



Evaluación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las cajas de cartón ondulado de Corrugados del Darién S.A.S a través de la prueba de ECT (Edge Crush Test).

Laura Plata Ospina

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Tutor

Nosliu Zeley Vélez Llanos, Magíster (MSc) en diseño, gestión y dirección de proyectos

Celeny Patricia García González, Tecnóloga en producción y Coordinadora de calidad en

Corrugados del Darién S.A.S

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Agroindustrial

Apartadó, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Plata Ospina, 2021)
Referencia	Plata Ospina, L. (2021). <i>Evaluación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las cajas de cartón ondulado de Corrugados del Darién S.A.S a través de la prueba de ECT (Edge Crush Test)</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Carepa, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

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.

Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Planteamiento del problema.....	14
2 Justificación.....	15
3 Objetivos	16
3.1 Objetivo general	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4 Marco teórico.....	17
5 Metodología	22
5.1. Caracterización de los papeles Liner y Medium	22
5.2. Análisis de la humedad Vs tiempo de las láminas	25
5.3. Determinación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las láminas acondicionadas, lámina testigo y producto terminado.....	26
6 Resultados y analisis	28
6.1. Dianostico previo a la ejecución del proyecto.....	28
6.2. Caracterización de los papeles(medium y liner)	29
6.3. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs tiempo de láminas para tapas.....	34
6.4. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs tiempo de láminas para bases.....	35
6.5. Variables que influyen en la pérdida de resistencia.....	36
6.6. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs resistencia de láminas testigos (sin acondicionar) y acondicionadas.....	38
6.7. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs resistencia de tapas y bases	43

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

6.8. Predicción del BCT (Box Compression Test) a través de la fórmula de McKee.....47

7. Conclusiones.....51

8. Recomendaciones.....52

Referencias53

Anexos.....56

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Papeles medium y liner caracterizados</i>	22
Tabla 2 <i>Pruebas a los papeles medium</i>	23
Tabla 3 <i>Pruebas a los papeles liner</i>	24
Tabla 4 <i>Combinación de gramajes de papeles a evaluar.</i>	25
Tabla 5 <i>Dinámica de calibre en tapas</i>	37
Tabla 6 <i>Dinámica de calibre en bases.</i>	37

Lista de figuras

Figura 1. <i>Árbol de problemas</i>	29
--	----

Lista de gráficas

Gráfica 1. Gramaje (g/m ²) Vs Peso básico (g/m ²) del papel medium.....	30
Gráfica 2. Gramaje (g/m ²) Vs Peso básico (g/m ²) del papel liner.....	30
Gráfica 3. Gramaje(g/m ²) Vs Calibre(mm) de papeles médium.....	31
Gráfica 4. Gramaje(g/m ²) Vs Calibre(mm) de papeles liner.....	31
Gráfica 5. Gramaje (g/m ²) Vs Humedad (%) de papeles médium.....	32
Gráfica 6. Gramaje (g/m ²) Vs Humedad (%) de papel liner.....	32
Gráfica 7. Gramaje (g/m ²) Vs Gota de agua (g/m ²) de papel medium.....	33
Gráfica 8. Gramaje (g/m ²) Vs Número Cobb(g/m ²) de papel liner.....	34
Gráfica 9. Humedad Vs. Tiempo de láminas.....	34
Gráfica 10. Humedad Vs. Tiempo de láminas.....	35
Gráfica 11. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para tapas (205-127-205).....	38
Gráfica 12. Humedad Vs ECT de láminas acondicionadas para tapas (205-127-205).....	38
Gráfica 13. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para tapas (205WTL-127-205).....	39
Gráfica 14. Humedad Vs ECT de láminas acondicionada para tapas (205WTL-127-205).....	39
Gráfica 15. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-127-170-127-253).	40
Gráfica 16. Humedad Vs ECT de láminas acondicionadas para bases (253-127-170-127-253).	41
Gráfica 17. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-165-205).	41
Gráfica 18. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-165-205)	41
Gráfica 19. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-127-205)	42
Gráfica 20. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-127-205).	42
Gráfica 21. Humedad Vs ECT de la combinación 205-127-205.....	44

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

Gráfica 22. <i>Humedad Vs ECT de la combinación 205WTL-127-205</i>	44
Gráfica 23. <i>Humedad Vs ECT de la combinación 253-127-170-127-253</i>	455
Gráfica 24. <i>Humedad Vs ECT de la combinación 253-165-100-127-205</i>	46
Gráfica 25. <i>Humedad Vs ECT de la combinación 253-165-100-165-205</i>	46
Gráfica 26. <i>Predicción de BCT [253-127-170-127-253]</i>	48
Gráfica 27. <i>Predicción de BCT [253-165-100-127-205]</i>	48
Gráfica 28. <i>Predicción de BCT [253-165-100-165-205]</i>	49

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ECT	Edge Crush Test
BCT.	Box Compression Test
mm.	milímetros
in	Pulgadas
B.	BillerudKorsnäs
I	International paper
G	Georgia Pacific

Resumen

Un material comúnmente utilizado en la industria son las cajas de cartón corrugado, las cuales son empleadas para transportar productos frescos hasta el consumidor final, cumpliendo funciones como: almacenamiento, entrega de producto, protección de luz, entre otros, en contenedores refrigerados. Es decir, en condiciones de alta humedad relativa para preservar la calidad de la fruta hasta su destino, además, deben soportar cargas mecánicas de consideración para que estas no colapsen en el momento de estar transportando productos. El cartón corrugado está formado a partir de uno o dos papeles ondulados, reforzado externamente por dos capas de papeles liner para las tapas y tres para las bases, y estos a su vez fabricados principalmente a partir de celulosa, la cual tiene como característica natural el ser altamente higroscópico.

En la presente investigación, se realizó una caracterización a los papeles liner y médium en el laboratorio de calidad y posteriormente se diseñó un sistema que permitió evaluar los efectos de la humedad sobre la resistencia de las láminas obtenidas del proceso de corrugación y las bases y tapas del proceso flexográfico a través de la simulación de condiciones altas de humedad relativa 85-90%. Los resultados indicaron que existe una correlación entre la humedad contenida en las muestras respecto a la pérdida de resistencia mediante la aplicación de la prueba de ECT (Edge Crush Test), observando que un porcentaje de 16,6% de humedad impacta sensiblemente en la resistencia ECT (Edge Crush Test) de la tapa en un promedio de 57% y un promedio de pérdida de resistencia para la base de 48,6% en un porcentaje de humedad de 16,2%

Además, observando que el calibre está relacionado con la resistencia, debido a que la combinación de papel utilizados para la elaboración de la base presenta una relación inversamente proporcional en comparación a las otras combinaciones analizadas. Esto indica, que la combinación recomendada para fabricar las bases es aquellas que tienen calibres mayor o igual a 6,8 milímetros(mm). Finalmente, se halló la resistencia teórica del BCT usando como parámetro el ECT, calibre y perímetro de la base a partir de la ecuación McKee, la cual permitió estimar del valor real practico.

Palabras clave: Papel, Cartón, resistencia, humedad, ECT (Edge Crush Test)

Abstract

A commonly used material in the industry is corrugated cardboard boxes, which are used to transport fresh products to the final consumer, fulfilling functions such as: storage, product delivery, light protection, among others, in refrigerated containers, that is to say, in conditions of high relative humidity to preserve the quality of the fruit until its destination. In addition, they must bear considerable mechanical loads so that they do not collapse when being transported. Corrugated cardboard is formed from one or two corrugated papers, externally reinforced by two layers of liner papers for the lids and three for the bases, and these in turn, manufactured mainly from cellulose, which has the natural characteristic of being highly hygroscopic.

During this research, a characterization of the liner and medium papers was carried out in the quality laboratory and after that, a system was designed in order to verify the effects of humidity on the resistance of the sheets obtained from the corrugation process and the bases and covers of the flexographic process through the simulation of high conditions of relative humidity 85-90%. The results indicated that there is a correlation between the moisture contained in the samples regarding the loss of resistance through the application of the ECT test, observing that a percentage of 16.6% of humidity has a significant impact on the ECT resistance of the lid by an average of 57% and an average loss of resistance for the base of 48.6% by a percentage of humidity of 16.2%.

Likewise, noting that the caliber is related to the resistance, since the combination of paper used for the elaboration of the base presents an inversely proportional relationship compared to the other combinations analyzed. This indicates that the recommended combination to manufacture the bases is those that have gauges greater than or equal to 6.8 millimeters (mm). Finally, the theoretical resistance of the BCT was found using as a parameter the ECT caliber and perimeter of the base from the McKee equation, which allowed estimating the real practical value.

Keywords: Paper, Cardboard, resistance, humidity, ECT (Edge Crush Test)

Introducción

En Colombia se produce alrededor de 1,2 millones de toneladas de papel y cartón al año (Portafolio, 2018). Según la ANDI, en promedio en los últimos 5 años, los colombianos consumieron 1.6 millones de toneladas de papel y cartón anuales y aumenta en promedio un 3% el consumo al año (ANDI, 2015). Entre 2001 y 2014 en promedio el 92,9% de la producción de la actividad de elaboración de Papel y Cartón se concentró en cinco departamentos: Valle del Cauca (40,9%), Antioquia (18,2%), Bogotá (16,1%), Cauca (11,6%) y Cundinamarca (6,2%) (DANE, 2015).

En Antioquia, una de las empresas más representativas en producción de cartón es Corrugados del Darién S.A.S, una empresa localizada en la subregión de Urabá, la cual tiene como actividad principal la fabricación de empaques de cartón corrugado, etiquetas autoadhesivas y esquineros para productos agrícolas de exportación. Las cajas de cartón corrugado se componen de liner y corrugado medio, las cuales son utilizados para transportar productos y desempeñar un papel esencial en la preservación de la calidad estos (Berry et al., 2015; Stromberg, 2016). La tendencia del mercado actual es hacia la producción de empaques ligeros y resistentes, es decir, que sean más prácticos, permitiendo reducir los costos logísticos y poseer características propias como alta resistencia de apilamiento y soportar cambios de humedad durante el transporte para minimizar el deterioro del producto (Patterson, 2011, Uchino,2010)

La empresa Corrugados del Darién S.A.S, cuenta con un laboratorio especializado para realizar pruebas de calidad descritas por la norma Tappi, donde se establece condiciones de temperatura y humedad para identificar la calidad de los papeles utilizados para la fabricación de cajas de cartón corrugados (TAPPI, 2018). Sin embargo, el resultado de estas evaluaciones puede ser no aplicable a las condiciones de cadena de frío (Temperatura y Humedad), con la que son transportados los productos agrícolas para exportación, puesto que, en estas condiciones, las cajas adquieren humedad a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, lo que trae como consecuencia un deterioro del empaque, teniendo como resultado, reclamaciones de los clientes por la pérdida de funcionalidad de las cajas.

Actualmente, la empresa no cuenta con una cámara Ripening que permita evaluar el desempeño de las cajas de cartón corrugado respecto al cambio de humedad, por lo anterior, se

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

realizará una evaluación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de la caja de cartón corrugado a través de la simulación de las condiciones de almacenamiento mediante la aplicación de la prueba de ECT (Edge Crush Test).

1 Planteamiento del problema

Corrugados del Darién S.A.S., es una empresa que se encuentra en el sector de la producción de empaques de papel y cartón; para el embalaje de productos agrícolas de exportación, tales como banano, plátano, flores y aguacate. Para garantizar el almacenamiento y transporte de estos productos en óptimas condiciones de calidad y sometidos a características específicas de humedad y temperatura.

La humedad a su vez está relacionada con la disminución de resistencia debido a que es un material altamente higroscópico, el principal efecto es el colapsamiento de las cajas de cartón en bodegas de almacenamiento y contenedores, teniendo como resultado la pérdida de la calidad de los productos empacados, lo que ha generado quejas y reclamos.

Por consiguiente, es pertinente diseñar un sistema que permita analizar cuanto se ve afectada la resistencia de las cajas de cartón expuestas a humedad y por ende verificar si es una de las posibles causantes del deterioro y colapsamiento en contenedores, esto desde pruebas a las combinaciones de papeles hasta el producto terminado.

2 Justificación

El cartón corrugado está formado a partir de un papel ondulado y papel liner, estos a su vez fabricados principalmente a partir de celulosa, la cual tiene como característica natural el ser altamente higroscópico. Asimismo, deben transportar productos agrícolas en contenedores refrigerados, es decir, en condiciones de alta humedad relativa para preservar la calidad de la fruta hasta su destino, soportando cargas mecánicas considerables.

El almacenamiento de tapas y bases en ambientes con alta humedad relativa puede desencadenar el colapsamiento de cajas, teniendo como resultado pérdidas económicas, por lo cual, es sumamente importante realizar la presente investigación, que tiene como objetivo evaluar los efectos de la resistencia respecto al cambio de humedad de las cajas de cartón corrugado utilizadas en Corrugados del Darién S.A.S, permitiendo a la empresa, implementar alternativas de mejora a la problemática descrita, proporcionando al cliente un producto de buena calidad y teniendo como resultado la alta competitividad a través de la mejora continua en los procesos.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar los efectos de la humedad sobre la resistencia de las cajas de cartón ondulado de Corrugados del Darién S.A.S a través de la prueba de ECT (Edge Crush Test).

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar los papeles liner y medium recibidos en la empresa Corrugados del Darién S.A.S.

Determinar la resistencia de las láminas acondicionadas, láminas testigos, producto terminado (tapas y bases) a partir de la variación del porcentaje de humedad y tiempo a través de la prueba de ECT.

Identificar y analizar los efectos de la humedad sobre la resistencia de las láminas acondicionadas, lámina testigo y producto terminado (base y tapa) a partir de análisis gráfico y fórmula de McKee.

4 Marco teórico

4.1. Según Liconsa. (2014), el cartón corrugado, es un material de celulosa, constituido por la unión de una o dos hojas de papel denominada "médium", con la cual se forma una "flauta" (papel ondulado), unida por dos o más hojas planas de papel Kraft, conocidas como "liner" y su resistencia varía de acuerdo con el tipo de flauta (LICONSA, 2014). El cartón corrugado es uno de los materiales más usados para envase y embalaje ya que cumple con diversas funciones como: La protección del producto de los daños ocasionados durante su transporte y manejo, Almacenamiento de la mejor manera el producto hasta que éste es vendido. Anuncia, promueve e identifica al producto desde su origen hasta que llega al consumidor y es económico (Márquez, 2001). El tipo de caja de cartón que se utiliza en la comercialización del banano está compuesto por una estructura inferior llamada base y una estructura superior llamada tapa. La base es una caja formada a partir de una lámina de cartón de doble pared sencilla, la cual es un tipo de cartón corrugado formado por cinco papeles: tres papeles "liner": Dos papeles exteriores y un intermedio, además dos papeles médiums ondulados. (Martínez Sartorius, 2009) y su función, además de es almacenar la fruta que será transportada, es protegerla contra posibles impactos y/o de las fuerzas de aplastamiento que experimentara durante el transporte y almacenamiento. La tapa se fabrica a partir de una lámina de cartón de pared sencilla, la cual es Tipo de cartón corrugado formado por tres papeles: dos papeles "liner" en el exterior y un papel médiums ondulado (Martínez Sartorius, 2009). y su función es cubrir la caja en la parte superior, brindando a la vez protección a la fruta que queda expuesta, luego de ser empacada en la base. Los tipos de papel utilizado para la fabricación de cajas de cartón corrugado son los siguientes:

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

4.1.1. El **papel Liner**, según Angarita Martínez & Díaz Durán (2008) Son unas láminas de papel rígido Kraft que recubren al corrugado conformadas principalmente de fibra virgen y papel reciclado que pueden ser producidos con sello de agua, listado o calandrado, obteniendo una superficie aceptable para ser impresa, Su elevada composición de fibras vírgenes lo hace considerablemente resistente (Campany, 2018). El liner es fabricado entre gramajes que van desde los 126 g/m^2 hasta los 440 g/m^2 dependiendo de su grosor). Como rasgos principales tenemos que el liner aporta rigidez a la flexión, estallido, desgarré, resistencia al apilado y cierta protección a posibles agresiones mecánicas, además de servir como base informativa, identificación y publicidad del producto contenido en la caja ya que éste se puede imprimir (Martínez Sartorius, 2009). Un kraftliner blanco (WTL) es un papel fabricado principalmente con fibra virgen, Este producto ofrece propiedades de alta resistencia y propiedades para impresión flexográfica de alta calidad (Campany, 2018).

4.1.2. El **papel médium**, es aquel que por sus características suele utilizarse en la elaboración de cartón corrugado (STAGNARO,2007), el cual Está compuesto de pulpa mecánica, química o semi química, además de papel reciclado procesado para alcanzar un gramaje que oscila entre los 85 g/m^2 y 175 g/m^2 (Angarita Martínez & Díaz Durán, 2008). Sirve principalmente como unión entre los liner, proporcionando elasticidad ante problemas de aplastamiento en plano, resistencia a la compresión sobre el canto del cartón, amortiguación y resistencia a impactos. (Martínez Sartorius, 2009). Los papeles médium aportan funciones como: Dar resistencia al apilamiento, aportar rigidez a la flexión, capacidad de amortiguamiento al embalaje por la elasticidad que le confiere la forma de la onda y dar un grosor inicial al cartón. (Heckman,1967)

4.2. La **Norma Tappi (Asociación Técnica de la Industria del Papel y la Pulpa)**, establece los métodos y pruebas que se le deben realizar a los papeles y cajas de cartón, además impone que estas se deben realizar bajo unas condiciones controladas (Temperatura: 23°C Y 50% HR) (TAPPI, 2018). RIVERA Y COL. (2008), manifiestan que el papel es una estructura obtenida con base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible y las pruebas realizadas para los análisis fisicomecánicos de gramaje, porcentaje de Humedad, espesor, resistencia son evaluados mediante la norma TAPPI. Puesto que las materias primas usadas en la fabricación de cajas corrugadas, es una variable que se debe de controlar para lograr obtener una caja de buena calidad (Rolando,2004). Las siguientes pruebas a los papeles establecidas en la norma Tappi son las que se abordaran dentro del desarrollo de este proyecto:

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

4.2.1. El **calibre**, según la norma Tappi (2018), es el grosor o distancia perpendicular entre las dos superficies principales del papel o cartón combinado medido por el método descrito en la TAPPI T 411 om-05, está íntimamente ligada a la capacidad estructural en relación con que generalmente a mayor grosor del cartón, mayor es su resistencia (Márquez, 2001). Es una de las propiedades más importantes del cartón corrugado, puesto que un bajo calibre hace que el cartón pierda todas sus propiedades de resistencia. Por esta razón debe ser controlado a la salida del corrugador y después del proceso de conversión a cajas de cartón corrugado. El calibre se mide con el micrómetro que existe en el laboratorio (Ramírez & Jiménez, 2016).

4.2.2. Según Casey **El peso básico** o gramaje base es el peso de un metro cuadrado de una hoja de papel (ProCartón, 2002), la cual se expresa como gramos por metro cuadrado (g/m²) en el sistema métrico y se denomina gramaje”, el cual es el peso por unidad de área del papel liner o medium, y su método esta descrito en la TAPPI T410 om-02(TAPPI, 2018). Además, Las hojas de papel más pesadas son con frecuencia más gruesas debido a que contienen un mayor número de fibras. Este tipo de papeles suelen ser demasiado gruesos o rígidos (Xerox,1967).

4.2.3. El **Numero Cobb**, según la Norma TAPPI T441 om-04, describe el procedimiento para determinar la cantidad de agua absorbida de un área de papel liner, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones estandarizadas (TAPPI, 2018). los resultados obtenidos permiten determinar la afectación que tendrá el material por efecto de la humedad absorbida del medio ambiente, teniendo una perdida significativa de resistencia, o su capacidad de absorción de los adhesivos durante su pegado. (INEN, 2013).

4.2.4. Según la norma Tappi. (2018), la **gota de agua** mide la absorción de agua dejando caer una gota de agua sobre la superficie de una muestra de papel medium y determinando el tiempo en segundos para que la gota penetre a través de la hoja y humedezca la superficie inferior. Esta prueba permite determinar la capacidad que tiene un material celulósico para absorber humedad, característica relevante si el papel o cartón será adherido con adhesivos base agua, donde éstos deben penetrar las fibras del papel o cartón, con el fin de realizar adecuadamente la adhesión mecánica de los sustratos. (IMPEE,2013).

4.2.5. Según Martínez Sartorius. (2009), la **humedad** es la cantidad porcentual de agua presente en el papel o cartón determinada por un diferencial de peso entre la muestra húmeda y la seca donde las unidades: porcentaje de humedad. Además, la celulosa es higroscópica; por tanto, el papel será higroscópico, y captará y soltará líquido, con cambios en la humedad relativa del

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

ambiente que le rodea (Condori, 2010). Este contenido de humedad hace que el papel se ablande, perdiendo su forma y por ende su resistencia (Isabel,2019). El kraft liner y el corrugado medio se fabrica con una humedad entre el 6% y el 8%, con estándar del 7%. Para medir humedad se emplea un higrómetro. (Rahmawati,2009)

4.3. Según la norma Tappi el **ECT (Edge Crush Test)** o compresión de la flauta, es una prueba para medir la resistencia a la compresión provocada por una carga ejercida sobre la sección del cartón corrugado, paralela a las ondulaciones de una columna corta de una lámina de cartón corrugado de pared simple, doble o triple, donde el procedimiento está descrito en la TAPPI T839 om-08. Además, hay que tener en cuenta que las cajas de cartón deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el producto que contiene y su transporte (López, 2009). Por lo anterior, esta es propiedad importante en la predicción de compresión de la caja y representar en forma directa la capacidad que tiene durante el estibado. (Mortimer Gaitan,2005). Esta prueba sirve para tener una idea de cuál puede ser la resistencia a la compresión de una caja fabricada con ese mismo cartón y se usa un dispositivo para sujetar la muestra y evitar que esta falle por flexión, es decir, que la muestra trate de doblarse antes de resistir la máxima carga que puede soportar. (Aurelio,2014).

4.4. Según Tejeda-Martínez. (2018), La **humedad relativa** es el porcentaje de vapor disuelto en un volumen de aire en razón del vapor necesario para saturarlo, Es decir, la cantidad de agua que el aire mantiene a cierta temperatura (Ramarpul, 2018), esta se incrementa cuando el aire se enfría o cuando se agrega vapor de agua al aire. (Cenicafe, 2005), La humedad relativa ambiente tiene singular importancia dadas las propiedades higroscópicas del papel; niveles altos favorecen el desarrollo de microorganismos y deterioro de las cajas corrugadas y niveles bajos, a resecar el papel y tornarlo quebradizo (Condori, 2010).

4.5. Según Tensa (2014) el **BCT (Box Compression Test)** es la fuerza de carga vertical a la que se somete un empaque durante su estibado y uso en su ciclo de almacenamiento. Esta fuerza de apilamiento es un requerimiento clave en el transporte de empaques, es la máxima fuerza de compresión en libras o kilogramos, que un empaque puede cargar durante un tiempo, bajo condiciones de medio ambiente normal y apilamiento sin fallas. (Rolando,2004). Utilizado para medir la capacidad de cajas corrugadas o fibra sólida para resistir fuerzas de compresión externa. Además, es aplicable para comparar la resistencia a la compresión de diferentes lotes de cajas similares o para comparar cajas con diferentes combinaciones de papeles. También se puede usar

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

para comparar las características de compresión de cajas que difieren en construcción o diseño. Además, la información adquirida se puede utilizar para dar una indicación de la carga que una caja en particular es capaz de soportar en funcionamiento. (Ulises, 2017).

4.6. Según Arévalo (2017), el **proceso de corrugación** está conformado por el tren corrugador que es un grupo de máquinas interconectadas entre sí en forma sucesiva la cual permite la producción de láminas corrugadas a partir del abastecimiento de las bobinas de papel liner y médium en las máquinas corrugadoras, saneadas y montadas en sus respectivo carro porta bobina y enhebrada en el empalmador (Arévalo, 2017). El papel médium se coloca entre una o dos láminas lisas que se pegan con un pegamento a base de almidón en proporciones muy específicas, dependiendo de la caja requerida y de las condiciones a las que será expuesta la caja hasta que llega a destino. (Pérez, 2016). A la unión de una hoja tipo liner(lisa) con un médium (ondulado) se le denomina simple-cara o single-face y al añadir una segunda cara se forma el doble-cara o double-face también llamado “pared sencilla”, si al double-face se le añade un segundo módulo single-face, se constituye el llamado doble pared. (Pazos, 2002)

4.7. Según Barolome (2016), el **Proceso flexográfico** comienza una vez obtenida la lámina de cartón trazado (longitudinalmente) de la etapa de corrugación, y con las medidas específicas según el requerimiento del cliente, la misma pasa por una etapa de impresión. Allí, mediante el uso de una máquina impresora flexográfica se le adhiere el dibujo (diseño) que podrá contar con hasta 4 tipos de colores distintos. Es aquí en donde se aplica un segundo tipo de inspección en el cual se evaluarán aspectos cualitativos. Estos aspectos son los que el cliente observa primero y son los siguientes: tonalidad de los colores, registro de impresión y dimensiones de la caja. Para evaluar la calidad de la caja (Rolando,2004). Para imprimir, la forma impresora se entinta con tinta líquida mediante un rodillo especial llamado anilox. Luego se presiona suavemente sobre el soporte y sólo la zona imagen entra en contacto con él, quedando depositada la tinta sobre el mismo. (ILLA, 2008).

5 Metodología

5.1. Caracterización de los papeles Liner y Medium

Para el desarrollo del proyecto se inició con una identificación y caracterización a los papeles médium y liner diariamente durante 60 días, que ingresaban al laboratorio de Corrugados del Darién S.A.S ubicado en Apartadó (Antioquia) con coordenadas 7°89'21.7" N, -76°62'80.9" W, para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

5.1.1. Se tomaron muestras al azar de diferentes rollos de papel y gramajes(g/m²) de papeles liner y médium que ingresaron a laboratorio y que son los utilizados para la fabricación de cajas de cartón Corrugadas. Los papeles analizados fueron relacionados en la tabla 1, con su respectivo molino o proveedor de papeles.

Tabla 1

Papeles medium y liner caracterizados

Tipo de papel	Molino (Fabricante)	Gramajes(g/m ²)	Tipo de papel	Molino (Fabricante)	Gramajes(g/m ²)
MEDIUM	BillerudKorsnäs (B)	127	LINER	International Paper (I)	100
				International Paper (I)	170
				International Paper (I)	205
	Georgia Pacific(G)				
	Georgia Pacific(G) WTL				
	BillerudKorsnäs (B)	165		International Paper (I)	253

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

5.1.2. Los papeles fueron acondicionados en atmósferas controladas de acuerdo con TAPPI T 402 mo-93 “Atmosferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón, hojas de papel numeral 3.2 y 3.3 (pág. 40). Para su respectivo análisis.

5.1.3. Se realizaron las siguientes pruebas a los papeles:

Tabla 2

Pruebas a los papeles medium

Papeles médium		
Pruebas	Unidades	Descripción
Calibre	mm	<ol style="list-style-type: none">1. Se cortó una muestra de 6 x ½ de pulgada para cada uno de los gramajes(g/m²) a analizar.2. Se le midió el calibre en 4 partes de la muestra por medio de un micrómetro.3. Se obtuvo el promedio de las 4 mediciones.
Peso básico	g/m ²	<ol style="list-style-type: none">1. Se cortó una muestra de 6 x ½ de pulgadas.2. Se pesó la muestra por medio de una balanza analítica.
Humedad	% de humedad	<ol style="list-style-type: none">1. Se cortó una muestra de 9 cm de diámetro por medio de una cuchilla circular.2. Se introdujo en el equipo (analizador halógeno de humedad) el cual dio el resultado del % de humedad.
Gota de agua	segundos	<ol style="list-style-type: none">1. Se cortó una muestra de 6 x 6 pulgadas.2. La muestra se puso en un soporte y se situó la punta del gotero a 1 pulgada de la superficie de esta.3. Posteriormente, se dejó caer una gota sobre la superficie de la muestra y se activó el cronometro, cuando la parte debajo de la muestra se observó el primer indicio de penetración de agua en el papel se detuvo el cronometro.3. Se realizó este procedimiento en 4 puntos de la muestra, obteniendo el promedio.

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

Tabla 3

Pruebas a los papeles liner

Papeles Liner		
Pruebas	Unidades	Descripción
Calibre	mm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cortó una muestra de 6 x ½ de pulgada para cada uno de los gramajes(g/m2) a analizar. 2. Se le midió el calibre en 4 partes de la muestra por medio de un micrómetro. 3. Se obtuvo el promedio de las 4 mediciones.
Peso básico	g/m2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cortó una muestra de 6 x ½ de pulgadas. 2. Se pesó la muestra por medio de una balanza analítica.
Humedad	% de humedad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cortó una muestra de 9 cm de diámetro por medio de una cuchilla circular. 2. Se introdujo en el equipo (analizador halógeno de humedad) el cual dio el resultado del % de humedad.
Número Cobb	g/m2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cortaron dos muestras de 6 x 6 pulgadas. 2. Se identifico el lado malla y liso del papel 3. Se pesó cada una de las muestras (lado liso y malla) 4. Se ubico la muestra por el lado malla en el aparato número Cobb y se vació 100 ml de agua sobre la muestra e inmediatamente se activó el cronometro. 5. A los 1'45" se vació el agua y se retiró la muestra e inmediatamente se secó con una servilleta y se pesó. 6. Se repitió del paso 4 al 5, para el lado liso de la muestra. 7. Se realizo la siguiente formula, para obtener el resultado: $\text{Numero Cobb} = P_h - P_s \quad (1)$ <p>Donde: P_h = Peso de la muestra húmeda P_s = Peso de la muestra seca</p>

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

5.1.4. resultados obtenidos de cada una de las pruebas fueron registrados en el Formato No.1 (Caracterización de papeles médium) y en el formato No.2 (Caracterización de papeles liner).

5.1.5. Posteriormente fueron analizados los resultados obtenidos de las pruebas.

5.2. Análisis de la humedad Vs tiempo de las láminas: Se realizó primeramente un estudio del comportamiento de la humedad vs el tiempo de las láminas (doble pared y pared sencilla) obtenidas del proceso de corrugación de la siguiente forma:

5.2.1. Se establecieron las láminas (doble pared y pared sencilla) a evaluar teniendo en cuenta la combinación de papeles(gramajes) más utilizadas para la realización de tapas y bases en corrugados del Darién S.A.S. Combinaciones a evaluar:

Tabla 4

Combinación de gramajes de papeles a evaluar.

Tapas (Pared sencilla)	205(L)-127(C)-205(L)
	205(L)WTL-127(C)-205 (L)
Bases (Doble pared)	253(L)-127(C)--170(L)-127(C)--253(L)
	253(L)-165(C)--100(L)-165(C)--205(L)
	253(L)-165(C)--100(L)-127(C)--205(L)

Nota Fuente. Elaboración propia.

Donde:

L: Papel liner

C: Papel corrugado médium

WTL: Papel Liner moteado

5.2.2. Se obtuvieron 2 láminas (doble pared y pared sencilla) para cada combinación de diferentes corridas del proceso de corrugación de acuerdo con las órdenes de producción semanales. En total 4 láminas pared sencilla y 6 láminas doble pared.

5.2.3. Las láminas (doble pared y pared sencilla) fueron acondicionados en atmósferas controladas de acuerdo con TAPPI T 402 mo-93 “Atmosferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón, hojas de papel numeral 3.2 y 3.3 (pág. 40).

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

5.2.4. Previamente acondicionadas las láminas (doble pared y pared sencilla), fueron cortadas 11 muestras con unas dimensiones de 2x2 pulgadas he introducidas en un recipiente plástico con tapa, dotado de una rejilla metálica, un termohigrómetro y un electrodo de calentamiento, el cual se llenó con agua hasta un nivel inferior a la rejilla y se calentó por medio del electrodo hasta generar vapor, a una temperatura de ± 50 °C, con el fin de obtener condiciones de alta humedad. El termohigrómetro monitoreo las condiciones de humedad y temperatura al interior del recipiente; y las muestras fueron ubicadas sobre la rejilla metálica con el fin de absorber la humedad generada por la evaporación.

5.2.5. Primeramente, se tomó una muestra y se obtuvo el % de humedad inicial mediante el analizado halógeno.

5.2.6. Las muestras fueron retiradas cada 10 minutos del recipiente e introducidas en el analizador halógeno para obtener la humedad de la muestra.

5.2.7. Los datos obtenidos fueron analizados mediante grafica (% humedad vs tiempo).

5.3. Determinación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las láminas acondicionas, lámina testigo y producto terminado (base): Se determinó mediante la prueba de ECT (Edge Crush Test), la resistencia de las láminas acondicionas, lámina testigo y producto terminado (base y tapa) expuestas a humedad de la siguiente manera:

5.3.1. Láminas acondicionadas y testigo: Se obtuvieron láminas con las combinaciones de gramajes de papeles expuestas en la tabla 4, del proceso de corrugación (doble pared y pared sencilla) de diferentes corridas del proceso, para un total de 3 mediciones por cada combinación de doble pared y pared sencilla. Al instante, que se obtuvo la lámina (doble pared y pared sencilla) del corrugador fue llevada al laboratorio y se cortaron 24 muestras para cada referencia a evaluar con dimensiones de 2 x 2 pulgadas, de las cuales 12 muestras fueron acondicionadas en atmósferas controladas de acuerdo con TAPPI T 402 mo-93 “Atmósferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón, hojas de papel numeral 3.2 y 3.3 (pág. 40), y las 12 muestras testigos fueron evaluadas inmediatamente salieron del proceso.

5.3.2. Producto terminado (base y tapa): Al ser transformada la lámina pared sencilla en tapa y la lámina doble pared en base, evaluadas como láminas en el numeral 5.3.1, se adquirieron 3 muestras de bases y 2 muestras de tapas para cada combinación de gramajes de papeles expuestas en la tabla 4, del proceso de flexografía, y fueron llevadas al laboratorio y se cortaron 12 muestras para cada referencia a evaluar con dimensiones de 2 x 2 pulgadas, las muestras fueron acondicionadas en

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

atmósferas controladas de acuerdo con TAPPI T 402 mo-93 “Atmósferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón, hojas de papel numeral 3.2 y 3.3 (pág. 40).

5.3.3. Evaluación de la resistencia del producto terminado (base y tapa) y las láminas (doble pared y pared sencilla) acondicionadas y testigos: Las muestras descritas en los numerales 5.3.1 y 5.3.2, del producto terminado (bases y tapas) y las láminas acondicionadas y testigos fueron introducidas en un recipiente plástico con tapa, dotado de una rejilla metálica, un termohigrómetro y un electrodo de calentamiento, el cual se llenó con agua hasta un nivel inferior a la rejilla y se calentó por medio del electrodo hasta generar vapor, a una temperatura a 50 °C, con el fin de obtener condiciones de alta humedad. El termohigrómetro monitoreó las condiciones de humedad y temperatura al interior del recipiente; y las muestras fueron ubicadas sobre la rejilla metálica con el fin de absorber la humedad generada por la evaporación.

5.3.4. De cada combinación evaluada de producto terminado y láminas (Doble pared y pared sencilla), se extrajo una muestra inicial, la cual se le midió el % inicial de humedad y la resistencia inicial por medio de la prueba de ECT (Edge Crush Test) a: La lámina al salir inmediatamente del corrugador, la lámina al estar acondicionada y al producto terminado al salir de la flexográfica y estar acondicionado.

5.3.5. Las muestras una vez introducidas en el recipiente plástico, como esta descrito en el numeral 5.3.3, fueron extraídas una por una cada 10 minutos, y se realizaron la prueba de % de humedad y prueba de ECT.

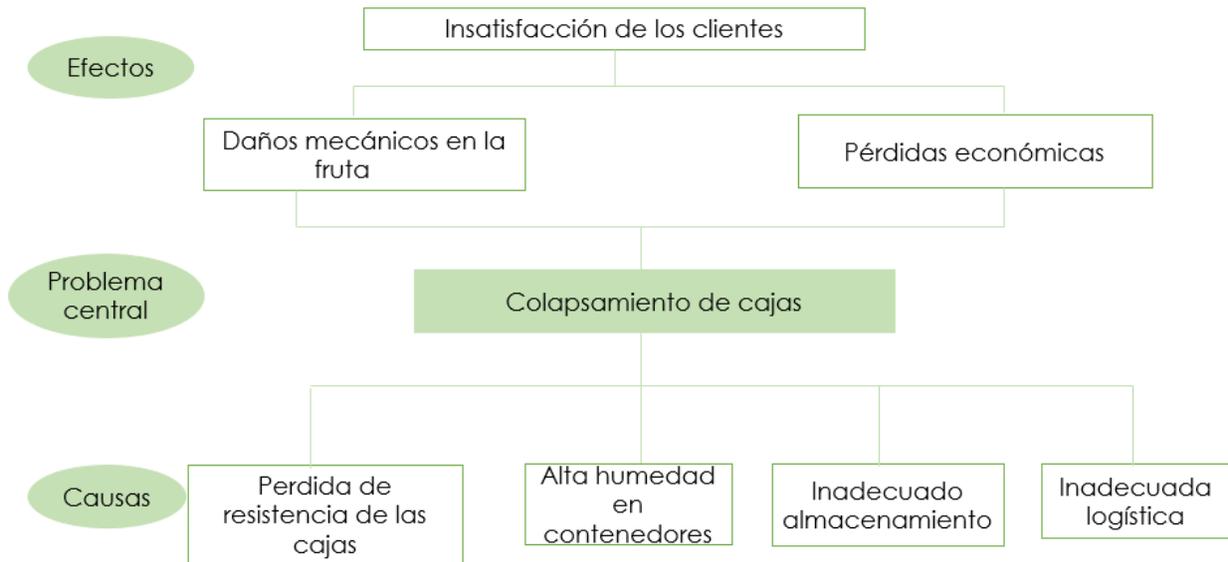
6 Resultados y análisis

6.1. Diagnóstico previo a la ejecución del proyecto: Previo a la planificación del proyecto, se realizó un análisis mediante la implementación de una técnica llamada “el árbol de problemas”, visualizada en la (**Figura 1**), la cual sirvió para identificar el problema central y la causa-efecto de este. A partir de esta técnica, se pudo evidenciar que el problema central fue el colapsamiento de cajas estibadas, puesto que era una de las quejas y reclamos con mayor importancia dentro de la organización, dando insatisfacción del cliente, ya que estaban teniendo daños en fruta y por ende pérdidas económicas.

Por consiguiente, a través del árbol de problemas se analizaron posibles causas del problema central, orientando el proyecto a el estudio de la “Evaluación de los efectos de la humedad sobre la resistencia de las cajas de cartón ondulado”, para analizar cuanto se ve afectada la resistencia de las cajas de cartón expuestas a humedad y por ende verificar si es una de las posibles causantes del deterioro y colapsamiento en contenedores, esto desde pruebas a las combinaciones de papeles hasta el producto terminado. Puesto que las exigencias impuestas a un embalaje que contengan productos perecederos se aplican, en particular, a los productos alimenticios tales como: fruta, verduras, entre otros, van ligadas a condiciones de almacenamiento y transporte: duración, temperatura y humedad.

Figura 1

Árbol de problemas

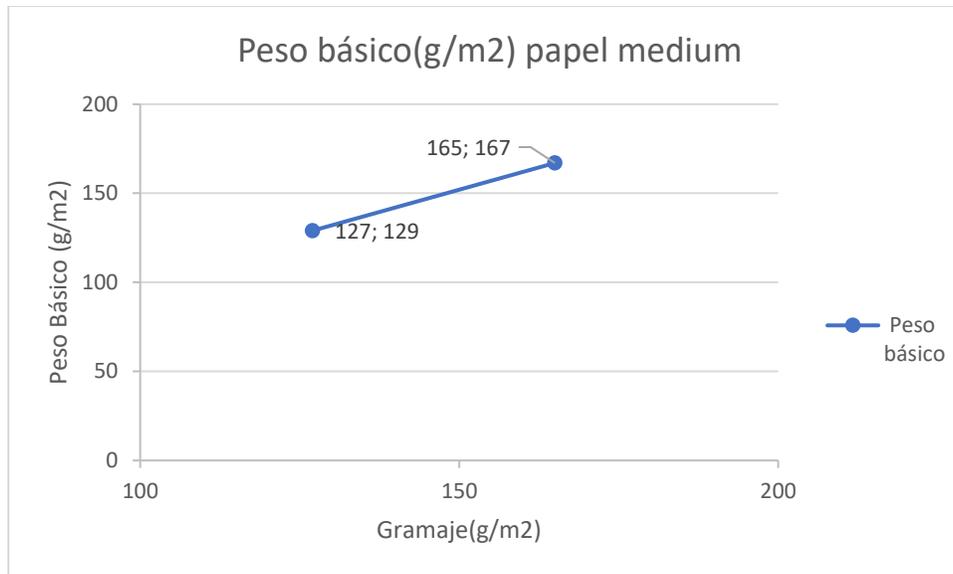


Nota Fuente. Elaboración propia.

6.2. Caracterización de los papeles (Medium y Liner): A partir de las pruebas realizadas a los diferentes gramajes de los papeles medium y liner utilizados en la empresa corrugados del Darién S.A.S para la fabricación de cajas de cartón corrugado, los promedios obtenidos en el Formato No.1 (Caracterización de papeles médium) y Formato No.2 (Caracterización de papeles liner), fueron graficados y se obtuvieron los siguientes análisis.

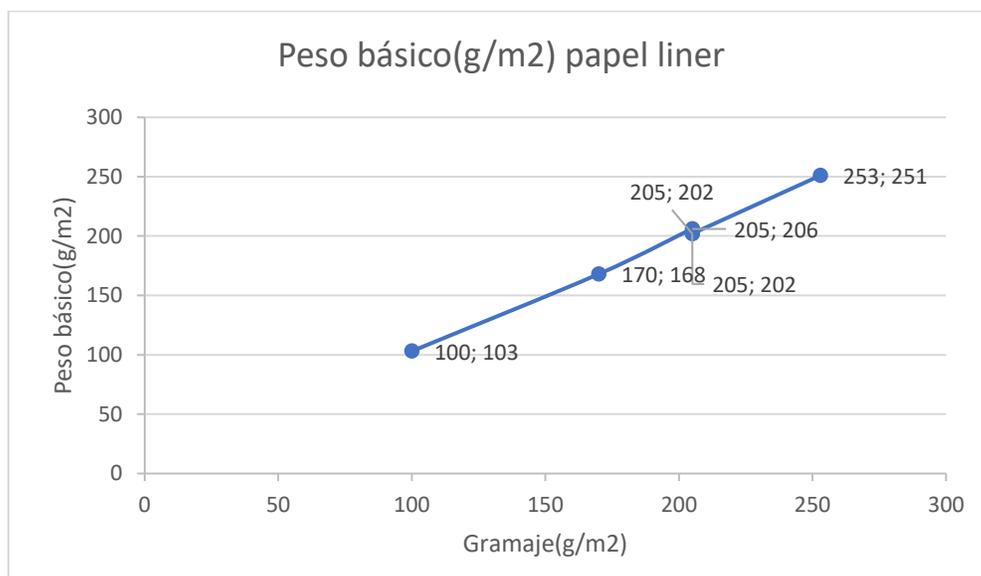
6.2.1. Análisis de peso básico(g/m²): A partir de la gráfica 1 y 2, se puede visualizar que el peso básico realizado en el laboratorio se aproxima al gramaje (g/m²) del papel medium definido por el molino comercializador del rollo de papel, existiendo una diferencia de ± 2 g/m². Para el papel liner 205 g/m² de international paper el peso básico está por debajo en comparación al Georgia Pacific, pero similar al Kraftliner blanco (WTL).

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...



Gráfica 1. Gramaje (g/m²) Vs Peso básico (g/m²) del papel medium.

Nota Fuente. Elaboración propia.



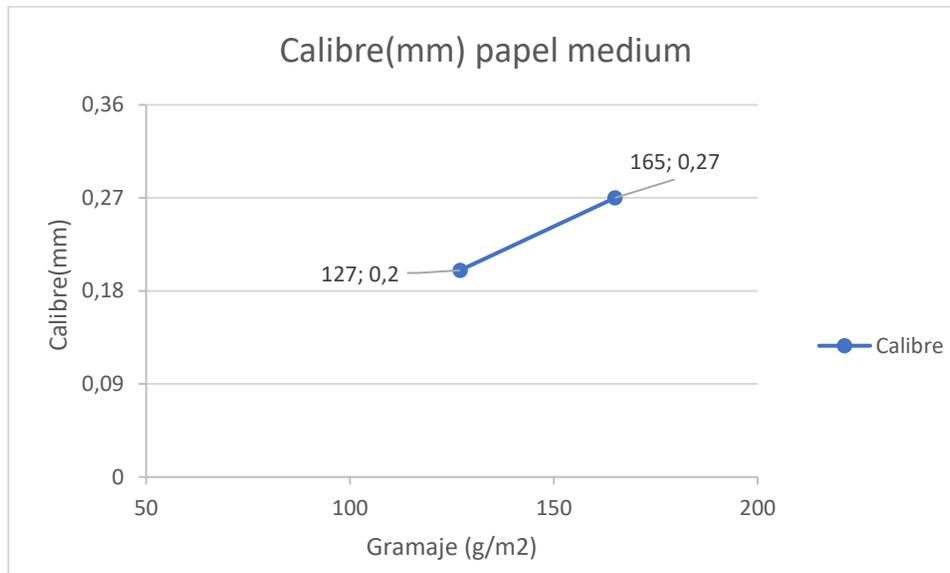
Gráfica 2. Gramaje (g/m²) Vs Peso básico (g/m²) del papel liner.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.2.2. Análisis de Calibre(mm): En la gráfica 3 y 4, se puede visualizar que a medida que aumenta el gramaje (g/m²) de los papeles evaluados aumenta su calibre. Se evaluaron tres 205 g/m² de diferente molino, siendo el calibre mayor del fabricante Georgia Pacific en comparación al international paper. Sin embargo, el papel Kraftliner blanco (WTL) de Georgia Pacific posee un

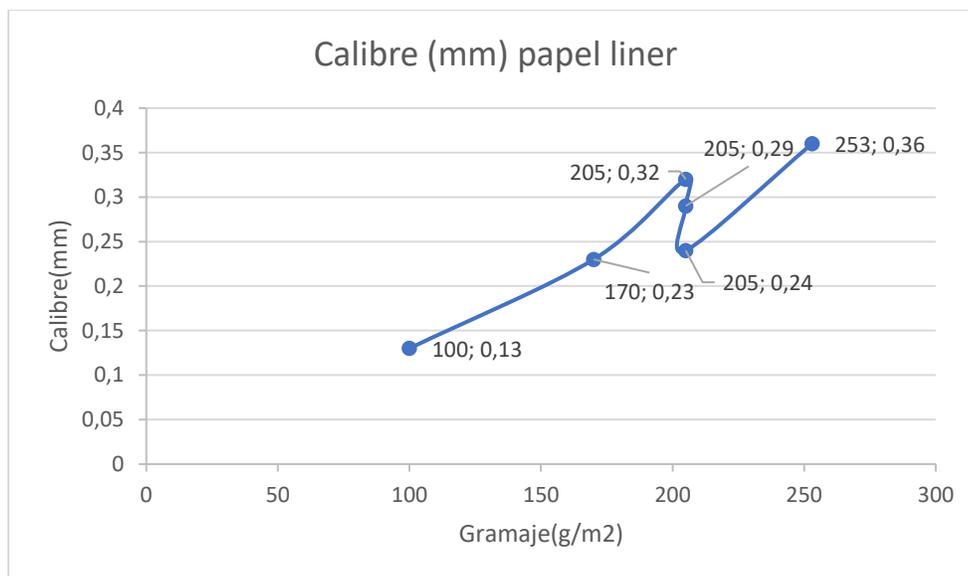
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

calibre inferior en comparación a los KraftLiner. Es por esto por lo que Rolando (2004), Después de un estudio, se recomienda que si se desea obtener un cartón grueso que se utilicen calibres de papel pesados y por el contrario para tener cartón delgado utilizar calibres de papel liviano.



Gráfica 3. Gramaje(g/m²) Vs Calibre(mm) de papeles médium.

Nota Fuente. Elaboración propia.



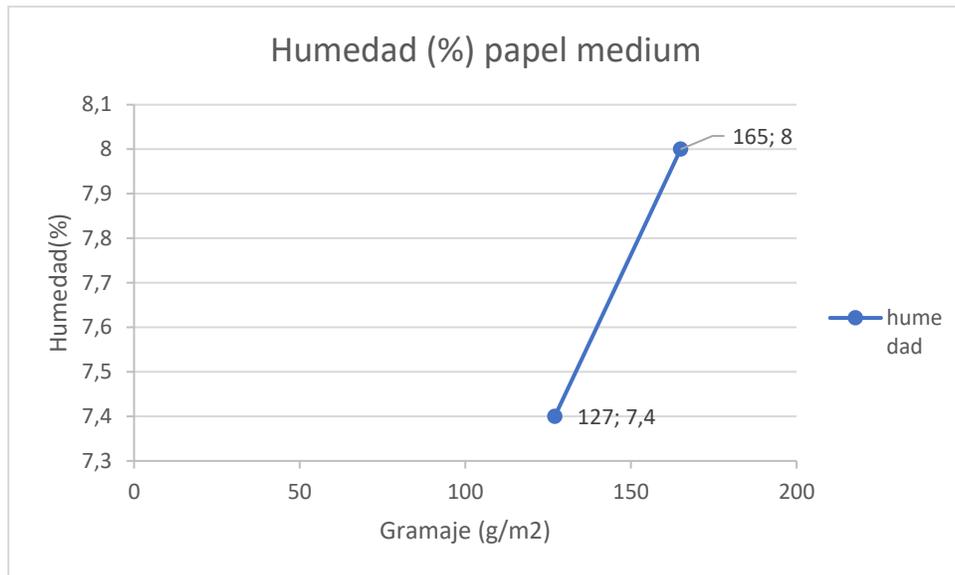
Gráfica 4. Gramaje(g/m²) Vs Calibre(mm) de papeles liner.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.2.3. Analisis de humedad (%): El contenido de humedad promedio obtenido de los diferentes gramajes de papeles medium y liner evaluados dependió de la humedad relativa del aire

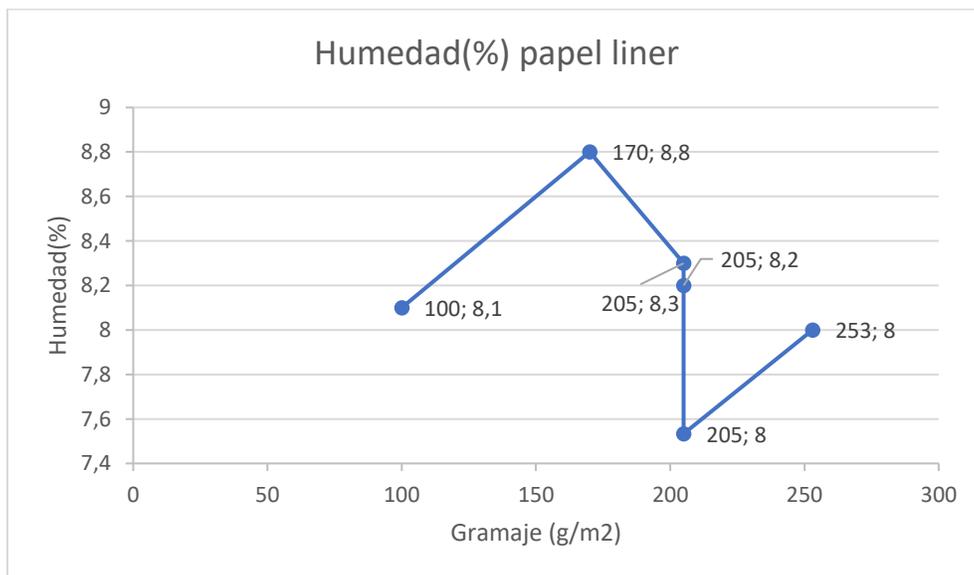
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

con el que se está en contacto en el instante de realizar la prueba después de acondicionada la muestra según numeral 5.1.2, puesto que las fibras de celulosa son higroscópicas, es decir, son capaces de absorber la humedad del ambiente que las rodea.



Gráfica 5. Gramaje (g/m²) Vs Humedad (%) de papeles médium.

Nota Fuente. Elaboración propia.

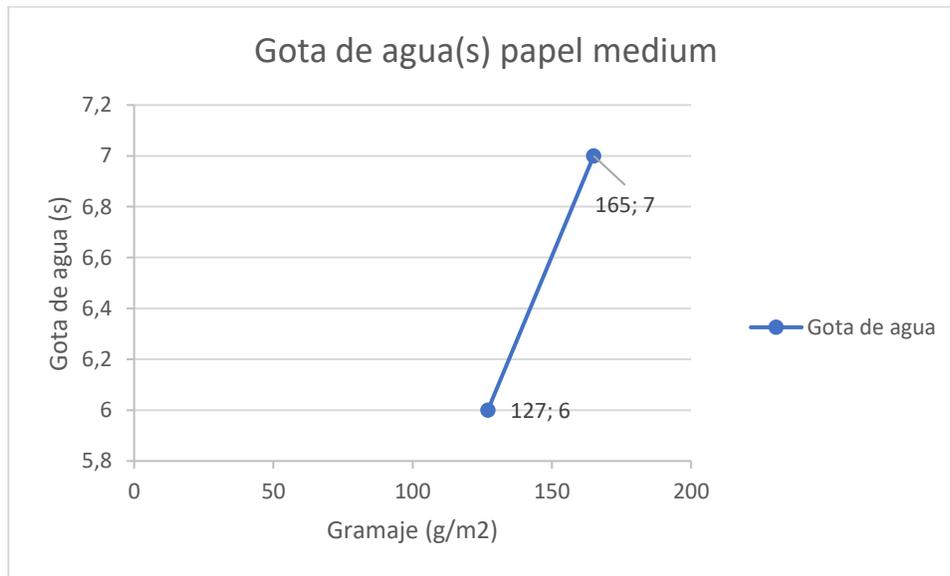


Gráfica 6. Gramaje (g/m²) Vs Humedad (%) de papel liner.

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

6.2.4. Analisis de gota de agua (s): En la gráfica 7, se puede visualizar el tiempo, en segundos, que tarda la gota de agua en atravesar el papel, siendo el papel gramaje 127, un tiempo de 6 segundos y el gramaje 165 de 7 segundos. Por lo cual, el papel 127 g/m² es mas absorbente en comparación a los otros evaluados.

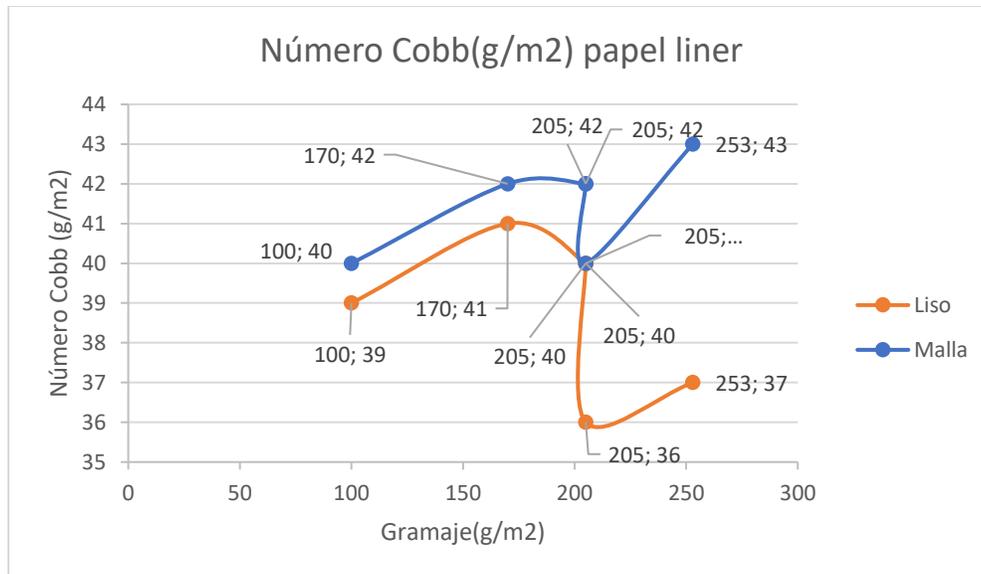


Gráfica 7. Gramaje (g/m²) Vs Gota de agua (g/m²) de papel medium.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.2.5. Analisis de número cobb(g/m²): El número Cobb, se realizó al papel liner de diferentes gramajes(g/m²), la cual permitió conocer la capacidad de absorción de agua en las muestras de papel por el lado malla y liso. En el gráfico 8, se puede visualizar el promedio de masa de agua absorbida de los papeles, siendo por el lado liso el más absorbente es el 205 g/m² y menos absorbente el 205 g/m² de Georgia Pacific KraftLiner blanco; por el lado malla, el más absorbente es el 253 g/m² y el menos absorbente el 205 g/m² de Georgia Pacific de Georgia Pacific KraftLiner blanco.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

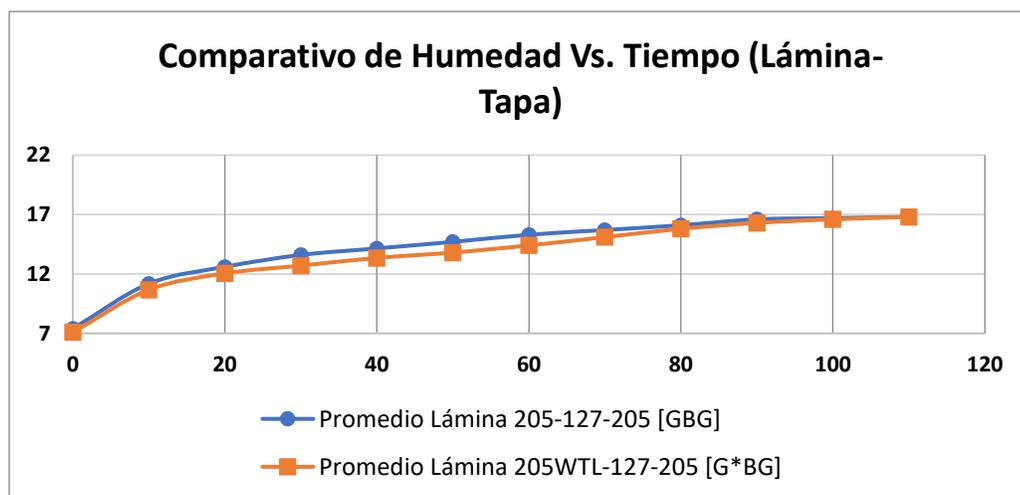


Gráfica 8. Gramaje (g/m²) Vs Número Cobb(g/m²) de papel liner.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.3. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs tiempo de láminas para

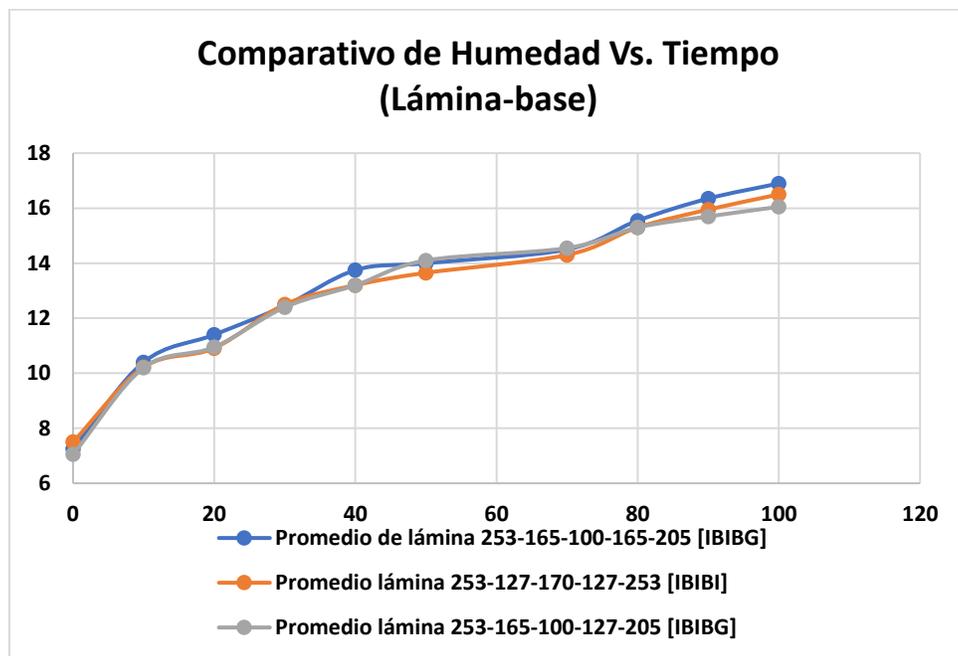
tapas: En la gráfica 9, se evidencia que el promedio de la lámina 205-127-205 tiene un ratio de ganancia de humedad muy similar a la lámina 205WTL-127-205. Además, se puede analizar que la mayor ganancia de humedad en las láminas sucedió en los primeros 20 min, obteniendo el 70% respecto a la inicial en ambas combinaciones y aumentando cada diez minutos el 5%, hasta lograr un equilibrio al alcanzar en promedio un 16,5% de humedad de la lámina.



Gráfica 9. Humedad Vs. Tiempo de láminas.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.4. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs tiempo de láminas para bases: La gráfica 10, muestra que la ganancia de humedad a través del tiempo para las tres combinaciones analizadas tiende a ser precisas. Sin embargo, el promedio de la lámina 253-165-100-165-205 muestra una ratio de ganancia de humedad superior hasta el minuto 20 con un 57%, la lámina 253-127-170-127-253, una ganancia del 45% y la lámina 253-165-100-127-205, un aumento del 55%. aumentando cada 10 minutos para las dos primeras un 5% y para la tercera un promedio de 4% de humedad en lámina. Además, alcanzando un equilibrio al poseer el 16,4% de humedad en lámina.



Gráfica 10. *Humedad Vs. Tiempo de láminas.*

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

6.5. Variables que influyen en la pérdida de resistencia: Antes de abordar el estudio de la resistencia de las láminas y su posterior transformación a bases y tapas, hay que tener en cuenta que un bajo calibre hace que se pierdan propiedades de resistencia (Rolando, 2004). Por esta razón, es una variable que debe ser controlada a la salida del corrugador y después del proceso de flexografía. Cualquier punto de la operación representa un riesgo potencial de pérdida de calibre, siendo en algunas oportunidades un compromiso en la calidad del cartón, y el proceso en sí mismo. Así es que para lograr una buena calidad en la caja ésta debe ser muy resistente, es decir, evitar que se esté perdiendo calibre en el cartón. Por lo cual se enumerarán las variables que pueden influir en la pérdida de calibre y por ende la pérdida de resistencia.

En el corrugador:

- Presión excesiva en el rodillo de contacto y engomadora
- Rodillos corrugadores fuera de paralelismo: Hacer un cheque mensual del paralelismo de los rodillos corrugad
- Masas corrugadoras desgastadas hace que la flauta pierda altura.
- Excesiva presión en las planchas de curado de la lámina.

Una vez obtenida la lámina del proceso de corrugador es transformada a bases y tapas donde se pierde calibre en el proceso de flexografía, causa:

- Excesiva presión en los rodillos de alimentación y cuerpos impresores.

En la tabla 5 y 6, se pudo apreciar el calibre en milímetros(mm) de la lámina antes y después de salir del proceso de flexografía transformada en tapa o base.

En la tabla 5, se evidencia una pérdida promedio de calibre para ambas combinaciones del 2%, sin embargo, se puede observar que la dispersión respecto a los datos obtenidos para la combinación 205WTL-127-205 y 205-127-205 fue de aproximadamente 3% y 1,49% respectivamente. Esto crea como resultado la posibilidad de que las variables descritas en el numeral 6.5 estén generando variación del calibre y por ende falla en la estandarización del proceso.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

Tabla 5

Dinámica de calibre en tapas.

205-127-205			205WTL-127-205		
calibre antes(mm)	calibre después(mm)	Disminución del calibre	calibre antes(mm)	calibre después(mm)	Disminución del calibre
4,04	3,94	2,48%	3,94	3,9	1,02%
3,99	3,95	1,00%	3,96	3,8	4,04%
4	3,9	2,50%	3,95	3,91	1,01%

Nota Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 6, se evidencia una pérdida promedio de calibre de 0,7; 1,54 y 1,35 respectivamente, se observa una diferencia entre las combinaciones, siendo la más estable la combinación 253-127-170-127-253, esto indica que dicha combinación presenta menor disminución de calibre al finalizar el proceso de flexografía. Con respecto a la dispersión de los datos, no hubo una variación significativa entre los valores obtenidos.

Tabla 6

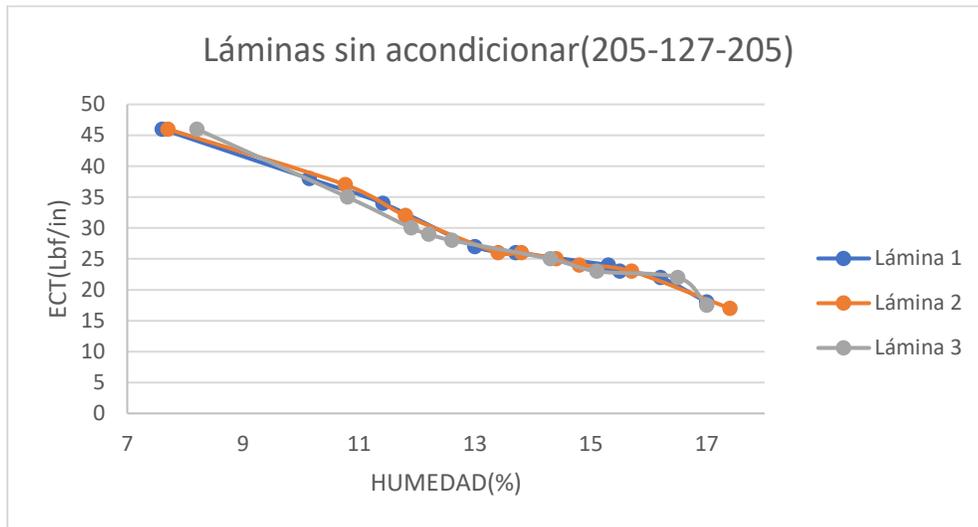
Dinámica de calibre en bases.

253-127-170-127-253			253-165-100-127-205			253-165-100-165-205		
calibre antes(mm)	calibre después(mm)	Disminución del calibre	calibre antes(mm)	calibre después(mm)	Disminución del calibre	calibre antes(mm)	calibre después(mm)	Disminución del calibre
6,86	6,8	0,87%	6,7	6,61	1,34%	6,9	6,8	1,4%
6,85	6,81	0,58%	6,72	6,6	1,79%	6,9	6,8	1,4%
6,86	6,82	0,58%	6,74	6,64	1,48%	6,9	6,82	1,2%

Nota Fuente. Elaboración propia.

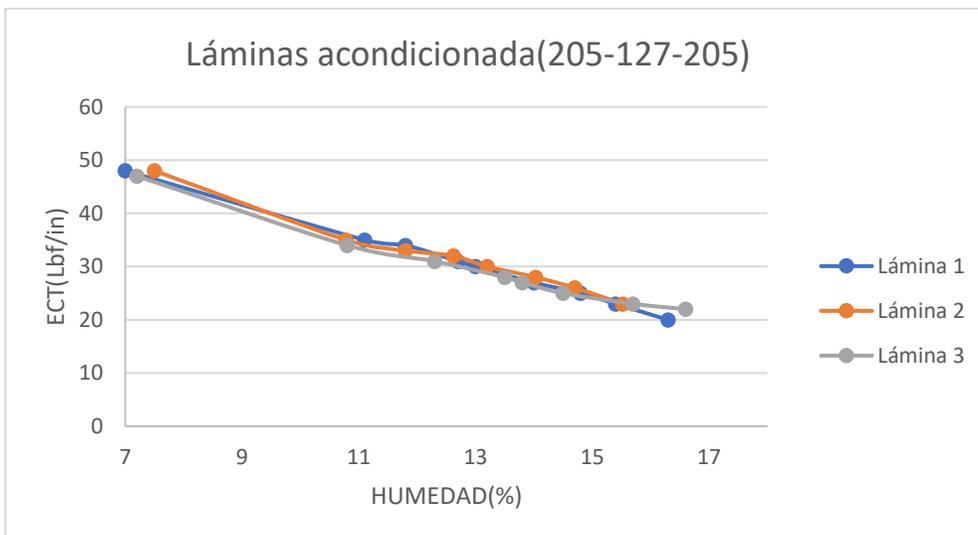
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

6.6. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs resistencia de láminas testigos (sin acondicionar) y acondicionadas: De las gráficas siguientes, se puede evidenciar que el proceso de acondicionamiento que consiste en someter las láminas a atmósferas controladas de acuerdo con TAPPI T 402 mo-93 “Atmosferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón”, numeral 3.2 y 3.3 (pág. 40), no representa cambios significativos en la resistencia ECT en relación con la ganancia de humedad. Sin embargo, se puede observar que si existe una variación en valores iniciales de ECT y humedad de la muestra comparada con la no acondicionada bajo un ratio de cambio de resistencia del 3%.



Gráfica 11. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para tapas (205-127-205).

Nota Fuente. Elaboración propia.

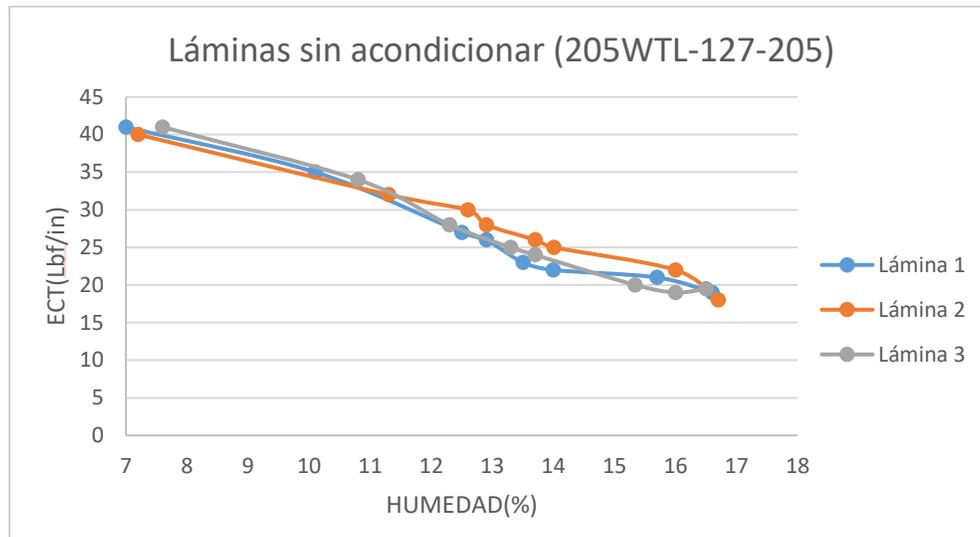


Gráfica 12. Humedad Vs ECT de láminas acondicionadas para tapas (205-127-205).

Nota Fuente. Elaboración propia.

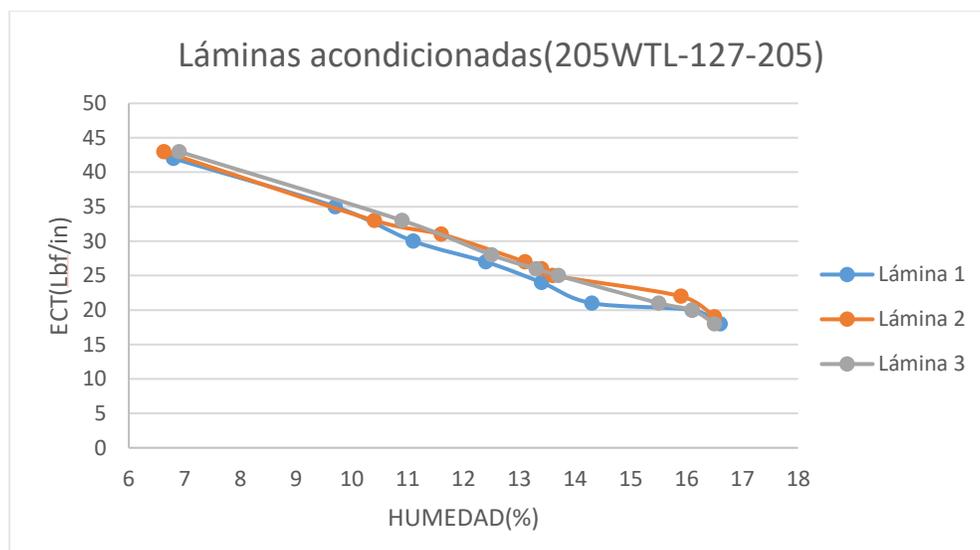
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

En la gráfica 13 y 14 en comparación con la gráfica 11 y 12, se puede evidenciar que presenta menor resistencia, puesto que se tiene en su combinación un papel moteado(205WTL), el cual tiene una característica propia que influye sobre la resistencia y que se evidencia en la gráfica 4(menor calibre).



Gráfica 13. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para tapas (205WTL-127-205).

Nota Fuente. Elaboración propia.



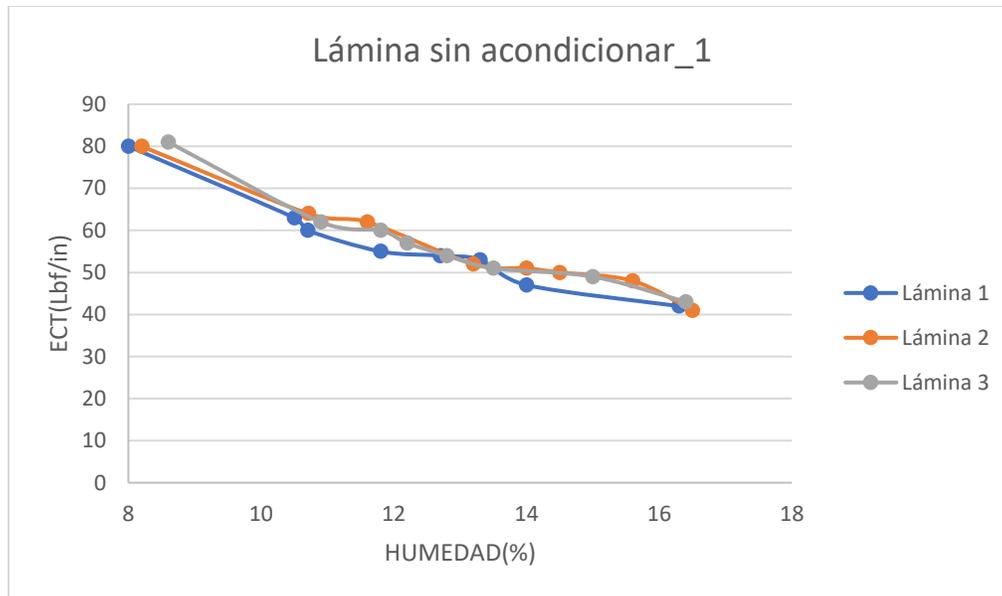
Gráfica 14. Humedad Vs ECT de láminas acondicionada para tapas (205WTL-127-205)

Nota Fuente. Elaboración propia.

En relación con las gráficas siguientes, donde se observa el comportamiento de los tres tipos de combinaciones de papeles en láminas acondicionadas y no acondicionada doble pared para la

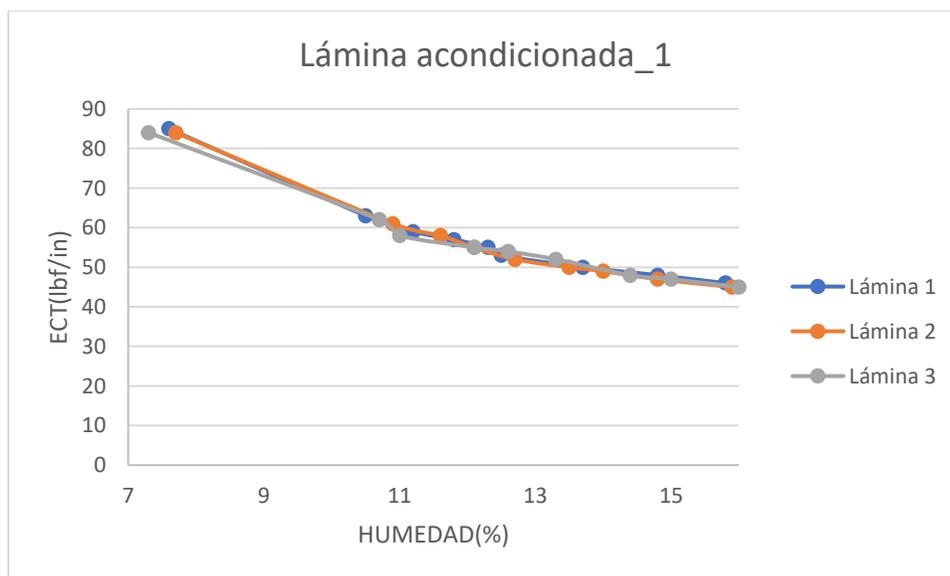
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

elaboración de base, se evidencia cambio en valores iniciales de ECT y humedad de la lámina acondicionada y lamina sin acondicionar. Sin embargo, fueron teniendo un comportamiento muy similar hasta llegar a 16% de humedad promedio, por lo cual se puede decir que no representa cambios significativos en la resistencia ECT en relación con la ganancia de humedad, si la lámina es acondicionada según TAPPI T 402 mo-93 “Atmosferas estándar de acondicionamiento y pruebas para papel, cartón”.



Gráfica 15. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-127-170-127-253).

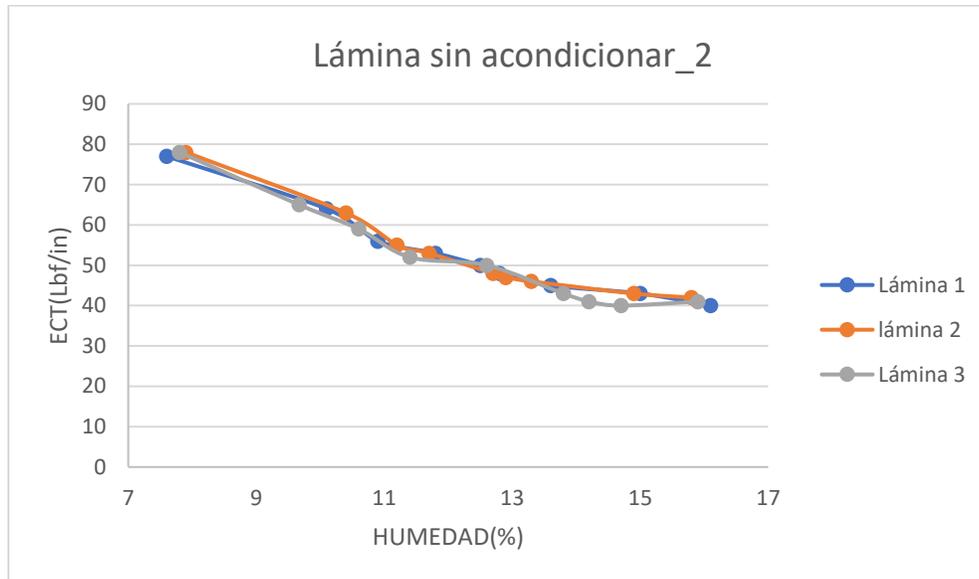
Nota Fuente. Elaboración propia.



EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

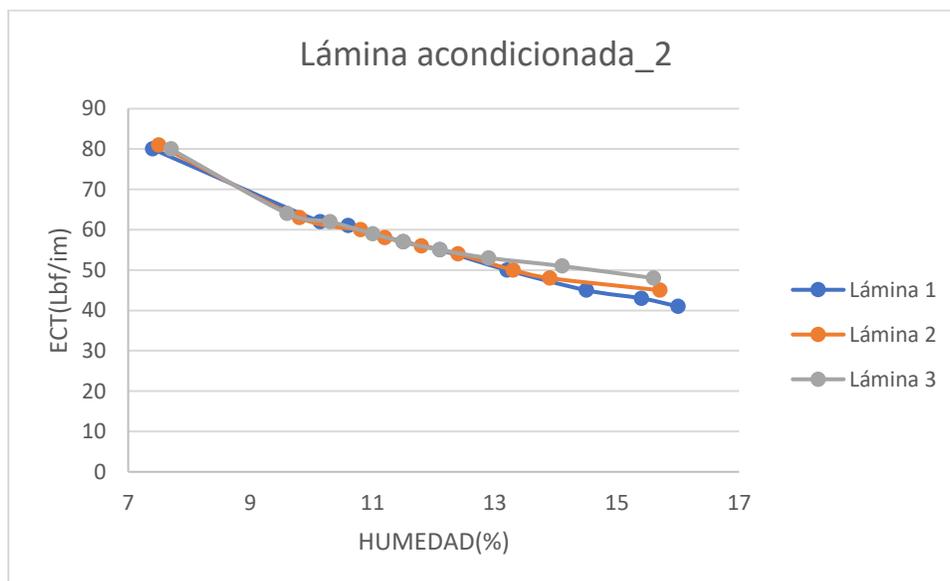
Gráfica 16. Humedad Vs ECT de láminas acondicionadas para bases (253-127-170-127-253).

Nota Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 17. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-165-205).

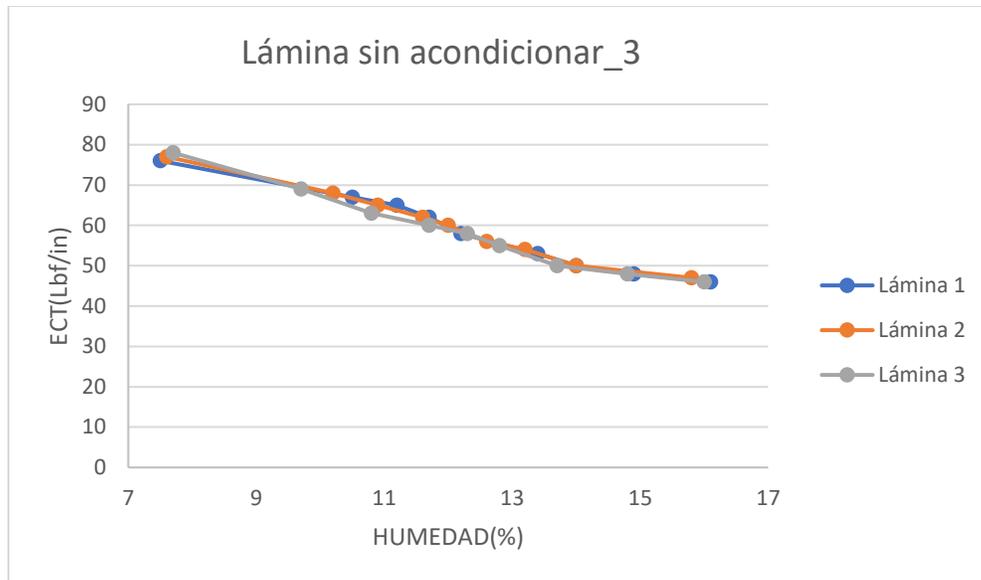
Nota Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 18. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-165-205)

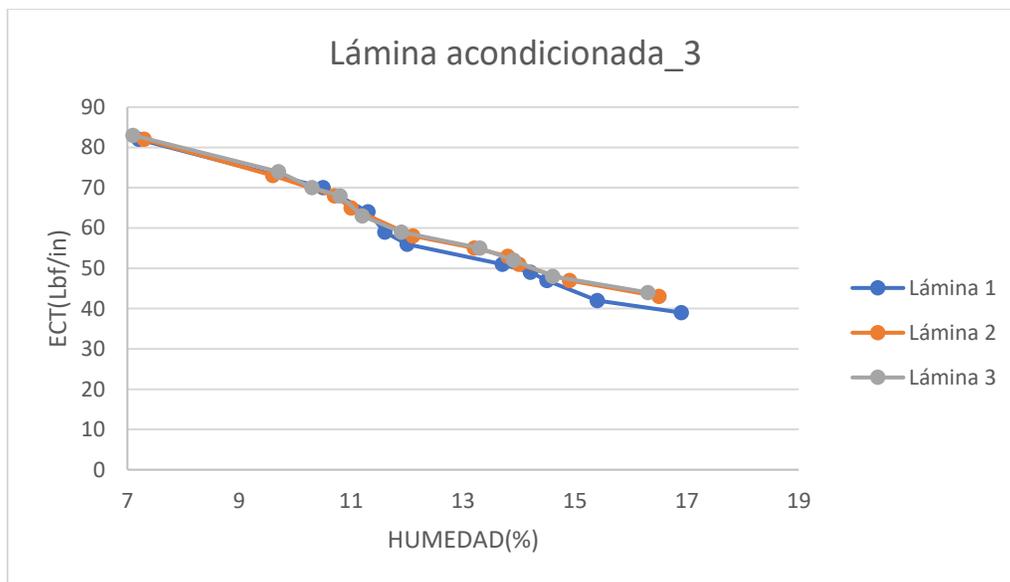
Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...



Gráfica 19. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-127-205)

Nota Fuente. Elaboración propia.



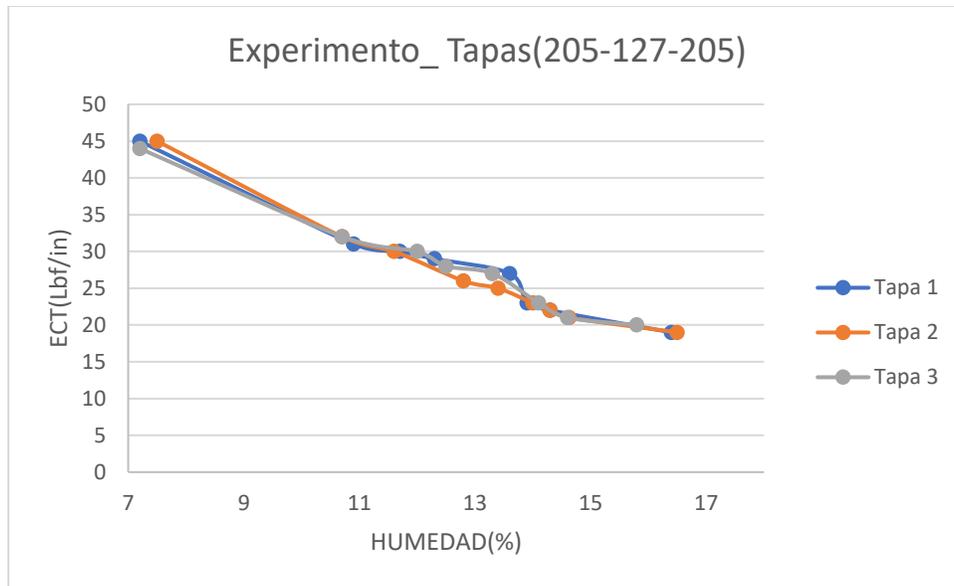
Gráfica 20. Humedad Vs ECT de láminas sin acondicionar para bases (253-165-100-127-205).

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.7. Análisis comparativo del porcentaje de humedad vs resistencia de tapas y bases: Cuando las cajas de cartón son enviadas a el proceso de distribución, están a expuestas a factores de manipulación que la pueden deteriorar y a contenedores con una humedad relativa alta, teniendo en cuenta que estas están elaboradas a partir de papeles, y estos a su vez fabricados principalmente a partir de celulosa, la cual tiene como característica natural el ser altamente higroscópico, es decir tenderán a absorber esta humedad y, por consiguiente, disminuirá la rigidez y su resistencia a la estiba tendrá un decremento significativo. Por lo cual se evaluó la resistencia a partir del ECT (Edge Crush Test), de las tapas y bases expuestas a humedad relativa aproximadamente de 85-90%, conforme se describe en el numeral 5.3.3. obteniendo a partir de las gráficas, la siguiente información:

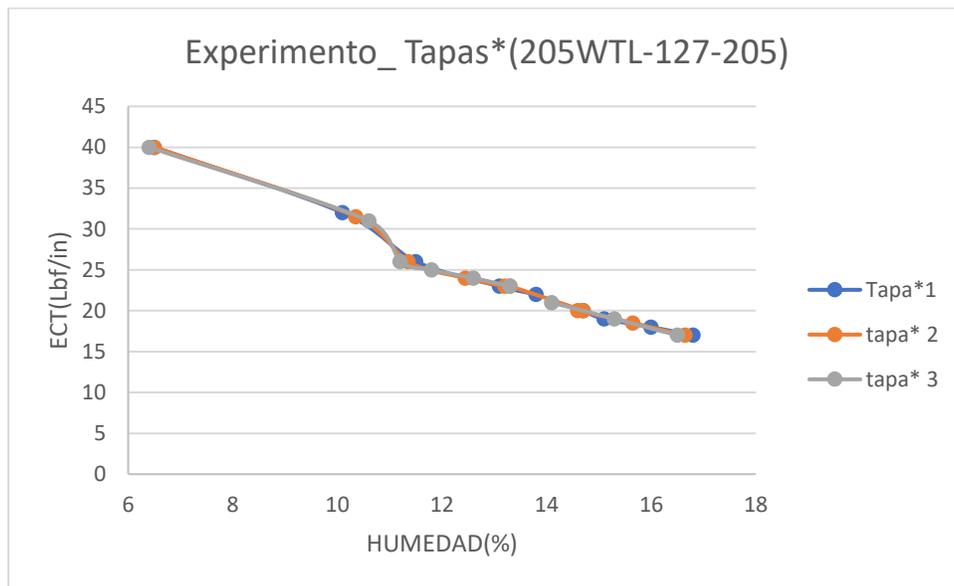
6.7.1. Análisis de los efectos de humedad en la resistencia de las tapas: Se puede evidenciar la correlación que hay entre la humedad contenida en las muestras de cartón en relación con la pérdida de resistencia, en la gráfica 21, con una humedad promedio de 10,8% para las tapas sería suficiente para afectar la resistencia ECT en una pérdida del 29% con relación a la inicial, y al alcanzar el porcentaje de humedad mayor de 16,5%, se tiene una pérdida del 57,4% con respecto a la inicial. En la gráfica 22, con una humedad promedio de 10,4% para las tapas sería suficiente para afectar la resistencia ECT en una pérdida de 21,24% en relación con la inicial, y al alcanzar el porcentaje de humedad mayor de 16,7%, se tiene una pérdida del 57,5% con respecto al inicial. Por lo tanto, podemos visibilizar la afectación de la resistencia a la cual se le va incrementando el porcentaje de humedad, siendo un comportamiento decreciente en la predicción del deterioro de las tapas.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...



Gráfica 21. Humedad Vs ECT de la combinación 205-127-205.

Nota Fuente. Elaboración propia.

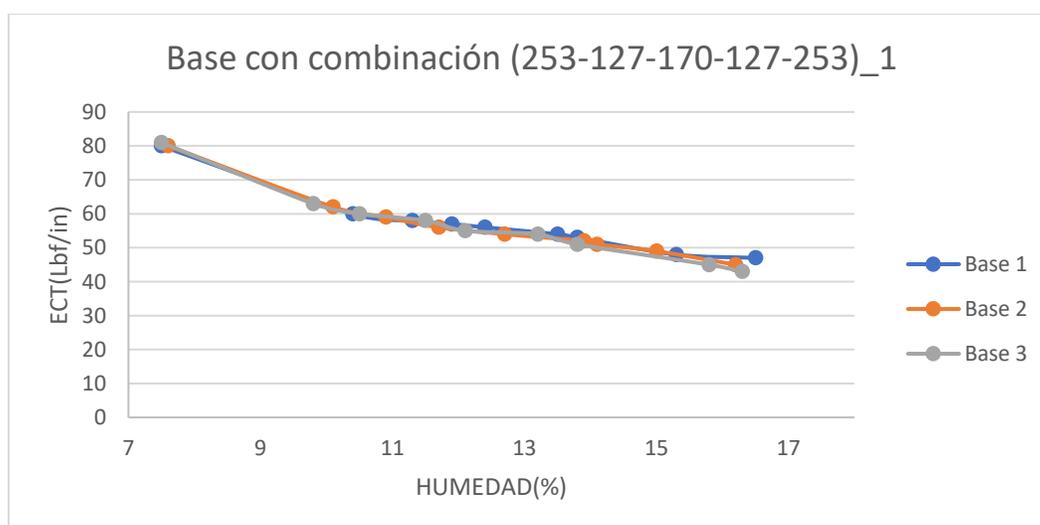


Gráfica 22. Humedad Vs ECT de la combinación 205WTL-127-205.

Nota Fuente. Elaboración propia.

6.7.2. Análisis de los efectos de humedad en la resistencia de las bases: Como podemos ver en la gráfica este factor del porcentaje de humedad en la base, al igual que las tapas tiene una afectación directa en la resistencia del ECT, a partir de la gráfica 23, se puede evidenciar que en promedio se pierde el 23,3% respecto a la inicial al llegar a un porcentaje de humedad del 10,1% y una pérdida promedio de la resistencia del 44% al alcanzar un porcentaje de humedad de 16,3 %. En la gráfica 24, la base analizada con su correspondiente combinación tuvo una pérdida de resistencia del 24,3% respecto a la inicial al llegar a un porcentaje de humedad de 9,8 % y una máxima pérdida promedio de la resistencia del 55% al alcanzar un porcentaje de humedad de 16,2 %. En la gráfica 25, la base analizada con su correspondiente combinación tuvo una pérdida de resistencia del 23,4% respecto a la inicial al llegar a un porcentaje de humedad del 10,2% y una máxima pérdida promedio de la resistencia del 46,8% al alcanzar un porcentaje de humedad de 16 %.

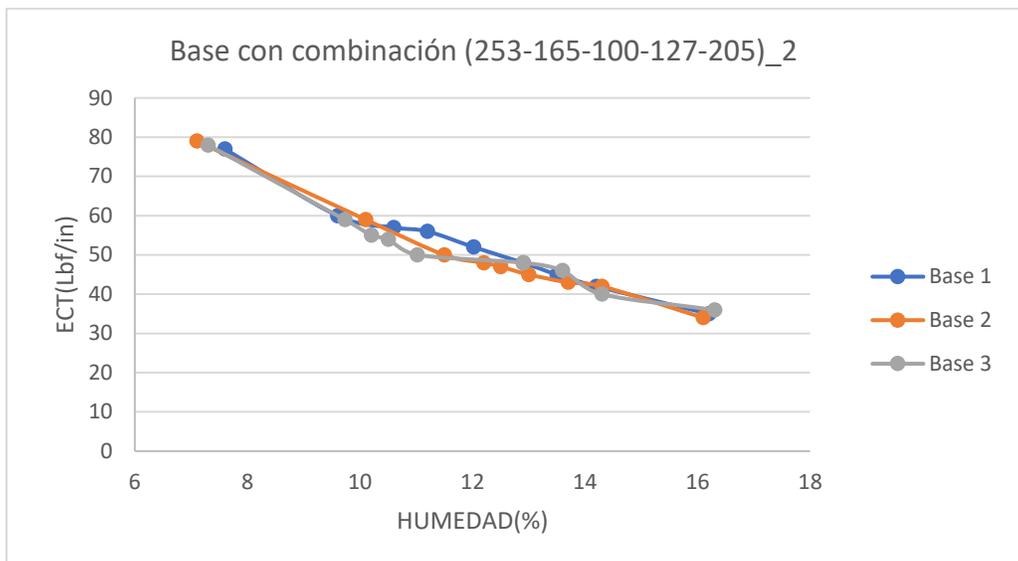
Por consiguiente, de ahí la importancia de medir el porcentaje de humedad en la recepción de las cajas, y también al momento de su uso, puesto que Zhang (2011), en su investigación, dice que solo cuando el contenido de humedad del cartón ondulado se controla al 8-10% se pueden lograr las propiedades mecánicas óptimas del cartón ondulado. Pero, sobre todo, recordemos que este incremento en el porcentaje de humedad será principalmente consecuencia del Cobb del cartón (Rodríguez, 2018), es decir la capacidad de absorción de cada uno de los papeles utilizados para la elaboración de la caja de cartón.



Gráfica 23. Humedad Vs ECT de la combinación 253-127-170-127-253

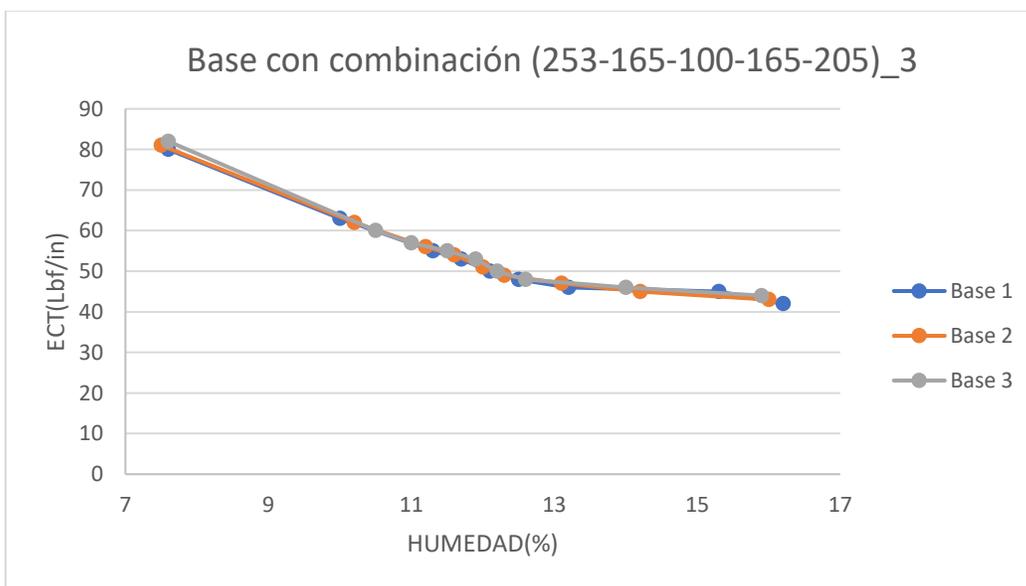
Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...



Gráfica 24. Humedad Vs ECT de la combinación 253-165-100-127-205

Nota Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 25. Humedad Vs ECT de la combinación 253-165-100-165-205

Nota Fuente. Elaboración propia.

Es por esto que Zhang (2011), después de su estudio dedujo que el cartón corrugado es muy sensible a la humedad ambiental porque está compuesto de papel y que a su vez esta influye en el contenido de humedad del cartón ondulado, lo que afecta aún más a otras propiedades del cartón ondulado como la resistencia a la compresión (ECT). Además, Pathare et al. (2016) observó en su

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

investigación una reducción del 47% en la resistencia a la compresión del cartón después de solo dos días de almacenamiento al 90% de HR, al igual que el autor Zhang, quien en el 2011, comprobó que el contenido de humedad de la caja de cartón corrugado aumenta del 7,7% al 16,4%, en la cual la resistencia a la compresión del borde se reduce en un 42,6%, resultados muy similares a la reducción de la resistencia de ECT en las bases, al alcanzar una humedad del cartón promedio de 16,2% y una pérdida de resistencia entre el 44% y 55%.

6.8. Predicción del BCT (Box Compression Test) a través de la fórmula de McKee: Se predijo el BCT a partir del ECT calculado en el numeral 6.7., presentado en la siguiente ecuación:

$$\text{Box compression Test (BCT)} = k_1 * \text{ECT} * \sqrt{h} * z \quad (2)$$

Donde:

K1 = valor de la constante 5.87

h= Calibre de la lámina

z = Perímetro de la caja = 2(L+W)

La fórmula anterior no es más que una previsión teórica de la resistencia de la compresión vertical. Se permite una estimación del valor real practico, y solo se puede aplicar a las cajas de cartón ondulado doble cara.

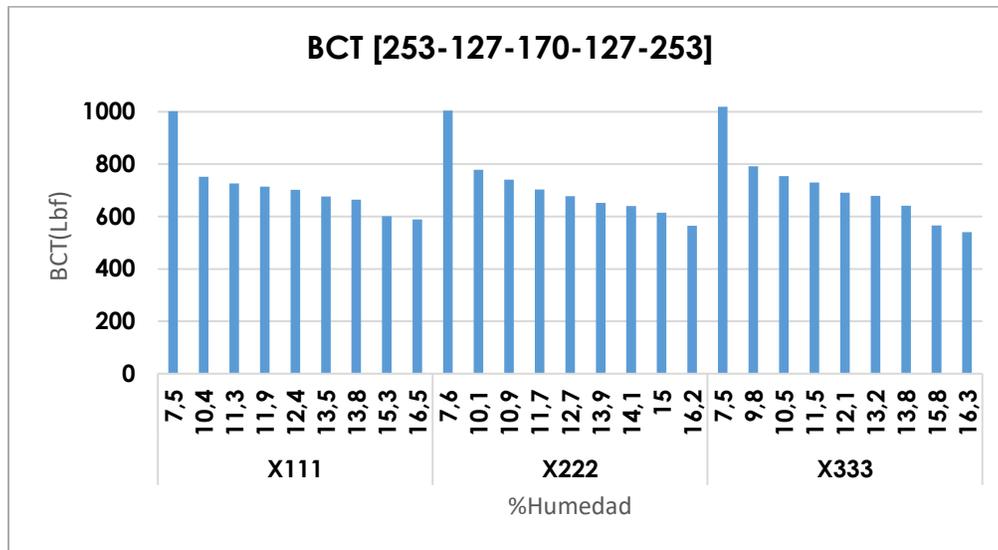
El espesor tiene una repercusión primordial sobre la rigidez o resistencia a la flexión, y por consiguiente a la resistencia al apilamiento. Toda reducción de espesor afecta: una disminución de la resistencia y consecuentemente una disminución del BCT. Dicha reducción de espesor puede llevar incluso a la destrucción parcial o total de la estructura ondulada, cuando éste se deforma, aplasta o dobla.

Es muy importante resaltar y medir la importancia que tiene el aplastamiento en plano (BCT) debido a que no todo el daño que sufre el ondulado es visible y puede acarrear graves consecuencias en la resistencia al apilamiento.

Las gráficas 26, 27 y 28 muestran la resistencia a la compresión en plano a medida que las muestras de bases ganan humedad, sin embargo, la combinación 253-165-100-127-205 evidencia menor indicador BCT. Esto es debido a que los papeles 127 utilizados en la ondulación posee un menor calibre y por ende menor resistencia (ECT).

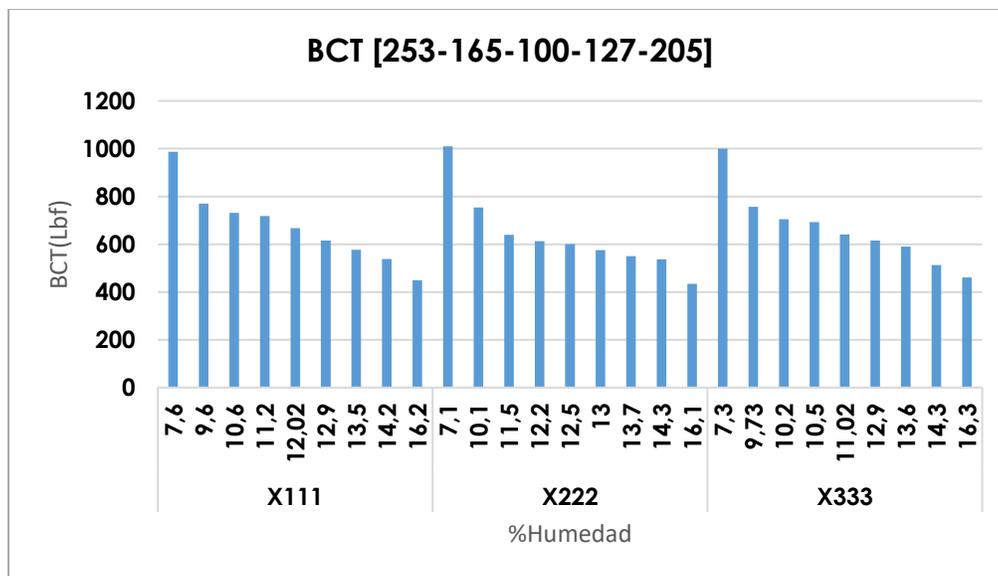
EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

Las combinaciones 253-127-170-127-253 y 253-165-100-165-205 conservan similitud en los indicadores de BCT. Esto es debido a que el calibre de ambas láminas miden alrededor de 6.8 mm; aún teniendo cambios sustanciales en el gramaje de los papeles ondulados.



Gráfica 26. Predicción de BCT [253-127-170-127-253]

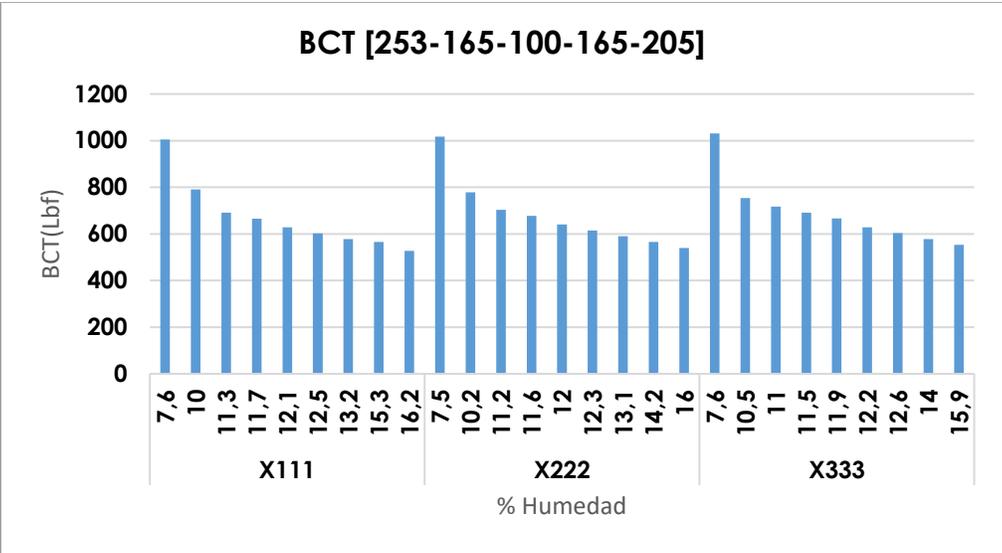
Nota Fuente. Elaboración propia.



Gráfica 27. Predicción de BCT [253-165-100-127-205]

Nota Fuente. Elaboración propia.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...



Gráfica 28. Predicción de BCT [253-165-100-165-205]

Nota Fuente. Elaboración propia.

7 Conclusiones

Se pudo caracterizar los papeles liner y médium de diferentes gramajes en el área de recepción. Se estableció que el peso básico es directamente proporcional al calibre y a su vez a la prueba de gota de agua y numero Cobb. A partir de esto se evidencio que, el papel 205 g/m² KraftLiner blanco de Georgia Pacific presenta menor calibre que los 205 g/m² KraftLiner, esto trae como resultado menor resistencia (ECT y BCT). Sin embargo, el número de Cobb del KraftLiner blanco conserva similitud con los KraftLiner 205 g/m² del molino Georgia Pacific e international Paper.

La resistencia de las láminas testigo (sin acondicionar) respecto a las láminas acondicionadas no tiene una variación considerable en la resistencia de ECT respecto a la ganancia de humedad. Sin embargo, las láminas que fueron acondicionadas presentaron mayor resistencia y menor porcentaje de humedad inicial, debido a que estaban en unas condiciones contraladas. Finalmente, no es necesario acondicionar las láminas puesto que la resistencia es proporcional a la ganancia de humedad, debido a la humedad relativa del área en la que se almacene.

Se pudo evidenciar que las muestras analizadas presentan sensibilidad a la humedad relativa del entorno de prueba (85-90%). Las características de compresión al borde (ECT) son inversamente proporcionales a la ganancia de humedad de las muestras. Bajo las condiciones de almacenamiento y transporte en contenedores (90% HR y 15°C) del producto fresco se puede pronosticar el colapso de algunas cajas si se llegan a humedades mayores a 16,5 % en el embalaje, debido a que la humedad impacta sensiblemente en la resistencia ECT de la tapa en un promedio de 57% para un porcentaje de humedad del 16,6% y un promedio de pérdida de resistencia para la base de 48,6% en un porcentaje de humedad de 16,2%.

Se observo que el calibre está relacionado con la resistencia, debido a que la combinación de papel utilizados para la elaboración de la base: 253-165-100-127-205, presenta menor calibre y mayor pérdida de resistencia en comparación a las otras combinaciones analizadas. Esto indica que la combinación recomendada para fabricar las bases es aquellas que tienen calibres mayor o igual

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

a 6,8 mm y de esta manera prevenir colapsos, puesto que resisten mas y su ganancia de humedad es más lenta.

8 Recomendaciones

Si bien la empresa Corrugados del Darién invierte recursos económicos para garantizar el mejoramiento de sus procesos, generando como resultado la producción de bases y tapas con altos estándares de calidad, por consiguiente, resulta pertinente centrar esta investigación en el análisis de las condiciones de almacenamiento de las cajas en las bodegas del cliente, para identificar la ganancia de humedad y la disminución de ECT por condiciones termohigrómetras no controladas (condiciones climáticas de la zona).

Los procesos logísticos como el transporte de los productos frescos empacados en cajas pueden presentar una actividad antagónica, por lo cual es conveniente realizar un estudio en el que se pueda identificar la variación de la humedad en diferentes tiempos de almacenamiento y los efectos de la manipulación sobre la resistencia.

Los impermeabilizantes son los encargados de evitar que el papel sea afectado por la humedad de una manera considerable, logrando así que la caja no pierda sus propiedades de estabilidad, dureza y resistencia. Por esta razón, es recomendable investigar tipos de impermeabilizantes que permitan mantener estables los valores de ECT, BCT y numero Cobb evitando el colapso de las cajas.

Continuar la evaluación de las diferentes combinaciones de papeles liner y médium que se utilizan actualmente para la fabricación de tapas y bases, permitiendo identificar mejoras en la resistencia real comparándola contra el cálculo una resistencia requerida y disminución de costos y aumento de la productividad a partir de nuevas combinaciones.

Crear una cámara de ripening que permita evaluar la caja completa, es decir las diferentes combinaciones de papeles utilizadas para la creación de tapas y bases, a condiciones de almacenamiento de la fruta en contenedores, para de esta manera evaluar los efectos de la humedad en la resistencia del embalaje con sus dos componentes(tapas y bases).

Referencias

Alberto Uilises (2017), mexicana, N., La, D. D. E., Fuerzas, R. A., BCT, C., & Prueba, M. D. E. Secretaría de economía.

ANGARITA M., J. D.; DÍAZ D., D. I.; LOZANO U.(2008), L. A., RECICLADO, F. D. P. A. (Elaeis guineensis) P. M. L. P. M. D. C., & Revista ION, vol. 22, núm. 1, junio, 2008, pp. 63-71 Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, C. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342030280007>.

Arévalo (2017). Diseño mecánico de planta para elaboración de cajas de cartón corrugado, para la compañía central de empaques y corrugados S.A.S. Universidad piloto de Colombia.

Aurelio Saenz. (2014). Sistema de control en el proceso de fabricación de empaques de cartón corrugado., 3(2), 1-46. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3001_IN.pdf

Bartolome, P. (n.d.). Proyecto final de ingeniería industrial Modernización de una línea de corrugado. Recuperado de: <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/201/MODERNIZACI%C3%93N%20DE%20UNA%20LINEA%20DE%20CORRUGADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campany, 2018. Packaging & printing paper- Recuperado de: file:///D:/Proyecto/Recurso%20bibliografico/Cat_Campany_New_VF.pdf

Condori, D. (2010). Evaluación de las propiedades físicas químicas y ópticas del papel tipo glassine obtenido a partir de fibras de totora . 97. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3365/Condori_Quispe_David.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Heckman, J. J., Pinto, R., & Savelyev, P. A. (1967). Manual de elaboración del cartón ondulado. Recuperado de: http://afco.atrenza.es/Documentacion/Manual_Carton_Ondulado.pdf

ILLA, I. E. T. I. (2008). Sistema impresión flexográfica. Recuperado de: http://www.geocities.ws/imma_font/m1c8/flexografia.pdf

IMPEE, 2013. Método de análisis de material de envase y embalaje. instituto mexicano de profesionales en envase y embalaje, S. C. Recuperado de: <https://www.impee.mx/pruebadelaboratorio/P%20LIBROS/COBB.pdf>

INEN (2013). Norma técnica ecuatoriana. Determinación de la absorción encolados (ensayo de Cobb).

Isabel, E., & Álvarez, C. (2019). Aproximación a las posibilidades técnicas de los papeles sintéticos de nueva generación.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

LICONSA (2014). *Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos Elaborados por Liconsa, Normas de Calidad para Cajas y Separador de Cartón Corrugado.*

Márquez (2001); Guía Empaque I: Papeles y Cartones, Instituto de Diseño de Valencia.

Martínez Sartorius, I. (2009). Cartón corrugado pruebas a producto terminado. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

Pathare et al. (2016). Cambios en el contenido de humedad y la resistencia a la compresión durante el almacenamiento de envases corrugados ventilados utilizados para manipular manzanas. Pg. 1-6.

Pazos. (2002). Desarrollo de mejoras para la reducción del desperdicio generado en la máquina corrugadora de una empresa productora de empaques de cartón. Universidad Católica Andrés Bello.

Pérez, M., Raya, G., & Romero, E. (2016). Producción de. *Agro ciencia*, 107–118. Recuperado de: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/1577/PROYECTO%20PRODUCCION%20DE%20CAJAS%20DE%20CARTON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ProCartón. (2002). *Papier Und Druck*, 108(12), 18–20. Recuperado de: <https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2014/08/glossaryspanish1.pdf>

Rahmawati, F. L. (2009). Diseño del controlador de temperatura sobre el papel liner al ingreso del single y double glue machine en empaques industriales colombianos S.A. Universidad Autónoma de Occidente.

Ramírez & Jiménez, J. L. (2016). Utilización de normas de papel y cartón (TAPPI) para el proceso de fabricación de cajas plegadizas en una empresa litográfica. <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>

Rodriguez, J. (2018). ¿Cuál es el efecto de la humedad en la resistencia ECT y BCT de las cajas de cartón corrugado? *El empaque + Conversión*. Pg. 2-3.

Rolando, M., & Vásquez, S. (2004). Control de calidad aplicado a la industria de cajas comerciales de cartón.

STAGNARO, R. (2007). *Cajas De Cartón Corrugado*. 67. <https://repositorio.promperu.gob.pe/handle/123456789/2970>

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

TAPPI. (2018). *TAPPI/ANSI Test Method T 401 om-15 - Fiber analysis of paper and paperboard* (Issue January).

Xerox (1967). Guía de utilización de materiales para color. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Zhang, Y. L., Chen, J., Wu, Y., & Sun, J. (2011). Analysis on hazard factors of the use of corrugated carton in packaging low-temperature yogurt during logistics. *Procedia Environmental Sciences*, 10(PART B), 968–973.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO...

Anexos

Anexo 1. Formato No.1 (Caracterización de papeles médium)

CARACTERIZACIÓN DE PAPEL MEDIUM						
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO DE ROLLO	PESO BASICO	CALIBRE	% DE HUMEDAD	Gota de agua
(g/m ²)			(g/m ²)	mm		Segundos
Promedio						

Anexo 2. Formato No.2 (Caracterización de papeles liner).

CARACTERIZACIÓN DE PAPEL LINER							
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO	PESO BASICO	CALIBRE	%DE HUMEDAD	NUMERO COBB(g/m2)	
g/m2		ROLLOS	(g/m2)	mm		LISO	MALLA
Promedio							

Anexo 3. Promedio de caracterización de papeles liner

GRAMAJE	MOLINO	NUMERO	PESO BASICO	CALIBRE	%DE HUMEDAD	NUMERO COBB(g/m2)	
g/m2		ROLLOS	(g/m2)	mm		LISO	MALLA
100	INTERNATIONAL	N50L30043C	103	0,13	7,6	38	42
		N50L30034C	98	0,13	8	38	39
		N50L30032B	103	0,13	8,2	38	41
100	INTERNATIONAL PAPER	N50L13061A	103	0,11	7.8	53	51
		N50L13073A	103	0,11	7.4	52	43

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

		N50L13063A	103	0,11	7.9	57	47
100	INTERNATIONAL PAPER	N51B22022B	108	0,13	8,1	35	39
		N51C13123B	103	0,13	8,4	44	41
		N51C13131B	103	0,13	8,4	38	37
Promedio			103	0,12	8,1	44	42
Análisis de papel Liner							
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO	PESO BASICO	CALIBRE	%DE HUMEDAD	NUMERO COBB(g/m2)	
		ROLLOS	(g/m2)	mm		LISO	MALLA
170	INTERNATIONAL PAPER	N51C03344Z	170	0,22	8,4	42	43
		N51C03342Z	170	0,23	8	43	40
		N51C03331Z	170	0,22	8,5	41	39
170	INTERNATIONAL PAPER	N51C03343A	170	0,23	9	39	42
		N51C03342C	170	0,22	9,4	42	44
		N51C03333A	170	0,23	9,2	40	42
Promedio			170	0,23	8,8	41	42
Análisis de papel Liner							
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO	PESO BASICO	CALIBRE	%DE HUME	NUMERO COBB(g/m2)	
		ROLLOS	(g/m2)	E mm	DAD	LISO	MALLA
205	INTERNATIONAL	P20L30103Z	202	0,3	8,1	38	39
		P20M01144Z	202	0,3	8	37	40
		P20L30124Z	207	0,3	8,2	35	38
		P20L30105Z	207	0,3	8,2	39	40
		P20L30073Z	207	0,3	8,3	38	43
205	INTERNATIONAL	P10M16282Z	196	0,26	8,1	36	38
		P10M16293Z	191	0,26	8,2	35	39
		P10M16281Z	202	0,26	8,4	32	41
Promedio			202	0,29	8,2	36	40
205	GEORGIA PACIFIC	GP321C13112B	202	0,3	8,1	38	40
		GP321C13121B	212	0,3	8,2	37	38
		GP321C13115B	202	0,3	8,5	39	40
205	GEORGIA PACIFIC	GP321C13113B	202	0,3	8,3	40	39
		GP321C213115A	202	0,31	8,5	38	39
		GP321C13103B	212	0,3	8,1	39	39
Promedio			205	0,30	8,3	39	39
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO	PESO BASICO	CALIBRE	%DE HUMEDAD	NUMERO COBB(g/m2)	
		ROLLOS	(g/m2)	mm		LISO	MALLA
253	INTERNATIONAL	PA1A081728	248	0,37	7,6	39	44

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

		PA1A08334C	248	0,36	7,6	40	46
		PA107371C	243	0,35	7,8	39	43
253	INTERNATIONAL	PA1CO9241C	254	0,35	7,6	39	43
		PA1CO9241B	258	0,36	8,4	38	42
		PA1A25311C	253	0,36	8	37	40
Promedio			251	0,36	7,8	39	43

Anexo 4. Promedio de caracterización de papeles medium

Análisis de papel Medium						
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO DE ROLLO	PESO BASICO	CALIBRE	% DE	Gota de agua
(g/m ²)			(g/m ²)	mm	HUMEDAD	Segundos
127	Billerud Korsnäs	70283817291896	134	0.19	8.5	5
		70283805891896	134	0.2	8	7
		70283816091896	129	0.19	8.3	6
127	Billerud Korsnäs	70285457191896	124	0,2	8	5
		7028546129896	129	0,2	8	5
		70285461491896	124	0,2	8,1	5
Promedio			129	0,20	8,0	6
Análisis de papel medium						
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO DE ROLLO	PESO BASICO	CALIBRE	% DE	Gota de agua
(g/m ²)			(g/m ²)	mm	HUMEDAD	Segundos
165	BillerudKorsnäs	70285890591896	165	0,27	7,8	8
		70285890191896	170	0,27	7,8	8
		70285886191896	170	0,27	8	7
165	BillerudKorsnäs	70272855291896	165	0,26	8,1	6
		70292863491896	165	0,26	8	6
		70292872691896	165	0,26	8	7
Promedio			167	0,27	8,0	7
Análisis de papel medium						
GRAMAJE	MOLINO	NUMERO DE ROLLO	PESO BASICO	CALIBRE	% DE	Gota de agua
(g/m ²)			(g/m ²)	mm	HUMEDAD	Segundos
175	STORAENSO	101080	176	0,26	7,7	6
		101053	176	0,25	7,4	6
		101044	176	0,25	7,6	6

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA DEL CARTÓN ONDULADO....

175	STORAENSO	125193	176	0,25	7,7	9
		125169	181	0,24	8	7
		125166	181	0,24	8	7
Promedio			178	0,25	7,7	7