

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TENSION Y
FLEXIÓN DE UN MATERIAL ELABORADO DE: RESIDUO DE CUERO-RESINA
DE POLURIETANO (SIGUIENDO LA NTC595 Y NTC3201)

AUTORES:

DAVID ALEJANDRO GARCÍA CÁRDENAS

LUIS FERNANDO MORALES MARTIN

TUTOR ING. LUIS ERNESTO ALFÉREZ RIVAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TECNOLOGÍA MECÁNICA / INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ, COLOMBIA

MARZO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

Un largo camino recorrido en la facultad tecnológica de la universidad distrital que nos abrió sus puertas y nos alimentó cada día con sus conocimientos, hasta traernos aquí a la culminación de una etapa de nuestras vidas; en la que nuestras madres María Luisa Martín y María Helena Cárdenas han sido testigos del sacrificio y la dedicación que hemos puesto en este trabajo de grado, donde nos han brindado su tiempo, compañía y amor, alimentando nuestros ánimos día a día para jamás desfallecer. También un especial agradecimiento a Leidy Caterine Gómez García, por su orientación en el momento de escribir la presente investigación.

Gracias al acueducto de Bogotá y a la dirección de suelos y subsuelos por permitirnos indagar en los asuntos correspondientes a este trabajo, ya que sin ello hubiese sido imposible avanzar en la investigación de los casos de sellamiento de las curtiembres del barrio San Benito y no hubiera sido posible identificar la problemática que nos condujo a ofrecer una solución para la misma.

Gracias a Luis Ernesto Alférez Rivas por su orientación y acompañamiento incondicional en nuestra formación como tecnólogos integrales y morales, conduciéndonos hacía el fin de este proceso, que, aunque no fue fácil nos deja grandes satisfacciones para continuar.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
1.INTRODUCCIÓN.....	12
2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3.OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. JUSTIFICACIÓN.....	17
5. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	18
5.1. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS.....	18
5.1.1. PRENSADO PLANO.....	18
5.1.2. ADHESIVO TERMOENDURECIBLE.....	18
5.2. TIPOS DE MATRIZ.....	18
5.2.1. MATRIZ CERÁMICA.....	18
5.2.2. MATRIZ METÁLICA.....	18
5.2.3. MATRIZ POLIMÉRICA.....	18
5.3. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS	19
5.3.1. ELASTÓMEROS.....	19
5.3.2. TERMOESTABLES.....	19
5.3.3. TERMOPLÁSTICOS.....	19
5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS TERMOESTABLES.....	19
5.4.1. RESINAS FENÓLICAS.....	19
5.4.2. RESINAS UREICAS.....	19
5.4.3. RESINAS DE MELAMINA.....	19

5.4.4. RESINAS POLIÉSTER.....	20
5.4.5. RESINAS EPOXIDICAS.....	20
5.5. CLASIFICACION DE DESECHOS DE LAS CURTIEMBRES.....	20
5.5.1. PELAMBRE.....	20
5.5.2. RETIRO DE CEBO (CARNAZAS, TROZOS DE CARNE Y GRASA ADHERIDOS AL CUERO.....	20
5.5.3. RECORTE DE PARTES CORRESPONDIENTES A CABEZA, COLA Y EXTREMIDADES.....	20
5.5.4. CURTIDO Y REBAJADO (VIRUTA DE CUERO.....	21
5.5.5. DESCARTES (RETAZOS DE MATERIAL NO USADO.....	21
5.6. ANTECEDENTES.....	22
6. MARCO NORMATIVO.....	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
7.1. DENSIDAD DEL MATERIAL.....	24
7.2. OBTENCION MATERIAL PARTICULADO.....	24
7.2.1. TRATAMIENTO DEL ASERRIN DE CUERO.....	25
7.3. OBTENCION DEL AGLUTINANTE.....	25
8. ENSAYOS MECÁNICOS.....	26
8.1. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS.....	26
8.1.1. MATERIAL BASE (VIRUTA).....	26
8.1.2. MOLDES O PLANTILLAS.....	27
8.2. MEZCLA 50/50.....	30
8.3. MEZCLA 90/10.....	30
8.4. ENSAYO DE TENSIÓN.....	31
8.4.1. ESFUERZO ÚLTIMO A LA TRACCIÓN	32
8.4.2. PORCENTAJE DE ELONGACIÓN.....	32

8.4.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	32
8.4.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	33
8.5. ENSAYO DE FLEXIÓN.....	33
8.5.1. PROBETAS DESCARTADAS.....	35
8.5.2. ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN	36
9. RESULTADOS.....	38
9.1. ENSAYO TENSIÓN.....	38
9.2. ENSAYO FLEXIÓN.....	41
10. CONCLUSIONES.....	45
11. RECOMEDACIONES.....	46
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
13. ANEXOS.....	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla (1). Densidad real material.....	24
Tabla (2). densidad teórica material	25
Tabla (3). porcentaje de porosidad	25
Tabla (4). Fracción Volumétrica.....	26
Tabla (5). distribuciones volumétricas.....	28
Tabla (6). ficha técnica Hidropul 500.....	28
Tabla (7). Valores de volumen mezcla utilizados para flexión.....	37
Tabla (8). Propiedades a tensión de la mezcla 60/40.....	41
Tabla (9). propiedades a tensión de la mezcla 70/30.....	41
Tabla (10) Propiedades a tensión de la mezcla 80/20.....	42
Tabla (11) comparativa de la propiedad resistencia a la tracción.....	42
Tabla (12) módulo de elasticidad mezcla 80/20.....	43
Tabla (13) módulo de elasticidad mezcla 60/40.....	43
Tabla (14) módulo de elasticidad mezcla 70/30.....	43

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación (1). DENSIDAD TEORICA.....	25
Ecuación (2). REGLA DE LA MEZCLAS.....	25
Ecuación (3). FRACCION VOLUMETRICA CUERO.....	26
Ecuación (4). FRACCION VOLUMETRICA RESINA.....	26
Ecuación (5). FRACCION VOLUMETRICA POROSIDAD.....	26
Ecuación (6). ESFUERZO ÚLTIMO A LA TRACCIÓN.....	32
Ecuación (7). PORCENTAJE DE ELONGACIÓN.....	32
Ecuación (8). MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	32
Ecuación (9). DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	33
Ecuación (10). ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN.....	36

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica (1) comparativo mezclas 60/40 70/30 80/20 ensayo de flexión.....	37
Grafica (2) Esfuerzo deformación para mezcla 60/40.....	38
Grafica (3) esfuerzo deformación para mezcla 70/30	39
Grafica (4) Esfuerzo deformación mezcla 80/20	40
Gráfica (5) flexión 80/20.....	41
Gráfica (6) flexión 60/40	42
Gráfica (7) flexión 70/30	43

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen (1) Probeta de densidad.....	24
Imagen (2) Presentación final aserrín de cuero.	25
Imagen (3) Tipos de probetas según NTC 595.....	28
Imagen (4) Molde de tensión.....	29
Imagen (5) Moldes bajo presión ejercida por tornillos.....	29
Imagen (6) Probetas dispuestas para el secado.....	30
Imagen (7) Comparación de rigidez de una mezcla 50/50 vs 70/30.....	30
Imagen (8) Mezcla 90/10 al ser manipulada.....	31
Imagen (9) Dimensiones probeta flexión.....	34
Imagen (10) Desmoldeo probetas flexión.....	34
Imagen (11) Probetas flexión.....	35
Imagen (12) Probetas descartadas.....	36

ANEXOS

1. NTC 3201
2. NTC595
3. Respuesta del sistema distrital de quejas y soluciones (SDQS)
4. CD (Datos, cálculos y gráficos de laboratorios en EXEL)

RESUMEN

Debido al histórico problema medio ambiental que se origina por el proceso de curtición en el barrio San Benito Ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar al sur de la capital de Colombia, se produjo el deseo de mediar desde nuestro campo de conocimiento, la Ingeniería Mecánica, para ayudar a dar una solución factible al manejo de los desechos sólidos producto de esta actividad industrial, a pesar de que nuestro campo de estudio no tiene un involucramiento directo con la problemática medioambiental no somos ajenos a la modernización de todos los campos del conocimiento que en un futuro cercano deben estar encaminados a reducir la afectación al ambiente producto de la actividad humana, por esto nos propusimos solventar una de las principales problemáticas presentadas en el barrio san Benito, como lo es, el desecho de materia solida orgánica, que a pesar de los controles por parte de entidades gubernamentales terminan contaminando los cauces del rio Tunjuelito, el presente trabajo de grado busca mostrar las propiedades mecánicas encontradas en parte del material solido desechado por la industria curtidora y su posible aprovechamiento en el campo de la ingeniería.

Palabras Clave:

Aglutinante-catalizador-mezcla volumétrica-recurso hídrico

1. INTRODUCCION

El presente documento contiene once (13) capítulos, dentro en los cuales se describe el proceso investigativo por el cual se determinó la mezcla ideal de un desecho específico (aserrín de cuero), del proceso industrial de curtición en el barrio San Benito con resina, en el cual a mediados de los años 1930 se fundaron las primeras curtiembres artesanales por parte de campesinos de Villa Pinzón, que empezaron a formar sus vidas a la orillas del río Tunjuelo para tratar el cuero de manera muy rudimentaria, ya para los años 1970 se había establecido el barrio conocido como San Benito, además ya empezaban a aparecer las primeras curtiembres tecnificadas en el sector. Debido a esta modernización en la producción del cuero como producto industrializado, se ocasionó un aumento en el nivel de desechos generando un impacto ambiental al cauce del río Tunjuelo, esto sumado a la constante presión social por parte de los pobladores y algunos estudios realizados en el sector, conllevó a las autoridades a poner manos en el asunto después de cuarenta (40) años de permisividad, lo que originó que a la fecha de hoy de las casi 400 curtiembres, cerca de 280 hayan sido cerradas en el año 2016 (Datos tomados de corazón de cuero artículo El Espectador) y además de ello, en su gran mayoría se encuentra operando en clandestinidad, evadiendo así el control de las autoridades sanitarias.

Tras realizar trabajo de campo en el sector afectado por los desechos de la curtición, pudimos observar la alta afectación al ecosistema de la ronda del río Tunjuelo, el cual se encuentra llena de escombros y lonas con material orgánico, principalmente el cuero, producidos a causa de la actividad industrial del sector. Durante nuestra permanencia en la zona, algunos pobladores nos comunicaron su preocupación e inconformidad frente a la presencia constante de malos olores, por efecto de la actividad industrial del área, debido a esto, los habitantes manifestaron también, daños a su salud y presencia de plagas, todo esto yendo en aumento, a pesar de los controles gestados por el ministerio de ambiente en concurso con la alcaldía local de Ciudad Bolívar. A causa de ello decidimos comunicarnos con el ministerio de ambiente por medio del sistema distrital de quejas y soluciones (SDQS) en donde radicamos un derecho de petición solicitando la información detallada, que explicara las razones por las cuales, los locales ubicados en la zona y dedicados al procesamiento del cuero, habían sido sellados dejando casi a 15,000 personas sin empleo. Después de recibir la pronta respuesta por parte de la Subdirección del Recurso Hídrico y del suelo (ver anexo 4.), nos sentimos en la obligación de involucrarnos más a fondo con este tema y determinar una posible solución a por lo menos uno de los problemas presentes en este barrio que recorre el cauce del río Tunjuelo.

Es por esto que la presente investigación busca utilizar el desecho conocido como “aserrín de cuero” que junto con un resina de poliuretano soluble en agua a la cual se le determinara sus propiedades mecánicas a tensión y flexión, buscando obtener la mejor mezcla entre residuo-aglutinante siguiendo la norma NTC 595 y NTC 3201, esto teniendo en cuenta que conserva todas las propiedades del cuero, ya que solo es hasta el final del proceso que es retirado y considerado un “desecho” no aprovechable, para esto debimos cuestionarnos qué propiedades mecánicas podría aportar el cuero a la generación de un material con finalidades diferentes a las que comúnmente se le da al mismo, es así que decidimos analizar sucintamente en qué productos terminaba haciendo parte y cuáles eran sus aportes, encontrando que probablemente sea un material resistente a la tensión altamente flexible, debido a que soporta grandes cargas antes de llegar a su punto de fluencia o inicio de la deformación plástica, debido a esto es altamente usado en la industria del calzado, cojinería automotriz, tapicería. Esto nos permitió evidenciar que 1) no es un material muy tenaz, debido que al momento de aplicar carga de tracción o tensión (dos fuerza aplicadas en sentido contrario) inmediatamente después de presentar deformaciones plásticas súbitamente se rasga, 2) es conocido por ser un material vagamente resistente a la penetración en comparación con otras fibras de origen animal, y por lo tanto, es comúnmente usado en balones para diferentes deportes, incluso hace parte de la generación de chalecos antibalas hechos con varias capas de cuero, reforzados con una lámina de material metálico o cerámico, de ahí que consideramos que el material que generaremos tendrá un valor relevante de dureza y 3) el cuero es un aislante térmico mundialmente conocido, tanto así que su principal uso está en la industria textil en implementos de ropa para el invierno, lo cual no hace necesario en estanterías o paredes de contenedores de camiones que necesiten regular su temperatura.

Como ya se había mencionado, el cuero puede tener propiedades muy aprovechables en el mundo de la mecánica, pero, ¿Se podría crear un material aprovechable?, para responder a esta pregunta eficazmente, decidimos iniciar los respectivos ensayos mecánicos para determinar sus propiedades a tensión, compresión y flexión para iniciar con los ensayos se tuvieron que crear varios prototipos del material, lo cual consistió básicamente en diferentes tipos de gránulos que se obtuvieron a su vez de diferentes tipos de residuos, que se calificaron por su volumen de mezcla (residuo-resina) y su composición llámese pura (un solo residuo) o mixta (más de un residuo).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad industrial llevada a cabo en el sector de San Benito ha llevado a más de 70 años de contaminación constante al afluente del río Tunjuelo, según datos (de la universidad del bosque, en su artículo: "DISEÑO DEL MANUAL TÉCNICO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE CURTIDO") por cada 100 pieles saladas (2820 kg) que son transformadas en cuero, se requieren cerca de 980 kg de diferentes insumos químicos, que al final por procesos de lavado terminan en los desagües y finalmente en el afluente del río. Esto ha provocado una fuerte afectación a la comunidad que habita el sector, según una caracterización del Ministerio de Protección Social hecha en 2009 en el barrio, el 31 % de las viviendas reportaba presencia de arañas y el 27 % de "roedores plaga" a pesar de que en el sector ninguna industria cuenta o podría contar con un permiso de vertimientos no residenciales por encontrarse en un corredor ecológico.

Artículo 103. Corredores Ecológicos.

El régimen de usos de los corredores ecológicos, conforme a su categoría, es el siguiente:

1. Corredores Ecológicos de Ronda: a. En la zona de manejo y preservación ambiental: Arborización urbana, protección de avifauna, ciclo rutas, alamedas y recreación pasiva. b. En la ronda hidráulica: forestal protector y obras de manejo hidráulico y sanitario.

2. Corredor Ecológico de Borde: usos forestales.

(Decreto 190, 2004, art. 103)

Las más de doscientas (200) curtiembres inscritas ante la dirección del recurso hídrico y las cerca de cien (100) que funcionan de manera clandestina vierten un total de: 98 Toneladas de sal, 210 Toneladas de Sebo Predescarne, 66 Toneladas Hunche, 133 Toneladas Residuos de Pelambre, 111 Toneladas de Recortes, 434 Toneladas de Viruta de Cuero al año, estos dos últimos siendo los desechos más numerosos son el objetivo de estudio de la presente investigación.

Estos desechos (viruta de cuero y recortes) son los mayores generadores de desechos sólidos y desarrollo de sedimentos en el cauce del río, además de esto son el motivo por el que las rejillas de las aguas lluvias y alcantarillado se tapan, produciendo inundaciones que han puesto el ojo de la ciudad en San Benito, como la ocurrida el 15 de mayo de 1996 donde el barrio se inundó por completo dejando pérdidas al sector curtidor de cerca de 1500 millones de pesos en aquel entonces.

Así, para la mitigación de esta problemática se generaron dos obras muy importantes en el sector, una realizada en 2008 y la otra aún se encuentra en etapa de estudios:

1. La ampliación de la ronda del río desde el sector de Yomasa en Usme hasta el Tunal en la localidad de Kennedy.

2. El Parque Ecoeficiente de San Benito (PIESB CONVENIO 079 DE 2007 SECRETARÍA DE AMBIENTE) con el que se busca tratar las 19,834 toneladas de residuos sólidos que se producen al año, vale la pena aclarar que esta obra solo cuenta con diseños de viabilidad y factibilidad y solo se han hecho unas obras provisionales de adecuación del alcantarillado donde concluyen las curtiembres más tecnificadas.

A estas medidas por parte de la administración local se le suma las iniciativas empresariales que buscan asociar a las pequeñas curtiembres para que tecnifiquen sus procesos, adquieran y utilicen trampas de grasa para retener los metales pesados adicionados durante el proceso de generación del cuero; también se manifiesta por parte de los empresarios que la reutilización de los desechos ha tomado fuerza de importancia en los últimos años en el sector de San Benito, pues exponen que estos desechos actualmente se están vendiendo a empresas productoras de aceites y jabón, pero es tanta la producción de desechos sólidos que no hay manera de que puedan vender y sacarle provecho al 100% del material sólido desechado, de la misma manera declara un trabajador del sector que se está recurriendo a vender este producto a los “decomisos” centros de recolección de material orgánico en descomposición para producción de vitaminas, ubicados en el frigorífico de Guadalupe, sin embargo, el precio de compra es tan bajo (cerca de 125 pesos en kilogramo) que muchas veces la labor de almacenar este material ocupa recursos que superan lo obtenido por su venta a dichos “decomisos”, lo que finalmente termina ocurriendo es que gran parte del material en descomposición es arrojado a las calles y a la ronda del río Tunjuelo.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, el presente proyecto busca responder a la pregunta: ***¿Los desechos sólidos (secos, aserrín de cuero), producto del proceso de curtido, podrían ser reutilizados como un material estructural?***

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las propiedades mecánicas del material compuesto de aserrín de cuero y aglutinante mediante de ensayo de tensión y flexión siguiendo las normas NTC 595, NTC 3201.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

3.2.1. Establecer un precedente para futuros estudios del residuo.

3.2.2. Establecer y analizar las propiedades mecánicas según la norma NTC 595 y NTC 3201 para materiales compuestos.

3.2.3. Establecer posibles aplicaciones a partir de los datos obtenidos.

4. JUSTIFICACIÓN

En torno a toda la problemática medioambiental que ha generado la industria del cuero en el sector de San Benito, el gobierno local en concurso con el ministerio de ambiente diseñó en conjunto con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas la “Guía para la gestión y manejo integral de residuos industria de Curtiembres y Tenerías”:

Esta guía pretende ofrecer un modelo de gestión que permita a los diferentes actores asumir la responsabilidad que tienen frente a la generación y gestión adecuada de los residuos, por una parte brinda a los generadores orientación para formular el Plan de Manejo de Residuos y su posterior implementación, por otra los gestores pueden ver oportunidades de negocio en el tratamiento, aprovechamiento o disposición final adecuada de las diferentes corrientes generadas por los procesos productivos, y a la comunidad en general le ofrece conocimientos básicos para reconocer la gestión de las empresas presentes en su entorno y convertirse en veedores de la misma. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010, p. 12).

Además, también plantea todos los parámetros legales por los que la actividad en la actualidad no es, ni medioambientalmente, ni legalmente sostenible.

En concordancia la principal razón que nos motiva a realizar esta investigación es contribuir de manera directa, a dar manejo a los desechos, pensando en una posible reutilización, para esto se busca determinar las propiedades mecánicas del desecho conocido como “aserrín de cuero”, el cual no es un directo contaminante del río Tunjuelo, pero es el más aprovechable y tiene bastante volumen de salida, esto se evidencio en el trabajo de campo pertinente, pero, no se anexarán fotos debido a el difícil acceso que se presentó en el momento de la investigación.

5. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

5.1. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

Para la mayoría de procesos de obtención de materiales compuestos se emplean principalmente los del conformado de polímeros ya que este material tiene mayor porcentaje en peso respecto a las fibras (DARE, 1987).

5.1.1. Prensado plano: Presión de fabricación que se aplica perpendicularmente al plano de las caras y la longitud de las partículas se sitúa preferentemente paralela al plano del material.

5.1.2. Adhesivo termoendurecible: solidifican cuando se calientan, ejemplos: úreaformaldehído, fenol formaldehido, melamina.

5.2. TIPOS DE MATRIZ

Dentro de las diferentes clasificaciones para las matrices utilizadas para la conformación de materiales compuestos se encuentra una clasificación por su tipo de material, de la siguiente manera.

5.2.1. Matriz cerámica: baja tenacidad y alta resistencia a la temperatura.

5.2.2. Matriz metálica: alta resistencia a compresión y tensión con baja resistencia a la corrosión.

5.2.3. Matriz polimérica: resistente a la corrosión y a los agentes químicos.

Dado que el proyecto se enfoca en material compuesto a partir de matriz polimérica nos focalizaremos en la clasificación de los polímeros más utilizados en las matrices.

5.3. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

Dentro de las diversas clasificaciones de los polímeros se abordará la clasificación de acuerdo a su comportamiento térmico, ya que de ese comportamiento depende la selección del proceso de obtención del material compuesto.

5.3.1. ELASTÓMEROS: Tienen una temperatura de transición vítrea baja por lo que son quebradizos muy fácilmente a esta temperatura, son polímeros infusibles e insolubles como por ejemplo el caucho nitrilo, caucho estireno o el poli butadieno.

5.3.2. TERMOESTABLES: No son fundibles ya que con el aumento de temperatura ocurre una degradación química llamada carbonización, como, por ejemplo, las resinas vinilester, poliéster, epoxi, fenólicas entre otras.

5.3.3. TERMOPLÁSTICOS: Los termoplásticos son polímero que con una determinada temperatura pasan a una fase líquida, permitiendo que se le pueda moldear y posteriormente Cuando su temperatura este por debajo de los 40°C, se solidifique y mantenga su forma, ejemplo de estos materiales son el polipropileno, polietileno, poliuretano o los policarbonatos. Para el caso de la caracterización del material la matriz a ser seleccionada será la resina poliéster termoestable.

5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS TERMOESTABLES

5.4.1. RESINAS FENÓLICAS: Utilizadas principalmente en los tableros de los circuitos eléctricos un ejemplo de este material es la baquelita, la resistencia a tracción varía entre 25 a 50 MPa y tiene una resistencia térmica de 200°C antes de degradarse.

5.4.2. RESINAS UREICAS: Es una resina transparente, tenaz y dura, utilizadas generalmente para barnices y revestimientos de partes de automóvil, su resistencia a tracción esta entre 30 y 50 MPa y resistencia térmica de 130°C.

5.4.3. RESINAS DE MELAMINA: Usada para revestimientos de cocina pintura y goma de borrador

5.4.4. RESINAS POLIÉSTER: Las resinas de poliéster son líquidas a temperatura ambiente y pueden ser llevadas a estado sólido, en el caso de las resinas pre-aceleradas, por la adición de un catalizador; y para resinas no pre-aceleradas un acelerador y un catalizador, estas resinas pueden resistir a tensión entre 50 y 500 MPa y una temperatura de 220°C.

5.4.5. RESINAS EPOXIDICAS: Utilizada como adhesivos en construcción de automóviles, industria de calzado y contrachapados de PVC, como los poliuretanos o acrílicos y para protección de corrosión en los metales, esta es la resina de mayor costo dentro de las resinas termoestables

5.5. CLASIFICACION DE DESECHOS DE LAS CURTIEMBRES: Actualmente en las diferentes industrias la producción de cuero en grandes volúmenes se ha facilitado gracias a la tecnología, pero, la cantidad de residuos que se generan son proporcionales a estas cantidades de realización. En Colombia la industria del cuero es una de las que ha sufrido esta evolución tecnológica, sin embargo, sus desechos son un tema que no se maneja con el cuidado que debería, estos desechos son:

5.5.1. PELAMBRE: Proceso de depilación o retiro de la epidermis y su recubrimiento de pelos. Problemática (Alto consumo de agua), debido a la quema de material orgánico se expide material contaminante CO₂ a la atmósfera. Descartamos una posible utilización de este residuo debido a que el material base del pelo se trata de queratina, la cual no tiene las propiedades mecánicas deseadas.

5.5.2. RETIRO DE CEBO (CARNAZAS, TROZOS DE CARNE Y GRASA ADHERIDOS AL CUERO): Es un tejido principalmente compuesto por grasa animal, que se quema o se vende a diferentes industrias, sin embargo, su uso es muy reducido, de tal modo que se genera un residuo del cual no se tiene ningún aprovechamiento mecánico, por lo tanto, se descarta cualquier tipo de aplicación.

5.5.3. RECORTE DE PARTES CORRESPONDIENTES A CABEZA, COLA Y EXTREMIDADES: Estas partes de material orgánico ya están dispuestas para el rebajado, pero debido a que la forma y contextura no son las que se desean en el material (cuero) final, se retiran. Posiblemente tienen propiedades mecánicas para aplicar a un nuevo material compuesto, ya que conservan las propiedades añadidas por los procesos físico-químicos ya realizados.

5.5.4. CURTIDO Y REBAJADO (VIRUTA DE CUERO): En esta etapa se añaden minerales como Bicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), Bicromato de sodio ($Na_2Cr_2O_7$), Ácido clorhídrico (HCl) y Óxido de cromo (CrO_3); este último (CrO_3) es altamente tóxico, (su función es detener la descomposición de las pieles), los desechos que produce se dirigen a fuentes hídricas y no resultan aprovechables. Después de esto se empieza el proceso de rebajado por medio del cual el cuero ya se somete a un prensado y desbaste para obtener un grosor deseado y uniforme, este proceso genera un desecho comúnmente conocido en el medio como *Aserrín o viruta de cuero*; este desecho es en particular el **residuo objeto** de la presente monografía, debido a que molecularmente conserva las propiedades recibidas durante el proceso de curtición, por esta razón se piensa que al reutilizar este material, generando un material compuesto con resina termoendurecible, se obtendrá un material condicionado con altas propiedades mecánicas.

5.5.5. DESCARTES (RETAZOS DE MATERIAL NO USADO): En proceso de embalaje del cuero terminado, se deben generar cortes para tener lotes de material uniforme, lo que genera desechos en forma de retazos. Este material podría ser utilizado de la misma manera que el mencionado en el numeral cuatro (4).

Basados en el autor Hoinacki Eugênio (1994) podemos afirmar lo siguiente:

Teniendo en cuenta que el rendimiento en cuero de las pieles procesadas es solamente del 50 % en peso, de los 13 millones de pieles, que equivalen a 312,000 toneladas, 156,000 toneladas son eliminadas como residuos sólidos, gaseosos o en los afluentes líquidos (como el proceso se realiza por vía húmeda, su caudal es como mínimo 4 veces el peso de las pieles procesadas).

Es decir que en esta industria de la materia prima solo se aprovecha la mitad y esta problemática ambiental no solo afecta al lugar donde se realice el hecho, si no que impacta toda la sociedad, tanto como para que una empresa tan reconocida como NIKE se diera a la tarea de realizar investigaciones con la viruta del cuero, hasta encontrar en el cuero aglomerado un material que garantiza menor impacto ambiental para su realización y a su vez reutiliza los desechos de otra industria como materia prima. El *flyleather* como denominaron el material, básicamente consiste en, 50% de cuero perdido en el proceso de fabricación y fibras de poliéster, las ventajas del *flyleather* respecto al cuero tradicional 40% más liviano y 5 veces más resistente a la abrasión, además, el proceso reduce el

uso de agua en un 90% con una huella de carbono 80% más pequeña en comparación con el proceso tradicional de curtido.

5.6. ANTECEDENTES

En la investigación realizada por Flores, Retamar, Orué, Lacoste y Prez, determinaron las propiedades de una mezcla viruta de madera-adhesivo producido a partir de aserrín de cuero, la obtención de este adhesivo es por medio de un proceso conocido como "Hidrolizar".

6. MARCO NORMATIVO

Para la determinación de las propiedades mecánicas del material y realizar un posterior análisis comparativo Fue pertinente hacer uso de una serie de lineamientos y normativas para desarrollar la presente investigación, los ensayos se aplicaron bajo la norma NTC (Norma Técnica Colombiana).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica colombiana No. 595, MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN EN PLÁSTICOS.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica colombiana No. 3201, MÉTODOS DE ENSAYO NORMALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DE PLÁSTICOS REFORZADOS Y NO REFORZADOS Y DE MATERIALES AISLANTES ELÉCTRICOS.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. DENSIDAD DEL MATERIAL

7.1.1. DENSIDAD ASERRIN DE CUERO

Debido a que no hay un estudio previo para analizar las propiedades físicas del material particulado, se determinó una densidad para este basados en el peso, que fue tomado posteriormente a la preparación del material (secado y tamizado), ya que esta densidad es la necesitada para la realización de las probetas.

Esta densidad es de (0,91 – 0,95) g/cm³.

7.1.2. DENSIDAD RESINA POLIURETANO

De acuerdo a las especificaciones del fabricante de la resina la densidad de esta está entre los valores de (1,03027 – 1,08311) g/cm³. Por otra parte, la densidad establecida para la muestra que se uso fue de 1,02 g/cm³.

7.1.3. DENSIDAD MATERIAL COMPUESTO

Se realizaron 5 muestras de las mezclas para tomar un parámetro de densidad.



Imagen (1) Probeta de densidad (Fuente: autores proyecto)

Proporción	60/40	70/30	80/20
Densidad real (promedio)	0.92485 g/cm ³	0.95428 g/cm ³	0.99573 g/cm ³

Tabla 1 Densidad real material (Fuente: Autores Proyecto)

7.1.4. POROSIDAD MATERIAL COMPUESTO

La porosidad del material es la causante de rupturas internas y la buena o mala cohesión de la matriz y el material agregado, esta se calcula con la siguiente formula:

$$Porosidad = \left| \left(1 - \frac{\rho_{Real}}{\rho_{Teórica}} \right) \right| * 100\%$$

Ecuación (1).

Donde $\rho_{Teórica}$ es el resultado de la densidad calculada por medio de la regla de la mezclas, la cual está representada en la siguiente ecuación:

$$\rho_{Teórica} = ((\rho_{Resina}) * (\% \text{ de Matriz})) + ((\rho_{Aserrín \text{ de } cuero}) * (\% \text{ de Refuerzo}))$$

Ecuación (2).

Proporción	60/40	70/30	80/20
Densidad teórica	0.9835 g/cm ³	0.9685 g/cm ³	0.9645 g/cm ³

Tabla 2 densidad teórica material compuesto

Proporción	60/40	70/30	80/20
% de porosidad	5.963	1.468	0.6655

Tabla 3 porcentaje de porosidad

7.1.5. FRACCION VOLUMETRICA

La medición de la densidad del material se realizó utilizando en primera medida una relación con el volumen para así obtener la fracción volumétrica, ya que, las características mecánicas de una combinación refuerzo matriz pueden ser estimadas a partir de las características de cada uno de los constituyentes, (Camarena, Vargas, Hernández, 2008).

Para ello fueron necesarias las siguientes formulas:

FRACCIÓN VOLUMÉTRICA para el cuero

$$V_c = \frac{V_c}{V_t}$$

Ecuación (3).

FRACCIÓN VOLUMÉTRICA para la resina

$$V_r = \frac{V_r}{V_t}$$

Ecuación (4).

FRACCIÓN VOLUMÉTRICA para la porosidad

$$V_p = \frac{V_p}{V_t}$$

Ecuación (5).

V_c = Volumen del cuero

V_r = Volumen resina

V_p = Volumen porosidad

V_t = Volumen total

PROPORCION	60/40	70/30	80/20
V_c	0.570185	0.69266	0.7967
V_r	0.370185	0.29266	0.2
V_p	0.05963	0.01468	0.0066

Tabla 4 fracción volumétrica

7.2. OBTENCION MATERIAL PARTICULADO

Para la obtención del material particulado (aserrín de cuero), nos tuvimos que movilizar al sector de las curtiembres de San Benito, obteniendo así una muestra de 8 kilos de material particulado.

7.2.1. TRATAMIENTO DEL ASERRIN DE CUERO

El material particulado secó en un horno de gas a una temperatura de 110°C por un tiempo aproximado de 60min. Posteriormente se tamizo en un tamiz malla 100 para obtener un tamaño de partícula de 0.1490mm, con esto se garantiza una uniformidad y fácil moldeo del material compuesto, ya que las partículas se pueden organizar mejor al ser mas pequeñas.

7.3. OBTENCION DEL AGLUTINANTE

La resina de poliuretano a base de agua, termoactivable de marca Pegaucho, se adquirió por medio del trabajo de campo correspondiente, ya que esta solo se encuentra disponible en la ciudad de Medellín. Se realizo un flete para hacer llegar el producto hasta Bogotá, donde hizo parte de la investigación presente.



Imagen (2). Presentación final aserrín de cuero. (Fuente: Autores proyecto)

8. ENSAYOS MECÁNICOS

Utilizando como herramienta los ensayos de tensión y flexión realizados al material en mención se determinaron valores tales como: resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, esfuerzo último a la fluencia y esfuerzo último a la ruptura.

8.1. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS

8.1.1. MATERIAL BASE (VIRUTA)

Antes de emplear el material percibimos humedad al tacto por lo que lo horneamos por 1 hora a una temperatura promedio de 110°C posteriormente el material fue pasado por un tamiz de calibre 100 para asegurar que el tamaño del grano estuviera entre los valores cercanos a los 2 mm, obtenido ya la viruta en condiciones, determinamos realizar 5 mezclas volumétricas.

Viruta	Aglutinante	Catalizador
50 %	47.5 %	2.5%
60 %	38 %	2 %
70 %	28.5 %	1.5 %
80 %	19 %	1 %
90 %	9.5 %	0.5%

Tabla 5 (distribuciones volumétricas)

El aglutinante que escogimos en este caso fue Hidropul 500 recomendado por nuestro tutor debido a investigaciones previas, sus especificaciones técnicas se pueden ver en la tabla (3).

Nombre	Hidropul 500
Fabricante	PEGACAUCHO
Descripción	Adhesivo de contacto reactivable al calor, a base dispersiones de resinas de poliuretano en agua.
Reactivación	entre 60-70°C
Tiempo de secado	72 horas
Viscosidad Brookfield	(25°C, Aguja 3, 30 RPM) (5000 ± 1000) cP.

Contenidos de sólidos	(50 ± 2) %.
Densidad	(3.9 – 4.1) Kg/galón.
Apariencia	Blanco Cremoso

Tabla 6 ficha técnica Hidropul 500 (Fuente: PEGAUCHO)

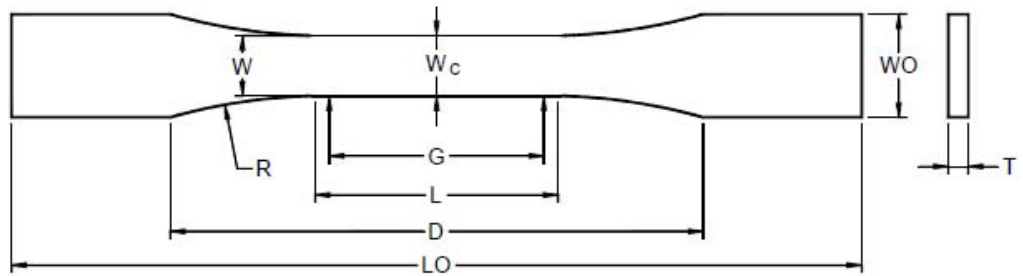
Utilizamos el catalizador que recomienda el fabricante “Vulcanizante AQ 212” en una proporción del 5 % del hidropul utilizado.

Para determinar qué cantidad de material ya aglomerado que era necesario para llenar el molde de una probeta, realizamos varias pruebas que consistían en preparar diferentes cantidades de la relación 50/50 y ver cual llenaba el molde a la perfección.

Se determinó que para que una plantilla saliera sin imperfecciones superficiales y se encontrara compactada el molde debería contener una cantidad de 100 gr, a partir de ahí las mezclas porcentuales se hicieron en base a 500 gr para esto utilizamos un recipiente plástico que marcaba hasta los 500 gr y su proporcionalidad en ml.

8.1.2. MOLDES O PLANTILLAS

Para la realización del ensayo de tensión bajo la norma NTC 595 se escogió la probeta de tipo I por ser el de preferencia “El espécimen de tipo I es el de preferencia y se debe usar cuando se dispone de material suficiente con espesor de 7mm (0.28 pulgadas) o menos” (NTC 595, 2007), se tuvo en cuenta los siguientes parámetros para la determinación de las dimensiones de la probeta.



Tipos I, II, III y V

Imagen (3). Tipos de probetas según NTC 595. (Fuente NTC 595)

$T = 6 \text{ mm}$

$W = 12 \text{ mm}$

$W_0 = 19 \text{ mm}$

$L_0 = 300 \text{ mm}$

$D = 100 \text{ mm}$

$L = 85 \text{ mm}$

$R = 76 \text{ mm}$

Se elaboró un molde que contenía la forma de 5 plantillas con los tamaños establecidos junto con dos láminas que generaron la presión en el material para que tomara la consistencia y adhesión buscada.



Imagen (4) Molde de tensión. (Fuente: autores proyecto)

Utilizamos papel aluminio entre el MDF y el material ya que notamos que estos dos materiales generaban adherencia, debido a que el fabricante del aglomerante recomienda realizar la activación térmica después de ejercida la presión se realizaron agujeros a lo largo del perímetro de los moldes para luego generar presión por medio de tornillos como se muestra en la imagen (4).

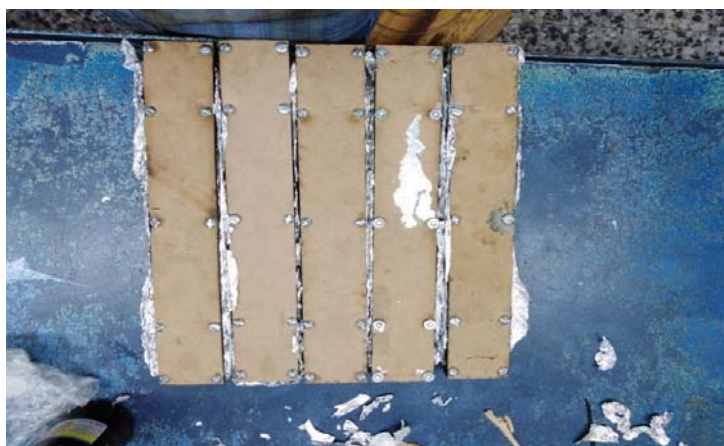


Imagen (5) Moldes bajo presión ejercida por tornillos. (Fuente: autores proyecto)

Se dejó las probetas a una temperatura de 110° C durante 20 minutos para que el Hidropul realizara la reactivación térmica e iniciara su proceso de adhesión, una vez retiradas las probetas del horno se dejaron enfriar antes de liberar el dispositivo de presión (tornillos) y una vez liberado el molde de la presión (véase imagen 5) se procedió a sacar las probetas para un secado durante 72 horas por recomendación del fabricante, después de las 72 horas de secado notamos que en específico dos mezclas no tenían el comportamiento deseado.



Imagen (6) probetas dispuestas para el secado. (Fuente: Autores proyecto)

8.2. Mezcla 50/50

Estas probetas tenían un comportamiento muy flexible y era incapaz de conservar una forma rígida como se muestra en la imagen (6) por lo que esta mezcla fue descartada para el análisis bajo pruebas de tensión, debido a que la maquina universal de ensayos requiere que la probeta adopte una posición rígida para ser introducida en las mordazas.



Imagen (7) comparación de rigidez de una mezcla 50/50 vs 70/30. (Fuente: Autores proyecto)

8.3. Mezcla 90/10

Esta mezcla presento un comportamiento altamente frágil y una falta de adherencia entre el material, a la más mínima aplicación de fuerza o intento por

manipular el material simplemente se desboronaba como se puede observar en la imagen 8.



Imagen (8) mezcla 90/10 al ser manipulada. (fuente: autores proyecto)

A las mezclas restantes 60/40 70/30 80/20 les procedimos a retirar el exceso de material en el laboratorio de ajuste de la universidad distrital facultad tecnológica con la ayuda de un esmeril para prepararlas para ser sometidas a ensayo de tensión.

8.4. ENSAYO DE TENSIÓN

Se llevó a cabo el ensayo de tensión bajo la norma NTC 595 usando la Máquina universal de ensayos UH-AC en el laboratorio de resistencia de materiales ubicado en la facultad tecnológica de la universidad distrital Francisco José de Caldas el día 17 mayo en un periodo de tiempo cercano a 5 horas, para la velocidad de ensayo (velocidad relativa de las mordazas) se determinó utilizar la velocidad mínima para las probetas de tipo I = 1.25 mm/min ya que la norma indica “cuando la velocidad no se especifica, utilicé la velocidad mínima de la tabla 1 para la geometría del espécimen empleado” (NTC 595, 2007), se utilizó un total de 5 probetas por cada mezcla a ser sometida a ensayo para determinar un media estadística como indica la norma, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

8.4.1. ESFUERZO ÚLTIMO A LA TRACCIÓN

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ecuación (6).

Sea

σ : esfuerzo ultimo a la tracción o resistencia a la tensión

F: fuerza (carga en Newtons)

A: área transversal en el segmento de longitud de referencia

8.4.2. PORCENTAJE DE ELONGACIÓN

$$\%E = \frac{\Delta L}{L_0} * 100$$

Ecuación (7).

%E= porcentaje de elongación

ΔL = cambio de longitud o estiramiento del segmento de longitud de referencia

L_0 = longitud inicial del segmento de longitud de referencia

8.4.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Se toma la porción lineal que se pueda identificar al comienzo de la gráfica esfuerzo vs deformación y se halla su pendiente

$$M = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{De_2 - De_1}$$

Ecuación (8).

8.4.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

Ecuación (9).

Sea:

S: desviación estándar

X: valor de una sola desviación

n: número de observaciones

\bar{x} : Media aritmética del conjunto de observaciones

8.5. ENSAYO DE FLEXIÓN

Para la realización de este ensayo se tomó como referente la NTC 3201, basados en esto, la historia, especificación y descripción del tipo del material se puede ver en el numeral 1,2 y 3 de antecedentes, resumen e historia del material.

El ensayo de flexión bajo la norma utilizada es el método B, el cual está “diseñado particularmente para aquellos materiales que experimentan grandes deflexiones durante el ensayo” (NTC 3201,1999), este método se determinó en conjunto con la velocidad de ensayo, ya que al ser un material muy flexible no alcanzó la ruptura o deformación plástica en el ensayo.

La velocidad de ensayo para materiales de este tipo debe estar basada en una tasa de deformación de 0,10 mm/mm/min (0,10 in/in/min), teniendo en cuenta esto la velocidad calculada fue de 10mm/min, ya que para sufrir su deformación máxima la probeta se deforma entre 40 y 50 mm (para flexión).

Para la determinación de las dimensiones del material se utilizó la proporción de longitud entre apoyos de la norma (16:1), la longitud total debe ser la suficiente para tener en cuenta el espacio adicional en cada extremo mínimo del 10% , además sabiendo que el radio máximo de los soportes debe ser 1,6 veces la profundidad de la probeta, se calculó una profundidad de 10mm ya que el radio de la maquina universal de ensayos de la universidad distrital facultad tecnológica

tiene soportes de radio 25mm dando así un radio máximo de 16mm y el mínimo proporcionado por la norma es de 3,2mm . Agregado a esto el radio máximo del elemento aplicador de la carga no puede exceder 4 veces la profundidad de la probeta y el radio proporcionado por la máquina de ensayos utilizada es de 25mm. Así las cosas, las dimensiones resultantes fueron:

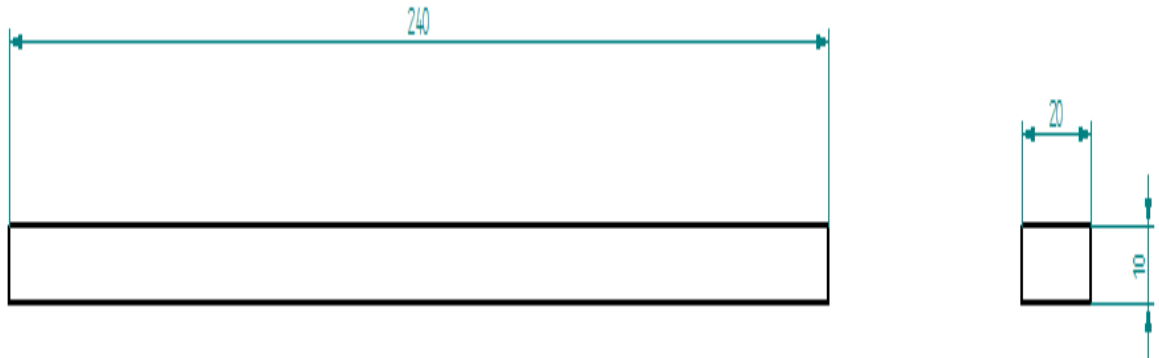


Imagen (9) Dimensiones probeta flexión. (fuente: autores proyecto)

Para la realización de las probetas de flexión, se realizó un molde de 320X200X10, ya que se determinaron las medidas de las probetas de acuerdo a la norma NTC 3201 y los pasos incluidos en esta, anteriormente mencionados. (ver imagen (8)).



Imagen (10). Desmoldeo probetas flexión. (Fuente: autores proyecto)

Las cantidades de material utilizadas para cada mezcla son las que se muestran en la tabla 11, estas se calcularon teniendo en cuenta el volumen del molde 1.64 veces, ya que de este modo quedaba lleno totalmente en las 5 mezclas realizadas, al igual que en el ensayo de flexión se descartan las mezclas 50-50 y 90-10 por los mismos ítems.

% de mezcla (cuero-hidropul)	% de Cuero	% de hidropul 500	Volumen total
50-50	500 cm ³	500 cm ³	1000 cm ³
60-40	600 cm ³	400 cm ³	1000 cm ³
70-30	700 cm ³	300 cm ³	1000 cm ³
80-20	800 cm ³	200 cm ³	1000 cm ³
90-10	900 cm ³	100 cm ³	1000 cm ³

Tabla (7). Valores de volumen mezcla utilizados para flexión.

Las probetas que se obtuvieron aplicando los pasos anteriores fueron de longitud L=320mm, pero se redujo su tamaño a 240mm como se puede ver en la imagen 10



Imagen (11) Probetas flexión. (Fuente: Autores proyecto)

8.5.1. PROBETAS DESCARTADAS

Hay que resaltar que las probetas descartas fueron causa del manejo lento del compuesto, debido a que se secó y creo secciones granuladas que provocaban la ruptura, como se ve en la imagen.



Imagen (12) Probetas descartadas. (Fuente: autores proyecto)

8.5.2. ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN

P= carga en el punto medio
 L= distancia entre apoyos
 b= ancho de la probeta
 d= espesor de la probeta

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Ecuación (10).



Grafica (1) comparativo mezclas 60/40 70/30 80/20 ensayo de flexión (Fuente: Autores proyecto)

9. RESULTADOS

9.1. ENSAYO DE TENSIÓN

El ensayo realizado bajo la norma NTC 595 nos proporciona las siguientes gráficas y datos para cada una de las mezclas determinados por la media estadística de los 5 ensayos correspondientes por cada mezcla volumétrica.



Grafica (2) Esfuerzo deformación para mezcla 60/40 (Fuente: Autores proyecto)

Mezcla 60 / 40	
Esfuerzo a la Fluencia	7.35 MPA
Módulo de elasticidad a tensión	2.927 MPA
Resistencia a la tracción	2.016 MPA
Esfuerzo de falla	1.975 MPA

Tabla (8). Propiedades a tensión de la mezcla 60/40

El esfuerzo a la fluencia lo hallamos con la ayuda de Excel extendiendo una línea de tendencia a la parte de la curva con comportamiento lineal (zona elástica) hasta que intersecara con la gráfica. En ese punto la gráfica empieza a presentar un comportamiento decreciente (zona plástica).



Grafica (3) esfuerzo deformación para mezcla 70/30 (Fuente: Autores proyecto)

Mezcla 70/30	
Esfuerzo a la Fluencia	1.497 MPA
Módulo de elasticidad a tensión	6.611 MPA
Resistencia a la tracción	3.032 MPA
Esfuerzo de falla	3.038 MPA

Tabla (9). propiedades a tensión de la mezcla 70/30



Grafica (4) Esfuerzo deformación mezcla 80/20 (Fuente: Autores proyecto)

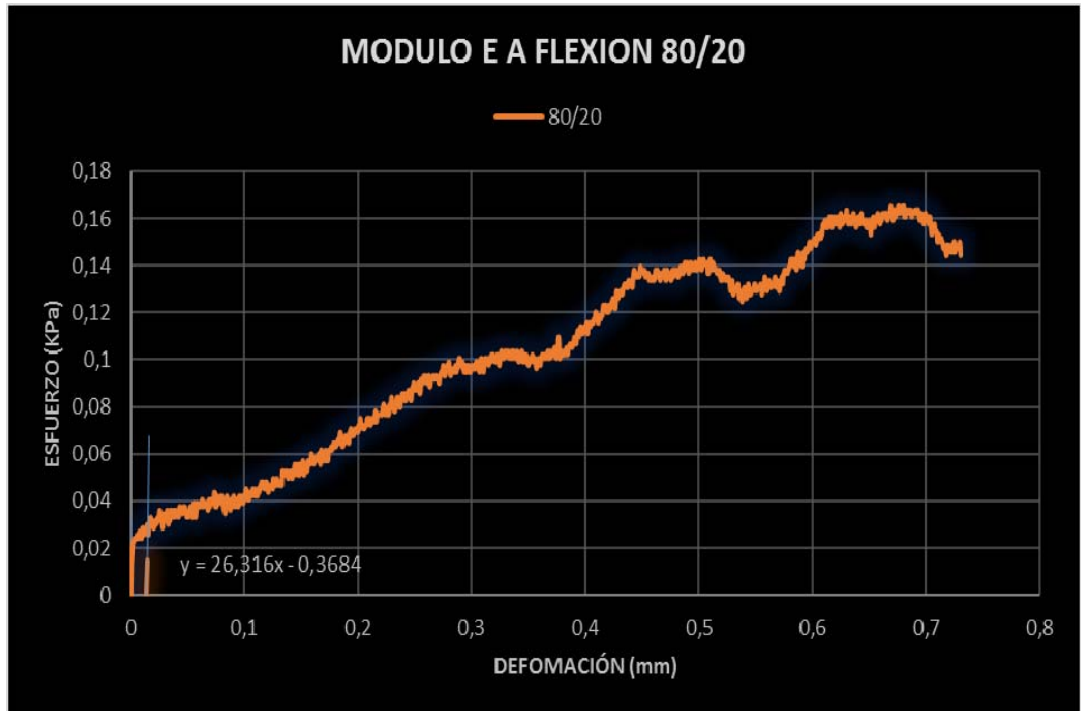
Mezcla 80/20	
Esfuerzo a la Fluencia	9.6 MPa
Módulo de elasticidad a tensión	3.653 MPa
Resistencia a la tracción	2.401 MPa
Esfuerzo de falla	2.369 MPa

Tabla (10) Propiedades a tensión de la mezcla 80/20

Mezcla	Resistencia a la tracción MPa	Desviación estándar	Coficiente de variación %
60/40	2,016 MPA	8.8	43.6
70/30	3,032 MPA	6.7	22.09
80/20	2,401 MPA	10.7	44.56

Tabla (11) comparativa de la propiedad resistencia a la tracción.

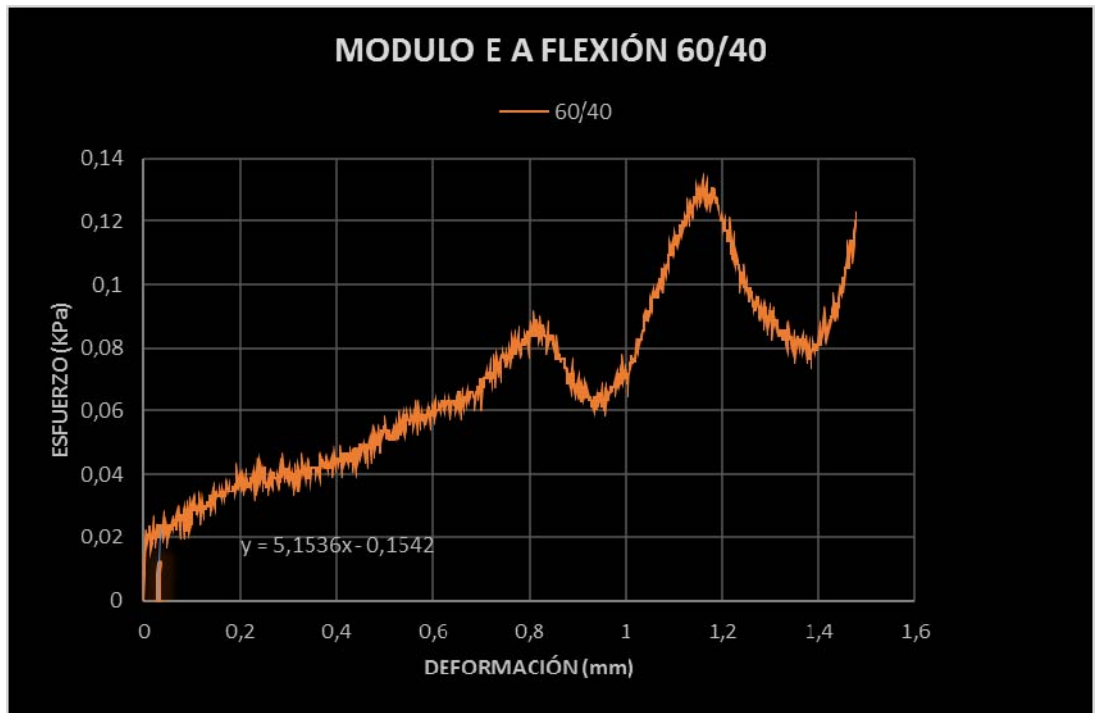
9.2. ENSAYO FLEXIÓN



Gráfica (5) flexión 80/20 (Fuente: Autores proyecto)

MÓDULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN	26,316 KPa
---------------------------------	------------

Tabla (12). Módulo de elasticidad mezcla 80/20



Gráfica (6) flexión 60/40 (Fuente: Autores proyecto)

MÓDULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN	5,1536 KPa
---------------------------------	------------

Tabla (13) módulo de elasticidad mezcla 60/40



Gráfica (7) flexión 70/30 (Fuente: Autores proyecto)

MÓDULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN	14,785 KPa
---------------------------------	------------

Tabla (14) módulo de elasticidad mezcla 70/30

10. CONCLUSIONES

De acuerdo con las propiedades encontradas en las diferentes mezclas, la proporción 70/30 fue la que tuvo el valor de resistencia a la tracción más alto el cual es de 3,1 MPa, y un módulo de elasticidad a flexión de 1,4785 MPa. Comparado con las otras dos proporciones, (60/40 y 80/20) la mezcla 70/30 denota una superioridad en cuanto a comportamiento mecánico se refiere. No se descartan probables usos de las demás mezclas, pero cabe notar que sus propiedades no se equiparan a las de la proporción 70/30, por ende, una investigación posterior, basados en esta proporción será pertinente para nosotros.

Se consideran satisfactorios los resultados encontrados en la presente investigación los cuales plantean un precedente para futuras investigaciones sobre las aplicaciones y posibles usos de la viruta de cuero, agregado a esto, la reducción del tamaño del grano es fundamental para que las moléculas del material particulado generen una buena distribución de densidad, en base a lo anterior podemos concluir lo siguiente:

1. Posibles aplicaciones de este material serian, laminas y/o cuadrantes que no requieran soportar fuerzas axiales demasiado grandes, esto nos abre las posibilidades para reducir de manera amplia el impacto ambiental en el sector de San Benito y otros lugares que se encuentren con la misma problemática.
2. El material con mejor comportamiento en ambos ensayos mecánicos fue el material de composición 70/30. Para un futuro estudio de las demás propiedades mecánicas, físicas y químicas del material, se recomienda hacerlas sobre la mezcla volumétrica 70/30 bajo el criterio de esta investigación.
3. El material sin importar su composición volumétrica adopta comportamientos similares a los elastómeros, es decir, las deformaciones aplicadas en el material en las pruebas mecánicas no son permanentes el material tiende a recuperar su forma inicial, esto nos da un indicio de las aplicaciones que puede tener este material, como tablas (recubiertas), laminas, cuadrantes y diferentes formas que puede adoptar el material, pero sin que soporte cargas axiales demasiado grandes.

11. RECOMENDACIONES

Basados en los resultados obtenidos y las conclusiones propuestas, se recomienda seguir una ruta de estudio sobre la composición 70/30 para ensayos mecánicos, pero debido a que propiedades térmicas, eléctricas y químicas no fueron determinadas en esta investigación, se propone también, una previa profundización en estas áreas.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hoinacki E, Vergilio Moreira M & Kiefer C. 1994. Manual Básico de Processamento do couro. Centro Tecnológico do Couro SENAI/RS, Porto Alegre.
2. Camarena, D., Moreno, E., Hernández, H. (2008). Medición de Fracciones Volumétricas en Materiales Compuestos C-Ep y G-Ep por Digestión y Calcinación de Resina. 5º CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y DE SISTEMAS, P. 595-596.
2. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica colombiana No. 595, MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE TENSIÓN EN PLÁSTICOS.
3. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica colombiana No. 3201, MÉTODOS DE ENSAYO NORMALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DE PLÁSTICOS REFORZADOS Y NO REFORZADOS Y DE MATERIALES AISLANTES ELÉCTRICOS.
4. Decreto 190 de 2004, Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003.
5. Alférez Rivas, L. 2017. Producción de tableros aglomerados a partir de un desecho agrícola. Editorial académica española, Mauritius.
6. PARQUE INDUSTRIAL ECOEFICIENTE DE SAN PARQUE INDUSTRIAL ECOEFICIENTE DE SAN BENITO -PIESBCONVENIO 079 DE 2007 SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE – SDA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS MICROEMPRESAS –CDM
7. Segura Álvarez, Camilo. “**San Benito, corazón de cuero**”. Diario El Espectador. (Bogotá) 20 Ene 2013. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/san-benito-corazon-de-cuero-articulo-397676>
- 8.
8. Dare, H. 1987. Materiales compuestos. Editorial Reverte S.A., Inglaterra.
9. Flores H., Retamar J., Orué S., Lacoste A. & Prez L. VIRUTAS DE CUERO OBTENCIÓN DE UN ADHESIVO COMO SUSTITUTO DE MATERIALES UREICOS. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral. Recuperado de: http://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/04_025/papers/07e/07e_1431_681.pdf

10. Alcaldía Mayor De Bogotá. 2010. Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria de Curtiembres y Tenerías. Recuperado de:
http://www.dama.gov.co/Residuos/curtiembres/files/guia_curtiembres.pdf

11. Zuluaga Mahecha, A. 2006. Facultad de ingeniería ambiental, Universidad Del Bosque. Recuperado de:
http://observatoriocaltunjuelito.siccse.com/sites/default/files/Diseno_Manual_Tecnico_Curtido-Zuluaga_A-2006.pdf

13. ANEXOS