando como punto de referencia las líneas paralelas trazadas en el paso D.
- F. Se dejaron acondicionar a $(50,0 \% \pm 2,0 \% \text{ RH})$ de humedad y temperatura $(23,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C})$ $(73,4 \pm 1,8 \text{ }^\circ\text{F})$ en el laboratorio durante 24 horas de acuerdo con la norma TAPPI T-402 (TAPPI, 2013) dos de las 4 muestras de cada rollo y las otras muestras se almacenaron con el fin de garantizar un respaldo en caso de posibles daños o errores durante la evaluación.
- G. Después de acondicionadas las muestras de papel, una muestra de cada tipo de papel se pasó por una máquina cortadora de cintas con dimensiones de 6x1/2 pulgadas; cortando 5 cintas en dirección a las fibras o dirección máquina (MD). con la otra muestra, se realizaron cortes con la guillotina de 4 cuadrículas de 15 x 15 cm y se recontramarcaron de acuerdo con el tipo de prueba que se realizaron:

4.2. Peso básico.

Se pesaron 5 muestras de 6 x 1/2 pulgadas para cada tipo de papel en una balanza analítica con precisión mínima de 0.01 gramos, Luego, se calculó el peso por unidad de área de papel, multiplicando la masa de la muestra por la constante (516.6677) para convertirla en unidades de g/m² y se registra el promedio de los valores obtenidos en g/m² en el formato SGC-CA-FM-049.

4.3. Calibre.

Se tomaron 4 muestras de 6 x 1/2 pulgadas por cada tipo de papel y se colocó sobre el yunque de un micrómetro. Se determinó el valor del calibre en cada una de las muestras realizando 4 mediciones en una misma muestra; anotando el valor promedio en milímetros en el formato SGC-CA-FM-049.

4.4. Humedad.

Se tomó 1 muestra de papel previamente acondicionados de cada uno de los rollos inspeccionados y con una cuchilla circular se realizó un corte circular de 9 cm de diámetro se introdujeron cada una de las muestras en el analizador análogo de humedad el cual indicó el porcentaje de humedad de la muestra; anotando el valor de la muestra en el formato SGC-CA-FM-049.

4.5. Numero Cobb.

Se tomaron 2 cuadrícula de 15 x 15 cm de las muestras de cada papel previamente acondicionados de cada uno de los rollos inspeccionados, identificando el lado liso (lado interno donde se envuelve el papel) y lado malla (el lado externo del rollo del papel)

Se pesaron las muestras, y se Midieron 100 ml de agua destilada utilizando una probeta.

Se Ubicaron las muestras 1 por 1 en el equipo de disco presión y se ajustó para evitar derrame de agua al momento de depositarlo.

Luego se depositaron los 100 ml de agua destilada en el equipo y se activó conjuntamente el cronometro. Lego de 1 min con 45 seg. Se retiró el agua del equipo.

Luego se secó exceso de agua que tenga la muestra con una servilleta y se pesa

Luego se calcula el número de Cobb como la diferencia entre peso final e inicial multiplicado por 100 de la siguiente forma:

Ecuación 1. Número de cobb

$$(P_i - P_f) * 100$$

Se registró en el formato SGC-CA-FM-049 el valor calculado SGC-CA-FM-049.

4.6. Mullen.

Se Insertó una muestra en las platinas del probador jumbo mullen y se sujetaron entre unas mordazas anulares firmemente con el fin de que no se presente ningún deslizamiento durante o después de la prueba.

Se aplicó una presión hidrostática de estallido en una de las cuatro esquinas de la muestra hasta que la muestra estallo y se tomó registro de la máxima presión registrada en el manómetro, esta prueba se repitió 4 veces en la misma muestra para verificar las diferencias entre los lados, registrando el valor promedio en Kpa en el formato SGC-CA-FM-049.

NOTA: Después de cada evaluación se debe devolver cuidadosamente el indicador de presión a cero, ya que este contiene un aceite especial el cual realiza la presión hidrostática y al no ser regulada la presión ocasiona que se riegue el líquido en la muestra e incluso dañe el equipo.

Una vez realizada la caracterización de los papeles, se procede a construir las 3 referencias de esquineros, implementando los cambios de presiones de (2, 2,5 y 3) (Bar) en las 3 referencias de esquineros (HP, estándar, corto).

4.7. Fabricación.

Inicia partiendo de la disponibilidad de papeles existentes, luego se establece la combinación de papeles de acuerdo con su disponibilidad con el fin, de garantizar el peso estándar de cada esquinero, acorde con el tipo de referencia, en este caso, se utilizaron las siguientes combinaciones de papeles.

Tabla 1. Estructura de fabricación de esquineros.

Combinación de cintas de papeles según el tipo de esquinero.

<i>Tipo de cintas (g/ m²)</i>	<i>HP</i>	<i>Refuerzo</i>	<i>Estándar</i>
<i>A</i>			2
<i>B</i>	6	2	
<i>C</i>	4	2	7
<i>D</i>	1	1	1
<i>Peso (g/ m²)</i>	2986	1286	2776
<i>Total</i>	11	5	10

Fuente: Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S.

Cada uno de los rollos pasan por una cortadora, formando las cintas que conforman al esquinero, estas cintas pasan, aun pedestal para rollo o porta rollos, donde se disponen las cintas que entran al proceso de formación de esquineros, este mismo sistema es el mimos encargado en des-embobinar y transportar cada una de las cintas al sistema de pegado o de aplicación en forma de cascada en cada una de las cintas (a cada una de las cintas, se le aplica el pegamento en forma de cascada), una vez aplicado el pegante, estos pasan de forma directa a la pre-formadora donde se realizaron, las variaciones de presiones, para luego pasar a la formadora dándole la forma final al esquinero, para así pasar a la cortadora neumática donde ser realizan los cortes, para luego pasar al empacadora donde se organizan en arrumes de 20 esquineros donde por último se procedió a medir las características físicas de los esquineros Anexo 1.

Una vez fabricados los esquineros se producen a dejarlos en el laboratorio a 23°C y a una humedad relativa de 50% durante 72 horas, una vez acondicionados los esquineros se proceden a realizar las pruebas de resistencias:

4.8. Compresión en plano o Flat Crush.

Para la inspección y ensayo del flat crush se inició realizando 4 cortes de 24,4 cm de los esquineros previamente acondicionados obteniendo 4 muestras por esquineros luego se ajustó la máquina de compresión digital crush TMI mod 17-09 los rangos de funcionamiento: PS y LL (40, 100) respectivamente, al igual que la unidad de medida en lbf y también la velocidad de aplicación de fuerza (13mm/min), luego, depositamos el esquinero el flat crush e iniciamos el test de compresión y registramos los valores una vez llegue al fallo, el formato indicado (SGC-CA-FM-049).

4.9. Bending test.

Para esta prueba se inicia realizando 4 cortes de 24,4 cm de los esquineros previamente acondicionados obteniendo 4 muestras por esquineros, luego se Ajustó la máquina de compresión digital crush TMI mod 17-09 los rangos de funcionamiento: PS y LL (40, 100) respectivamente la velocidad de aplicación de fuerza (13mm/min) para luego, Introducir el dispositivo donde va soportado el esquinero y superponer el dispositivo que genera la flexión en el espacio vacío del esquinero, (dejándolo en el espacio medio del dispositivo) y se inicia la prueba y registramos los valores una vez llegue al fallo, el formato indicado (SGC-CA-FM-049).

5. Diseño experimental.

En la fabricación de los esquineros se utilizará una metodología de trabajo aleatoria, basada en un diseño experimental unifactorial con 3 niveles de presión (2, 2.5 y 3 bares) y 3 repeticiones por cada nivel para un total de 27 tratamientos (tabla 2); obteniéndose como resultado dos variables respuestas: compresión bending test y flat crush. También, se analizará la influencia del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia de los esquineros durante un periodo de almacenamiento de 60 días. El análisis estadístico incluirá un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos y una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5%. Posteriormente, se describirá la interacción entre el factor presión y las variables respuestas para cada tipo de esquinero (HP, estándar y refuerzo) haciendo uso del software estadístico Statgraphics Centurión XVI.

Tabla 2. *Diseño experimental Unifactorial*

Referencia	Cantidad	Presión
Refuerzo	3	2
	3	2.5
	3	3
Referencia	Cantidad	Presión
HP	3	2
	3	2.5
	3	3
Referencia	Cantidad	Presión
Estándar	3	2
	3	2.5
	3	3

Nota fuente. Elaboración propia

6. Resultados y análisis.

6.1. Caracterización de rollos de papel Kraft utilizados en la fabricación de esquineros: En la tabla 3 se puede observar los valores de las características físicas, químicas y mecánicas permitidos para los rollos de papel kra (según la norma Tappi) mientras que en la tabla 4 los valores promedio para los rollos evaluados para el desarrollo de los esquineros durante la experimentación.

Tabla 3. Valores estándar las características físicas, químicas y mecánicas de los rollos de papel

<i>Papeles</i>	A	B	C	D	E
PESO (g/m²)	415	415	321	252	252
CALIBRE (mm)	1,16	1,16	0,58	0,43	0,43
HUMEDAD (%)	6,81	6.81	6,61	7,72	7,72
COBB LISO (gr)	37	37	41	48	48
COBB MALLA (gr)	39	39	43	54	54
MULLEN (KPA)	414	417	282	310	310

Fuente: Elaborado por Departamento de Calidad Corrugados del Darién S.A.S.

Tabla 4. Características físicas y mecánicas de los rollos papeles empleados en la fabricación.

<i>Papeles</i>	A	B	C	D	E
PESO (g/m²)	440±16,32	437±23,40	330±15,92	253±9,40	252±8,37
CALIBRE (mm)	1,25±0,03	1,20±0,04	0,62±0,44	0,43±0,01	0,43±0,02
HUMEDAD (%)	6,18±0,33	6,34±0,47	6,56±0,32	7,77±0,43	7,7±0,38
COBB LISO (gr)	31±3,47	30±4,29	28±2,92	44±15,42	45±22,45
COBB MALLA (gr)	34±5,36	34±5,19	35±13,18	46±13,96	41±13,37
MULLEN (KPA)	417±35,05	418±38,47	372±11,28	321±52,98	333±19,90

Fuente: Elaboración propia

6.2. Análisis de los resultados de Bending test esquinero: En la tabla 5, se puede visualizar los resultados experimentales de compresión Bending Test obtenidos a las diferentes presiones en cada tipo de esquinero. Las figuras 9 y 10 muestran que las presiones aplicadas y la resistencia Bending Test son directamente proporcionales de manera al aumentar las presiones de 2 a 2,5 y 3 Bares durante la formación de los esquineros se obtuvieron un aumento del 12% y 27% respectivamente, también se puede observar el modelo matemático polinomial de grado 6 para los esquineros (Hp y Estándar) y de grado 2 para el esquinero de refuerzo que se ajusta a los datos obtenidos. También en el Anexo 2. El análisis de varianza (ANOVA) que contiene los elementos donde se analizan la variación de los datos y además de comparar si dos o más grupos son estadísticamente distintos o no, muestra que existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). en cada una de las pruebas realizadas como se logra ver en las tablas 6,7,8.

Tabla 5. Resultados experimentales Esquinero de refuerzo.

Presión (Bar)	Resultados Bending Test		
	HP	Estándar	Refuerzo
2	261	234	206
2	263	234	206
2	265	237	207
2,5	293	249	217
2,5	293	253	224
2,5	295	252	225
3	333	283	234
3	331	283	234
3	335	283	235

Fuente: Elaboración propia.

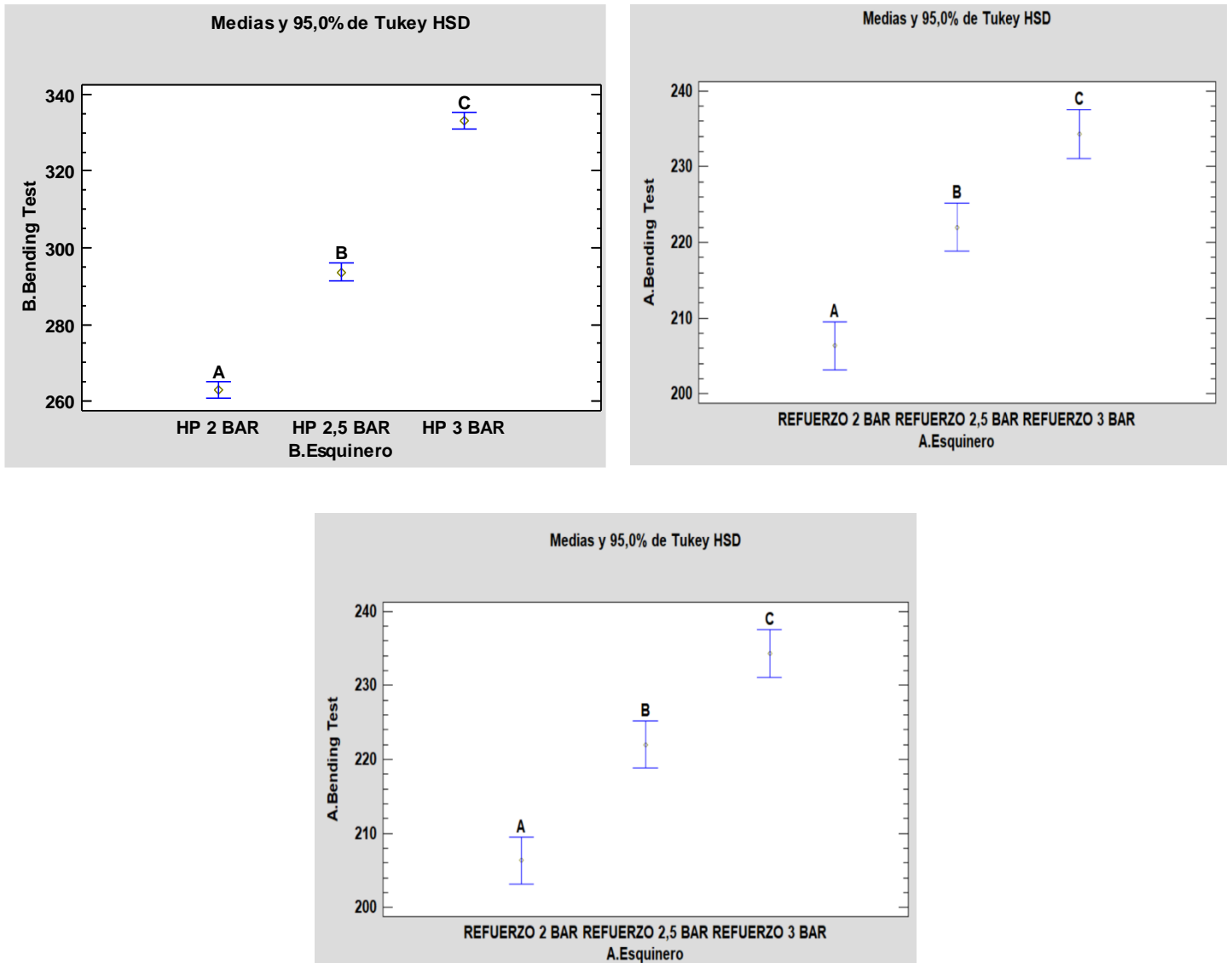


Figura 9. Prueba de Tukey HSD, Resistencia bendindg test vs presión

Fuente: Elaboración propia.

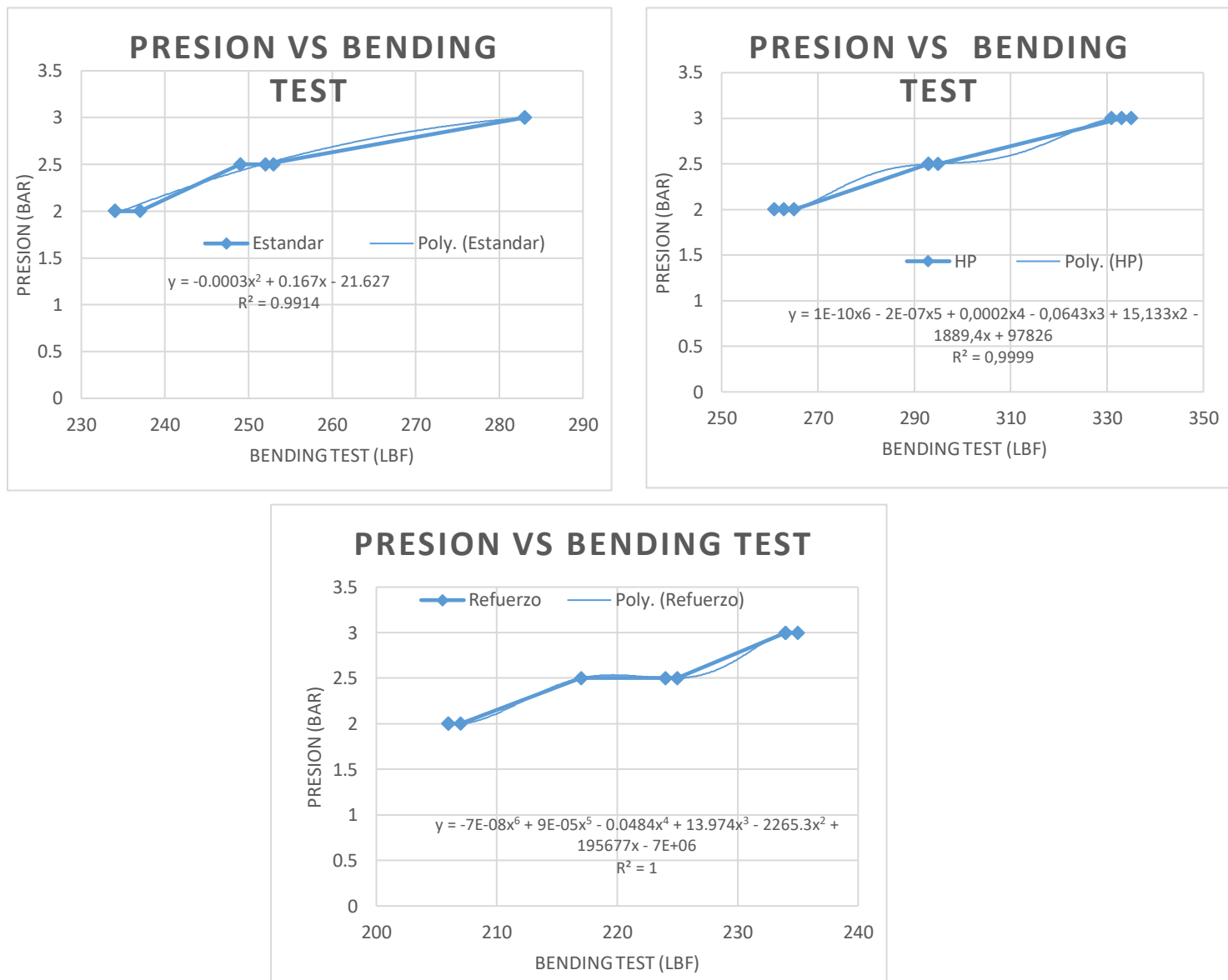


Figura 10. Resistencia Bending test vs presión

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Análisis de los resultados de calibre esquinero: En la tabla 9, se puede visualizar los resultados experimentales de calibre obtenidos a las diferentes presiones en cada tipo de esquinero. Las figuras 11 y 12 muestran que las presiones aplicadas y los calibres son inversamente proporcionales de manera al aumentar las presiones de 2 a 2,5 y 3 bares durante la formación de los esquineros se obtienen una reducción en los calibres de 8,16%, y 12,24% respectivamente, también se puede observar el modelo matemático lineal para los esquineros de Refuerzo y Estándar y de grado 2 para el esquinero Hp que se ajusta a los datos obtenidos. También en el Anexo 3, el análisis de varianza (ANOVA) que contiene los elementos donde se analizan la variación de los datos y además de comparar si dos o más grupos son estadísticamente distintos o no, muestra que existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). en cada una de las pruebas realizadas como se logra ver en las tablas 10,11,12.

Tabla 6. Resultados experimentales Esquinero de Calibre.

Presión (Bar)	Resultados Calibre (mm)		
	HP	Estándar	Refuerzo
2	4,9	4,7	4,7
2	4,9	4,7	4,7
2	4,9	4,7	4,7
2,5	4,5	4,5	4,5
2,5	4,5	4,5	4,5
2,5	4,5	4,5	4,5
3	4,3	4,3	4,3
3	4,3	4,3	4,3
3	4,3	4,3	4,3

Fuente: Elaboración propia.

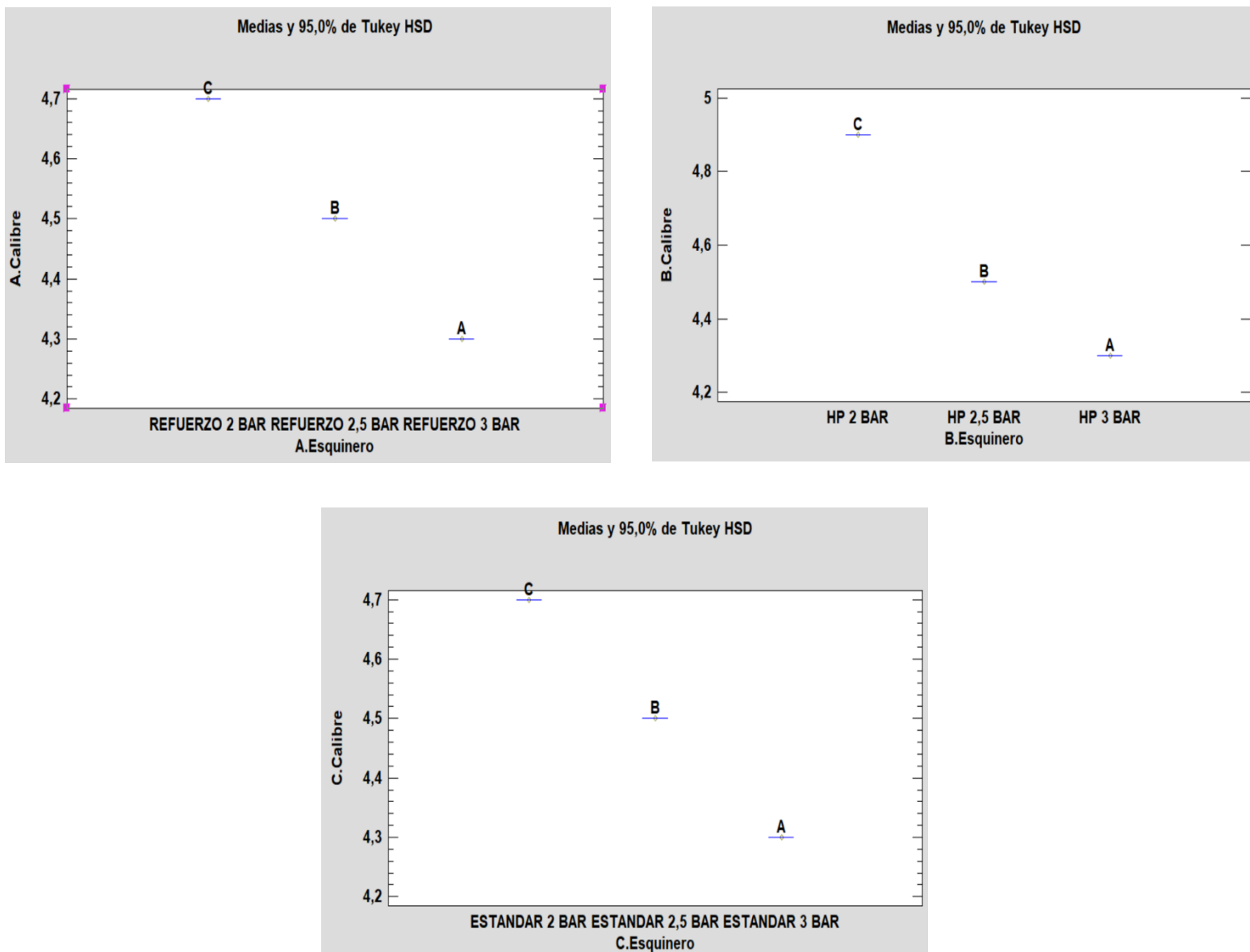


Figura 11. Prueba de Tukey HSD, Calibre Refuerzo vs presión

Fuente: Elaboración propia.

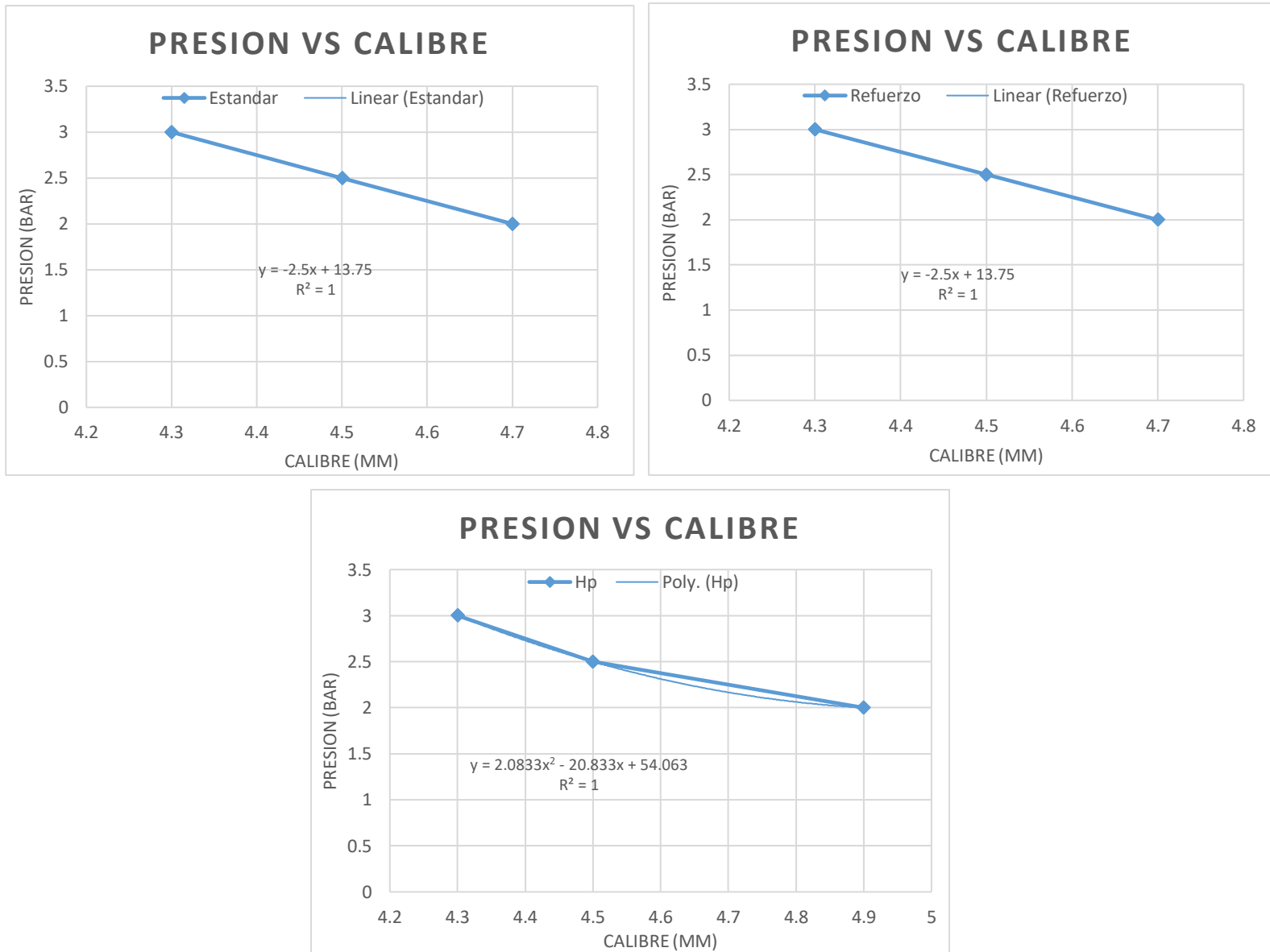


Figura 12. Presión Vs calibre

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Análisis de los resultados de la resistencia en el tiempo: En la tabla 10, se puede visualizar los resultados experimentales de compresión Bending Test en el tiempo (semanas) obtenidos a la presión de 3 bares en cada tipo de esquinero. Las figuras 9 muestran que la resistencia Bending Test expuesta a la presión de 3 bares, no muestran ningún cambio en el tiempo de manera que se mantiene la resistencia respecto al tiempo. También en el Anexo 2. El análisis de varianza (ANOVA) que contiene los elementos donde se analizan la variación de los datos y además de comparar si dos o más grupos son estadísticamente distintos o no, muestra que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). en cada una de las pruebas realizadas como se logra ver en las tablas 6,7,8.

Tabla 7. Resultados experimentales de Bending Test (Lbf) en el tiempo

Semana	Resultados bending Test (Lbf)		
	HP	Estandar	Refuerzo
1	333	283	234
1	331	283	234
1	335	283	235
2	334	284	234
2	327	281	237
2	335	284	235
3	334	283	237
3	336	282	235
3	337	284	232

Fuente: Elaboración propia

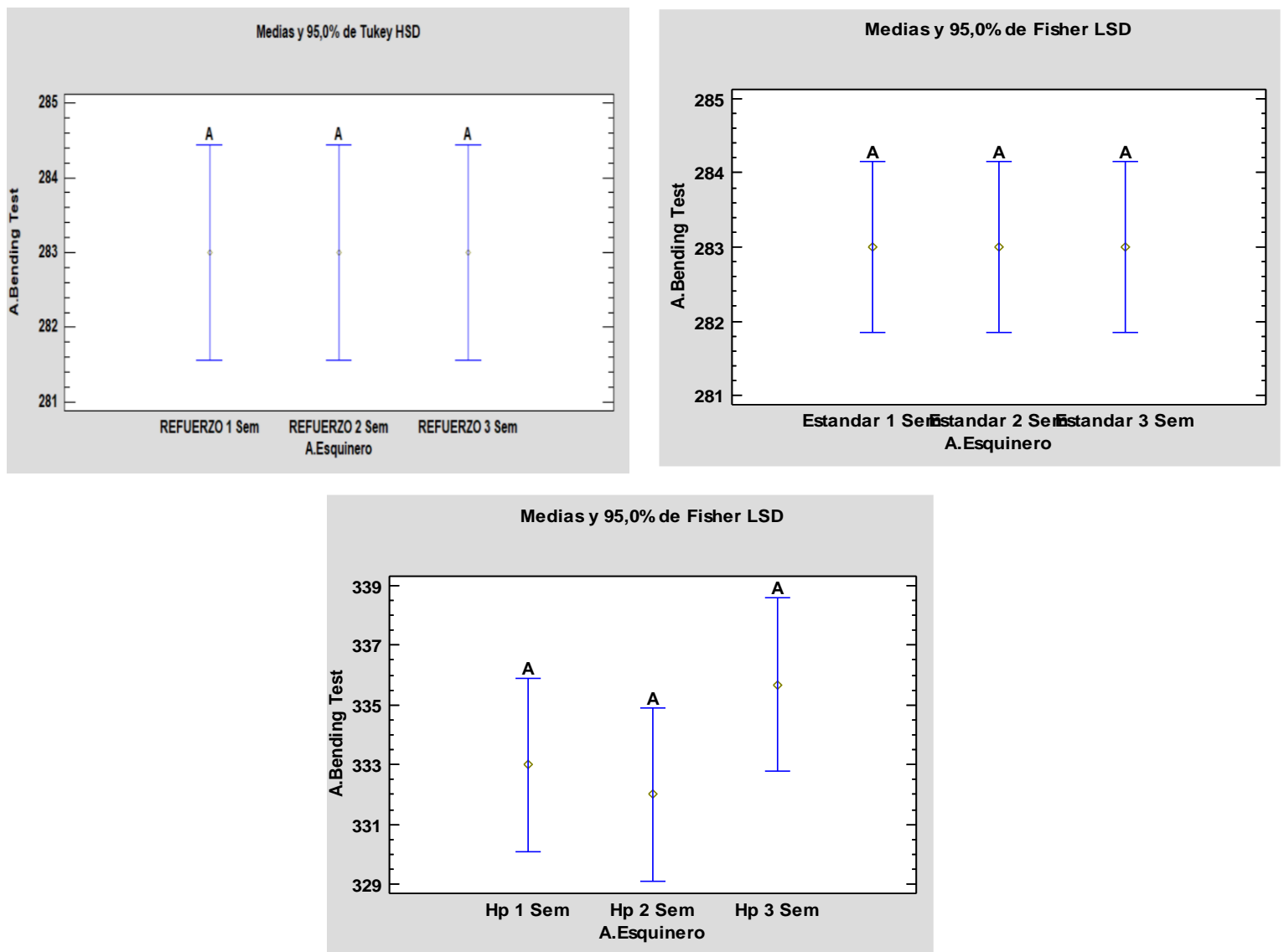


Figura 13. Prueba de Tukey HSD, Bending Test vs Semana

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

las presiones de 2,5 y 3 bares, aplicadas en el momento de formar los esquineros aumentaron en un 12% y 27% respectivamente en términos de resistencia de Bending Test, y reduciendo también los valores de los calibres en los esquineros en un 8,16%, y 12,24%, además de que de manera que se aumenta las presiones se obtienen mejores resultados en relación a su resistencia esto debido a que al estar más comprimidos hacen que dentro de todas las cintas que conforman el esquinero tengan más puntos de pegue y estén más compactadas y al estar más compactadas, hacen que el esquinero se sienta más rígido y ligero de manera que la presión es un factor que afecta de manera positiva al esquinero en términos de presión, y de manera negativa en términos de calibre

el efecto del tiempo en relación de la resistencia en los esquineros fabricados, no demuestra ser factor que afecte al esquinero siempre y cuando se mantengan en durante su almacenamiento a en condiciones de (humedad relativa ($50,0 \% \pm 2,0 \% \text{ RH}$) y temperatura ($23,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($73,4 \pm 1,8 \text{ }^\circ\text{F}$))) de acuerdo con la norma Tappi T 402 sp-08

8 Referencias.

- Esquineros – EsKartón.* (n.d.). Retrieved August 21, 2023, from <https://eskarton.com.mx/esquineros/>
- Luisa Rosalia Rios Jorge. (n.d.). *ESTANDARIZACIÓN PLAN DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ESQUINEROS, REFUERZOS Y EXTENSIONES EN CORRUGADOS DEL DARIÉN S.A.S.* Retrieved August 21, 2023, from https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16203/1/RiosLuisa_2020_ControlCalidadProduccion.pdf
- TAPPI. (2013). *Atmósferas estándar de acondicionamiento y prueba para papel, cartón, hojas de pulpa y productos relacionados.* TAPPI. <https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T402.aspx>
- TAPPI. (2014). *Ensayo de aplastamiento plano de cartón corrugado (método de soporte rígido), Método de prueba TAPPI/ANSI T 825 om-14.* TAPPI. <https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T825.aspx>
- USUSPACK | Esquineros de carton.* (n.d.). Retrieved August 21, 2023, from <https://ususpack.com/esquineros-carton.php>
- Westgard, J. O., Barry, P. L., Ehrmeyer, S. S., Plaut, D., Quam, E. F., Statland, B. E., por, T., & Migliarino, G. A. (n.d.). *Prácticas Básicas de Control de la Calidad 3 a Edición Capacitación en Control Estadístico de la Calidad para Laboratorios Clínicos Con contribuciones de.*

Anexo 2. Resumen y tabla (Anova) de Presión Vs Bending Test

Tabla 8. ANOVA para A.Bending Test por A. Esquinero Refuerzo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	1181,56	2	590,778	90,12	0,0000
<i>Intra grupos</i>	39,3333	6	6,55556		
<i>Total (Corr.)</i>	220,89	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 90,1186, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Tabla 9. ANOVA para B.Bending Test por B.Esquinero Hp

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	7387,56	2	3693,78	1187,29	0,0000
<i>Intra grupos</i>	18,6667	6	3,11111		
<i>Total (Corr.)</i>	7406,22	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1187,29, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Tabla 10. ANOVA para C.Bending Test por C.Esquinero Estandar

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	3573,56	2	1786,78	730,95	0,0000
<i>Intra grupos</i>	14,6667	6	2,44444		
<i>Total (Corr.)</i>	3588,22	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 730,955, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Anexo 3. Resumen y tabla (Anova) de Presión Vs Calibre

Tabla 11. ANOVA para Calibre por Esquinero. Refuerzo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	0,24	2	0,12		
<i>Intra grupos</i>	0	6	0		
<i>Total (Corr.)</i>	0,24	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a , es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% .

Tabla 12. ANOVA para Calibre por Esquinero. Hp

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	0,56	2	0,28		
<i>Intra grupos</i>	0	6	0		
<i>Total (Corr.)</i>	0,56	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a , es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5%.

Tabla 13. ANOVA para Calibre por Esquinero. Estándar

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	0,24	2	0,12		
<i>Intra grupos</i>	0	6	0		
<i>Total (Corr.)</i>	0,24	8			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a , es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Anexo 4. Tabla y resumen de la (Anova) de Bending Test Vs tiempo

Tabla 14. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	21,5556	2	10,7778	1,28	0,3453
Intra grupos	50,6667	6	8,44444		
Total (Corr.)	72,2222	8			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,27632, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Tabla 15. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero Estandar

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	0	2	0	0,00	1,0000
<i>Intra grupos</i>	8,0	6	1,33333		
<i>Total (Corr.)</i>	8,0	8			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a $3,33067E-16$, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Tabla 16. ANOVA para A.Bending Test por A.Esquinero

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	1,55556	2	0,777778	0,26	0,7798
<i>Intra grupos</i>	18,0	6	3,0		
<i>Total (Corr.)</i>	19,5556	8			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,259259, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.