CONSTRUCCIÓN DE TERMOAISLANTE A PARTIR DE PAPEL CON RECUBRIMIENTO POLIMÉRICO

ANA MILENA ESCAMILLA SANTOS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN SÍNTESIS ORGÁNICA
BOGOTÁ D.C. – 2017

CONSTRUCCIÓN DE TERMOAISLANTE A PARTIR DE PAPEL CON RECUBRIMIENTO POLIMÉRICO

AUTORA

ANA MILENA ESCAMILLA SANTOS

PROYECTO TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

DIRECTOR

JOSUÉ ANSELMO GARCÍA ORTÍZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN SÍNTESIS ORGÁNICA
BOGOTÁ D.C. – 2017

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Bogota. D.C., _____de _____ 2018

Quiero agradecer a mi tutor el profesor Josué García, por brindarme la oportunidad de trabajar con él y brindarme un voto de confianza, agradezco su apoyo, colaboración y acompañamiento constante.

También quiero agradecerles a los profesores que en distintos ámbitos académicos me colaboraron y aconsejaron para fortalecer mis conocimientos y lograr mis objetivos.

A mi familia, especialmente a mi mama quien, con su amor, paciencia y sacrificio, acompañaba mis largas noches de estudio y escritura. Y por supuesto Javier el hombre que siempre me apoya y me impulsa en cada decisión, quien con su sabiduría y amor me ha hecho ser una mejor persona y crecer cada día.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN *9*

2. INTRODUCCION *10*

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION *11*

4. OBJETIVOS *13*

4.1. Objetivo general **13**

4.2. Objetivos especificos **13**

5. MARCO TEORICO *14*

5.1 Aislantes térmicos **14**

5.1.1 Aditivos usados en aislantes térmicos. 14

5.1.1.1 Retardante de llama. 14

5.1.1.2 Aglutinantes. 15

5.1.2 Características de los aislantes térmicos 16

5.1.2.1 Conductividad térmica 16

5.1.2.2 Absorción de agua 16

5.1.2.3 Temperatura máxima 17

5.1.2.4 Reacción al fuego 17

5.1.2.5 Resistencia anti fúngica 17

5.1.3 Clasificación de los aislantes térmicos 17

5.1.4 Aplicación de los aislantes térmicos 18

5.1.5 Ventajas de los aislantes térmicos 19

5.1.6 Aislantes térmicos y ambientes 19

5.2 Papel como aislante térmico 19

5.2.1 Papel con recubrimiento polimérico o PRCP 20

5.3 Fibra de vidrio 21

5.3.1 Ventajas y desventajas de la fibra de vidrio 22

6. METODOLOGÍA *23*

6.1 Primera etapa 23

6.2 Segunda etapa 23

6.3 Tercera etapa 24
6.3.1 Absorción de agua 24
6.3.2 Temperatura máxima 24
6.3.3 Reacción al fuego 25
6.3.4 Actividad anti fúngica 25
7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS ***26***
7.1 Recolección de papel y reducción de tamaño 26
7.2 Construcción del aislante térmico 26
7.3 Pruebas fisicoquímicas 30
7.3.1 Absorción de agua 31
7.3.2 Temperatura máxima 35
7.3.3 Reacción al fuego 38
7.3.4 Actividad anti fúngica 40
9. CONCLUSIONES ***41***
10. RECOMENDACIONES ***42***
11. BIBLIOGRAFIA ***43***

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Relación de aglutinante y retardante de llama.* *24*
Tabla 2. *Relación de probeta y sus características.*.....*27*
Tabla 3.*Perdida de humedad de las muestras*.....*29*
Tabla 4.*Relación de número de probeta, retardante y aglutinante usado.* *30*
Tabla 5. *Pesos de las probetas antes-después de ser sumergidas en agua y la cantidad de gramos de agua que absorbieron.*.....*33*
Tabla 6. *Variación de peso de las probetas al ser secadas al aire.* *34*
Tabla 7. *Peso de las probetas en gramos, resultado de exposición a distintas temperaturas por intervalos de una hora.* *36*

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Probeta sin cobertura parte inferior y con cobertura parte superior.....27*
Figura 2.*Moldes de (NH4)2HPO4 y almidón parte superior y bórax y almidón parte inferior.. .....28*
Figura 3. *Probeta de bórax y colbón parte superior, (NH4)2HPO4 y colbón parte inferior 28*
Figura 4. *Probetas 2 horas después de estar en agua. 31*
Figura 5. *Probetas 20 horas después de estar en agua.. .....31*
Figura 6. *Probetas 24 horas después de estar en agua. 32*
Figura 7*. Probetas con almidón.....33*
Figura 8. *Probetas con Colbón.....33*
Figura 9. *Probetas después por 1 hora a 100°C 36*
Figura 10. *Probetas después de 1 hora a 150° 36*
Figura 11. *Probetas después de 1 hora a 175°C 37*
Figura 12. *Probetas después de 1 hora a 200°C 37*
Figura 13.*Probeta 21 .....38*
Figura 14. *Probeta 22 .....38*
Figura 15. *Probeta 23 .....38*
Figura 16. *Probeta 24 .....38*
Figura 17. *Probetas 21, 22,23 y 24 en orden, después de ser sometidas a llama directa 39*

1. RESUMEN

Los aislantes térmicos son materiales que evitan la transferencia de calor del interior al exterior o viceversa, existe una gran variedad de productos aislantes, desde los que se derivan de polímeros hasta los aglomerados de productos naturales, muchos de estos son contaminantes o generan residuos difíciles de degradar, produciendo un daño ambiental. Por esta razón se generó un aislante térmico a partir de residuos de papel con recubrimiento polimérico resultantes de la impresión digital. Para lograr esto se utilizó dos retardante de llama, bórax y $(NH_4)_2HPO_4$, al mismo tiempo se usan dos tipos de aglutinante, almidón y colbón, dando como resultados cuatro probetas, a las cuales se le realizaron pruebas de absorción de agua, temperatura máxima, reacción al fuego y reacción anti fúngica. Se observó que las probeta, poseen características distintas y que la probeta hecha con de bórax y almidón dio los mejores resultados en las cuatro pruebas realizadas, ya que resiste a una temperatura superior a 200°C, absorbe el agua sin cambiar sus características físicas, al igual que pierde la misma cantidad de agua en una semana, a llama directa solo se quema superficialmente. Considerando que las pruebas son ejemplos de las condiciones a las que puede llegar a estar expuesto un aislante térmico usado en los hogares o empresas, se encuentra que este aislante fabricado a partir de la aglomeración de papel con recubrimiento polimérico, retardante de llama y aglutinante, es un excelente candidato para reemplazar materiales contaminantes como la fibra de vidrio o el icopor.

2. INTRODUCCION

Un aislante térmico es un material que cumple diversas funciones como brindar un confort térmico en los distintos ambientes, reduciendo el flujo y el paso de calor. El uso de estos materiales ha hecho que la industria busque diversas materias primas para fabricarlos, aunque es necesario recalcar que estos no siempre dan como resultado un producto óptimo, pues muchas veces resultan ser perjudiciales para quien los usa o para el ambiente.

Por tal razón, esta investigación está enfocada en encontrar una solución efectiva y económica a un problema que se ha venido presentando, ya que el uso de materiales para construcción de viviendas, empresas e industrias es cada día mayor, así como el consumo de energía, agua, emisiones de CO_2 y hasta el impacto ambiental que cada vez es más alto(1).

Disminuir el consumo energético en los hogares, empresas o industrial es un problema que se ha venido solucionando de manera no tan amigable con el medio ambiente, ya que, para esto se utilizan materiales como aislantes térmicos, los cuales hacen que la transferencia de calor sea menor. Existen materiales que se utilizan como aislantes térmicos pero estos pueden llegar a deteriorar la salud y perjudicar el ambiente. Es importante encontrar un material que tenga los beneficios de un aislante térmico, pero contrario a los otros no tenga efectos adversos. Es por este motivo, se empezó el estudio de un material, que no puede ser reciclado o re utilizado y que a partir de su trituración, molienda y aglutinación con ciertas sustancias da como resultado un aislante térmico capaz de reemplazar a materiales contaminantes como el icopor o la fibra de vidrio. Este material es la pasta de celulosa, que es generada a partir de un papel con recubrimiento polimérico, el cual proviene de los desechos no reutilizables de las empresas de impresión digital.

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

3.1. Antecedentes

Existen algunas patentes en donde se implementa el papel con recubrimientos poliméricos, como aislante térmico, acústico o compostaje, estas son descritas tomando en cuenta la metodología y los resultados que se da en cada caso:

En primer lugar encontró que en 2013 Pottelbergh planteo una patente relacionada con darle un tratamiento a un material de desecho de plástico o papel con recubrimiento polimérico, para poder darle un uso posterior después de ser desechado, en este se preparó el material recogido, se mezcló, previamente se separó de elementos extraños como metales y fue molido y triturado. Luego de esto se agregó el aditivo específico como aglutinante, también se implementó herbicidas, retardante de llama y pesticidas. Con esto obtuvo como resultado un material aislante térmico, aislante acústico (2).

En el 2014 los mismos investigadores obtuvieron una patente donde usaban material residuo compuesto de celulosa y un material polimérico, el cual en este caso se empleó material de silicona, parafina, cera y material fluorado. Este material actúa como agente de liberación en diversos casos, como en autoadhesivos, películas, cintas entre otros. En este caso este material fue triturado hasta un tamaño menor a 4mm, luego le agregaron aglutinantes, retardante de llama, plaguicidas y repelentes. El uso final de este aislante fabricado es como recubrimiento térmico de edificios y barreras de sonido en carreteras, también se implementó en medios de transporte como autos, trenes, aviones y similares(3)

No solo en estas patentes se ha observado el uso de celulosa de distintas fuentes como aislante térmico, pues existen estudios donde se generaron aislantes derivados de residuos ricos en celulosa, que fueron aglutinados. Como en el 2013, donde estudiantes de maestría en biotecnología de la universidad de barranquilla, implementaron cascarilla de arroz aglutinada con almidón. A este aglomerado se le realizaron pruebas físico-químicas encontrando que posee características similares y que superan el corcho y poliestireno expandido, esto con la cualidad de ser reciclable.(4)

3.2. Justificación

En vista de que la población actual pasa casi un 85% de su tiempo en espacios cerrados, el confort térmico en ellos se ha convertido en un requisito indispensable. Sin embargo, se requiere de un gran consumo energético, el cual es necesario reducir.(5) Para que este consumo energético disminuya es indispensable tener un material con ciertas ventajas térmicas, con el fin de mantener una temperatura ideal en los espacios en que permanecemos y además tenga respeto por el medio ambiente.

Se busca generar un aislante térmico a partir de residuos de papel con recubrimiento polimérico, dado que este no puede ser reciclado y genera un riesgo ambiental, debido a que entorpece el ciclo de reciclaje del papel y aumenta la cantidad de residuos sólidos que llega a los rellenos sanitarios. Con esta aplicación se lograría dar uso a algo inservible, reducir desechos de papel y mejorar la calidad de vida de las personas.

Dentro de la gama de aislantes térmicos se encuentran materiales como la fibra de vidrio, la cual, es ampliamente empleada en Colombia y en el mundo, esta posee algunas ventajas, ya que proviene de residuos de vidrio y es relativamente económica con relación a otros materiales aislantes, este material posee desventajas como son la problemática ambiental (contaminación del aire y el agua) y problemas de salud (afecciones respiratorias y cutáneas) a personas que manipulan o que permanecen en contacto constante.

Por esto, es importante pensar en un nuevo material con algunas de las características de la fibra de vidrio, además que no genere problemas ambientales, ni perjudique la salud de las personas que lo usen para trabajar o que convivan con él. Enfocándose en estas características se encontró que existe un material, el cual, consta de un papel con recubrimiento polimérico, este generalmente es desechado por algunas empresas de impresión digital, debido a que no se puede dar uso posterior, en otras palabras no es reciclable.

Este material se usó como una pasta de celulosa transformándolo con aglutinantes en un nuevo material aislante, que puede llegar a reemplazar perfectamente la fibra de vidrio y además no es nocivo para la salud, siendo ideal para la construcción, la industria automotriz o ser empleada en maquinaria especial para distintas industrias.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Generar un material aislante térmico a partir de la aglomeración de residuos de papel con recubrimiento polimérico, desecho en la impresión digital.

4.2. Objetivos específicos

- Comparar variables como tamaño de papel, aglutinante, retardante de llama y porcentaje de humedad que den como resultado un aislante térmico óptimo para ser usado.
- Caracterizar el aislante térmico obtenido por medio de pruebas térmica

5. MARCO TEORICO

5.1 Aislantes térmicos

Se puede decir que un aislante térmico es aquel material cuya principal característica física es su baja conductividad térmica, esta expresa la mayor o menor dificultad del material para permitir la transferencia de calor.(6) Un aislante térmico se entiende como un sistema o una operación llevada a cabo para reducir el flujo térmico donde se intercambia entre dos entornos a temperaturas diferentes ya se ha de interior a interior o de exterior a interior. (7)

En los campos térmicos y eléctricos no existen aislantes térmicos perfectos, sino cuerpos mal conductores de calor y capaces de frenar la intensidad de un flujo térmico. Los materiales aislantes hacen que el coeficiente de conductividad sea lo más bajo posible, para así lograr un buen funcionamiento(8). El poder aislante y la consecuente eficiencia en la capacidad de aislamiento térmico está definido por la cantidad de calor que deja pasar una muestra de determinado material durante un cierto tiempo, existiendo un diferencial de temperatura entre una cara y la otra.(9)

Los materiales aislantes térmicos son productos naturales (minerales, vegetales) o sintéticos (polímeros), estos presentan una resistencia al paso de calor, el cual reduce la transferencia de este al mismo tiempo.

5.1.1 Aditivos usados en aislantes térmicos.

Estos aislantes térmicos necesitan el uso de aditivos para que tengan algunas características como retardante de llama, insecticidas y fungicidas, también se deben usar aglutinantes dependiendo del material con el cual se va a trabajar y su procedencia. Todo esto ayudara a su mejor funcionamiento y garantía del mismo.

5.1.1.1 Retardante de llama.

Un retardante de llama es un aditivo químico que tienen como finalidad retardar el proceso de la combustión, estos aditivos se usan en muchísimos materiales, de uso diario, como son tela, madera, papel, entre otros. Estos materiales que generalmente se descomponen en presencia de llamas o de calor. (10)

Es muy importante que los productos que se generan y la descomposición de estos, no sean tóxicos para los humanos ni para el ambiente, debido a que deben reaccionar con el aglomerado que posteriormente se convertirá en aislante térmico siendo así no pueden causar daño al mismo, no pueden liberar gases tóxicos, corrosivos o humo en caso de ser quemado o de un incendio, debe ser neutral para el ambiente y de preferencia biodegradable.(11) Para cada material existe un retardante de llama especial, por ejemplo para madera y celulosa se usan a menudo productos como fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4), fosfato monoácido de potasio (K_2HPO_4), bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), los boratos se pueden usar como retardante de llama ya que son adecuados para su uso. Inhibe la propagación de llamas y reduce la combustión del material. El bórax tiene una baja toxicidad para los humanos, no es cancerígeno y ampliamente usado en aislamientos de celulosa, también se usa el cloruro de zinc ($ZnCl_2$), ácido fosfórico (H_3PO_4) o fosfato diamonico ($(NH_4)_2H_2PO_4$) (10), debido a que son fáciles de usar y compatibles con este tipo de material, se emplean en productos como el papel, algodón o madera, dado que estos son económicos y presentan una durabilidad gracias a que son solubles en agua. (12). Estos se pueden usar por medio de impregnación química en la parte interna o revestimiento superficial como un recubrimiento.

5.1.1.2 Aglutinantes.

Un aglutinante es un material que une varias cosas y que a partir de esta unión se forma una masa compacta. Los aglutinantes pueden encontrarse en estado sólido disuelto en algún solvente o en estado líquido, deben ser de preferencia viscosos, ya que estos trabajan mejor por vía húmeda. (13)

Para que un aglutinante compacte mejor las sustancias se debe introducir presión ya que si esto no se da la compactación no será tan buena. Algunos de los aglutinantes más usados para papel o celulosa son el almidón modificado, el cual tiene muchas aplicaciones desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta manufactura de papel, empaques biodegradables(14) adhesivos, ligantes, enturbiantes, estabilizador de espuma, agente anti-envejecimiento, gelificante, humectante, estabilizante, texturizante, espesante, entre otros.(15).

El almidón puede ser mezclado con otros agentes espesante, estabilizante gelificante y aglutinantes para obtener un mejor resultado y las concentraciones que se suelen tener

de almidón como aglutinante es del 10% así se forma más fácilmente un engrudo, resistente y fácil de comprimir. El colbón también es usado como aglutinante sintético debido a que este es una mezcla de acetato de polivinilo, dibutiltalato y carboximetil celulosa de sodio. Esta mezcla es útil en materiales como papel o madera.

5.1.2 Características de los aislantes térmicos

Todos los aislantes térmicos deben cumplir con ciertas características que definen su futuro uso. Estas características son: Conductividad térmica, porosidad, absorción de agua, compresión, reacción al fuego, temperatura máxima en servicio permanente.

5.1.2.1 Conductividad térmica

Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción. La medida de la resistencia térmica o lo que es lo mismo la capacidad de aislar térmicamente, se expresa, en $W/m2 \cdot K$ (metro cuadrado y kelvin por vatio), se considera aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica λ : es inferior λ 0.10 medido a 23°C (16).

5.1.2.2 Absorción de agua

Se toma como un ensayo que cualifica las condiciones reales del aislamiento ya en uso, considerando que simula condiciones climatológicas que pueden llegar a surgir. este ensayo muestra como el envejecimiento acelerado determina la durabilidad del aislante(17) Muchas veces el aislante térmico se encuentra en entornos húmedos corriendo riesgo de absorción de agua, lo que conlleva a que la conductividad térmica aumente al igual que la dureza se vea afectada. Para conocer la absorción de agua de un aislante se pueden hacer ensayos de absorción de agua por difusión de vapor o por inmersión.

Cuanto mayor sea el contenido de humedad del aislante, menor será la capacidad aislante que posee, puesto que genera una degradación acelerada del producto que muchas veces incluye la destrucción del mismo.(17)

5.1.2.3 Temperatura máxima

Es la temperatura máxima a la que puede llegar un aislante sin destruirse o carbonizarse. Dependiendo del material y el uso los aislantes térmicos pueden llegar a resistir distintas temperaturas.

5.1.2.4 Reacción al fuego

Es el proceso donde un material es sometido a llama controlada y cuya finalidad es provocar la emanación de gases inflamables y observar cómo se desarrolla la combustión en el material (inflamabilidad y aparición de humo)(18). En este proceso se aplica fuego directamente en el producto, en este caso el aislante térmico, luego se observa como es la reacción del mismo.

5.1.2.5 Resistencia anti fúngica

Los diversos materiales aislantes, en especial los que están destinados a ser parte de la infraestructura de los hogares, necesitan tener una capacidad anti fúngica la cual les permite adaptarse a distintos tipos de clima o a la humedad fácilmente sin ser un riesgo para la salud de las personas o deteriorarse fácilmente.

5.1.3 Clasificación de los aislantes térmicos

Caracterizar un aislante térmico es complicado ya que existe variedad de materiales y formas. La industria desarrolla nuevos productos para satisfacer las gran demanda de estos productos, pero cada uno con sus características o especificaciones dependiendo del material.(19)

Los aislantes térmicos pueden llegar a clasificarse de muchas formas:

- Estructura: puede ser granular, fibrosa, alveolar, etc.
- Origen: vegetal, mineral, etc.
- Resistencia a las diferentes zonas de temperaturas.

Entre esta clasificación existen distintos materiales o productos con los que se fabrican aislantes térmicos, algunos ejemplos de estos son:

- Materiales de origen sintético: Poliestireno (expandido, expandido elastificado, extruido), espumas (rígida de poliuretano o poliisocianurato, fenólica, melanina, polipropileno, elastomerica) policarbonato aislante, entre otros (6)(9)
- De origen natural: corcho expandido, lana de oveja, fibra de madera, virutas de madera, fibra de lino, balas de paja y pasta de celulosa.(9)(20)
- De origen inorgánico: perlita, hormigón celular, arcilla aislante, polvo cerámico, arcilla expandida, vidrio celular, lanas minerales (lana de vidrio y lana de roca(6,9,20)

5.1.4 Aplicación de los aislantes térmicos

El aislamiento en fachadas, cubiertas y suelos ayudan a reducir de manera significativa la perdida de energía debido a la diferencia de temperaturas entre recintos con independencia de como se ha generado el frio o el calor, independiente de la fuente de energía.

Los aislantes térmicos son empleados en recubrimientos para hornos, cámaras, calderas, industrias, puertas, paredes, techos, conductos barreras contra incendios, vehículos, tuberías, tuberías, entre muchos otros.

Para esto es necesario tener en cuenta que existen ciertos requisitos que son indispensables para seleccionar un tipo de material aislante. Velázquez Rodríguez (6) considera como los más importantes los siguientes:

- Que tengan larga duración
- Que provengan de una justa producción
- Que tengan un precio accesible
- Que sean valorizables
- Que no sean contaminantes
- Que consuman poca energía en su ciclo de vida
- Que provenga de fuentes abundantes y renovables.
- Que posean un porcentaje de material reciclado
- Que no utilice materiales de aislamiento que contenga CFC (compuestos clorofluorocarbonados).

5.1.5 Ventajas de los aislantes térmicos

- Generan un ahorro energético y económico, ya que se reducen las pérdidas de calor o frio, en las viviendas o lugares de trabajo, esto hace que la energía necesaria sea menor y supondrá un ahorro de energético.
- La disminución en las emisiones de gas de efecto invernadero, un lugar con aislante térmico constituye a reducir el consumo de energía ya que no se necesitaran aires acondicionados gasto de gas o derivados de carbono.
- Eliminación de humedad en interiores que pueden llevar a la aparición de moho (6).
- Aislantes con retardante de llama pueden llegar a prevenir accidentes fatales. Mejora el entorno medioambiental, al reducir la emisión de gases combustibles para aumentar el confort térmico dentro de los hogares (6).

5.1.6 Aislantes térmicos y ambientes

Debido a la gran demanda de aislantes térmicos, en el mercado existe una gran variedad de los mismos, debido a esto existen muchos estudios sobre cuál es su impacto ambiental y a la salud (19).

Dentro de los aislantes térmicos más contaminantes se encuentran la fibra de vidrio, fibras de lana mineral, poliestireno expandido, ya que estos últimos son expandidos con espumas de CFC (clorofluorocarbonos), son perjudiciales a la capa de ozono de la tierra(19) la degradación de estos aislantes deteriora el medio ambiente a causa de la transformación molecular que se da con el paso del tiempo. Esta degradación se origina por la estructura química de cada material y la interacción entre el medio ambiente. Los factores medioambientales que afectan los aislantes son: la radicación solar, humedad, calor, contaminantes, entre otros(21).

5.2 Papel como aislante térmico

La celulosa se ha usado como aislante térmico, su principal fuente proviene de periódicos reciclados y triturados, este tipo de aislante se toma como aislamiento natural, el cual es ampliamente usado actualmente. El aislante que se genera se utiliza bajo la forma de aislamiento soplado o colchoneta semirrígida, existe otro tipo de aislamiento a base de celulosa llamado mezclilla el cual también es un aislamiento

proveniente de material reciclado ya que se genera a partir de residuos de mezclilla, procedentes de los productores de ropas (22).

La mayoría de aislantes térmicos de celulosa provienen de reciclaje de la misma. De esta manera se puede tomar algún material del que se produzcan grandes cantidades de residuos y tenga celulosa que no se pueda aprovechar. Siendo así se toma como referencia el papel con recubrimiento polimérico del cual hablaremos a continuación.

5.2.1 Papel con recubrimiento polimérico o PRCP

Este papel posee un sustrato anti adhesivo por uno o dos lados del mismo(23) este sustrato puede llegar a ser de silicona, polietileno, entre otros. Este sustrato es adherido por medio de calor o presión al papel el cual es preferiblemente papel kraft ya que este posee una porosidad que facilita la adhesión del sustrato. En la imagen 1 se observa el proceso de adhesión del sustrato al papel.

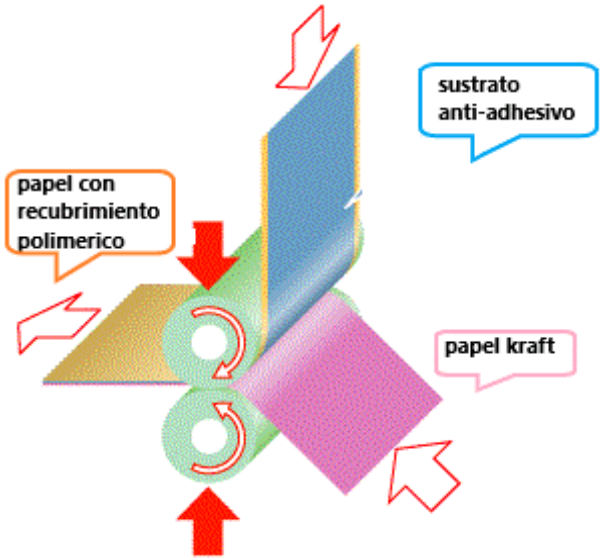


Diagrama 1. Adherencia del sustrato al papel kraft. Tomado y editado a partir de: http://www.graphicrepro.co.za/defaultart.asp?art=10066.

Este papel es conocido en las empresas de impresión digital como papel Liner, el cual es empleado como agente de liberación o separador y su función es darle un soporte al papel adhesivo o vinilo de impresión, así lo protege durante el almacenamiento, transporte y es un soporte funcional en el momento de la impresión (24) después de que la impresión esta lista y pegada, el papel con recubrimiento polimérico es desechado

sin posibilidad de ser empleado nuevamente, ya que su recubrimiento no permite ser reciclado para fabricar un nuevo papel.

El papel que se emplea para la impresión digital tiene varias capas como se muestra en la imagen 2.

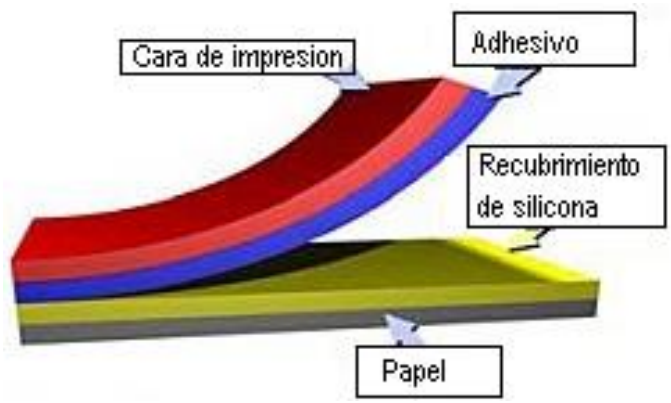


Diagrama 2. Constitución de papel empleado en la impresión digital. Tomado y modificado a partir de http://www.propyplast.fr/Films%20for%20self-adhesive%20labels.html.

5.3 Fibra de vidrio

Uno de los materiales más usados hoy en día en Colombia como aislante térmico, es la fibra de vidrio, este material posee tanto ventajas como desventajas, ya que la fibra de vidrio es un material aislante termo acústico que es fabricado a partir de fibras minerales de vidrio. Esta como afirma Justavino (3) "Está compuesta por un entrelazado de filamentos de vidrio aglutinados mediante resina ignifuga, cuyo ordenamiento aleatorio permite que el aire quede ocluido en el interior de sus poros creando espacios intersticiales que ofrecen una eficiente capacidad aislante para aplicación de paneles de cuarto frio, tuberías calefactoras, ductos de aires acondicionados, etc."

La lana de vidrio o fibra de vidrio es un excelente aislante térmico a medias temperaturas; este material generalmente se aplica o se utiliza en tuberías de fluidos calientes, aislamiento acústico, como aislantes térmico en viviendas e industrias, se coloca en falsos techos, cámaras de aire, tuberías, cubiertas, etc. [12]

5.3.1 Ventajas y desventajas de la fibra de vidrio

Dentro de las ventajas que tiene el uso de fibra de vidrio en el mercado está que este material es ampliamente usado en países como España, Alemania, Suecia, Noruega, Inglaterra, Estados Unidos y Japón. Ya que estos requieren legalmente un aislante térmico dentro de sus edificaciones. Debido a su disponibilidad, facilidad de instalación, menor impacto ambiental de ciclo de vida del producto y precio, (25) se tiene como uno de los aislantes térmicos más solicitados en el mercado.

La fibra de vidrio es un material altamente contaminante para el medio ambiente e incluso dañino para la salud, ya que mientras la manta aislante de fibra de vidrio se encuentre en perfecto estado no presenta riesgo para la salud; pero si su integridad se ve perturbada por la humedad o algún agente externo que deteriore su estructura, las fibras se fraccionan en pequeñas partículas, esto provoca una contaminación por deposición aleatoria homogénea sobre áreas aledañas a la fuente de contaminación. Estas fracciones de polvos pueden mantenerse suspendidos por un periodo prolongado, causando irritación en los ojos, molestias de irritación del tracto respiratorio superior. También puede causar alérgicas cutáneas en contacto directo con la piel (8).

Para evitar la contaminación que produce la fibra de vidrio es importante evitar su uso y empezar a implementar aislantes térmicos amigables con el medio ambiente y que de preferencia no generen ningún contaminante o sea perjudicial para la salud.

6. METODOLOGÍA

La construcción del aislante térmico se realiza en 3 etapas, la primera etapa consta de una identificación, recolección y preparación del papel con recubrimiento polimérico; la segunda etapa constituye en fabricar el aislante térmico y la tercera etapa realizar pruebas físico-químicas.

6.1 Primera etapa preparación y molienda del papel

Se empleó el papel de marca ARcland, la cual es una de las más utilizadas para la impresión digital en las empresas dedicadas a este trabajo, la recolección del papel RCP se realizó directamente desde la empresa con el fin de evitar que se adhieran contaminantes externos.

El P-RCP se cortó hasta un tamaño considerable (4cm x 2cm), posteriormente es trituró y molió hasta obtener el menor tamaño posible (polvo), para esto se empleó un molino manual de marca Corona, referencia L14200.

6.2 Segunda etapa fabricación del aislante termico

En la fabricación del aislante térmico se tomaron dos muestras de P-RCP molido y cada una se mezcló con el retardante de llama (se usaron dos tipos de sustancia como retardante de llama, los cuales están especificados en la tabla 1), el cual estaba previamente disuelto en agua, posteriormente se colocó en calentamiento para retirar el exceso de agua.

Cuando la muestra estaba lo más seca posible se agregó el aglutinante (se implementaron dos tipos de aglutinante, los cuales están especificados en la tabla 1), el cual estaba previamente disuelto en agua. Esta mezcla a partir de este momento se llamó probeta, esta se sometió nuevamente a calentamiento hasta una generar una pérdida de agua considerable. Luego se colocó en un molde (5cm x 10cm x 2cm) dónde se dejaron secar a temperatura ambiente en intervalos de 4 a 8 días, hasta secar lo suficiente para desmoldar, considerando que debían mantener un peso constante, el molde fue engrasado previamente para reducir la perdida de aglomerado en el proceso de desmoldar.

Tabla 1. *Relación de aglutinante y retardante de llama.*

Aglutinante	Retardante de llama 0.25M	Cantidad de papel
Almidón 10%	Fosfato diamonico $(NH_4)_2HPO_4$	10 g
Almidón 10%	Bórax $(Na_2B_4O_7)$	10 g
Colbon-agua 2:1	Fosfato diamonico $(NH_4)_2HPO_4$	10 g
Colbon-agua 2:1	Bórax $(Na_2B_4O_7)$	10 g

Para introducir las probetas al molde se usaron dos métodos. El primero donde se colocaron tres capas de P-RCP del tamaño del molde, ubicadas arriba y abajo del aglomerado, estas capas de P-RCP tuvieron el mismo proceso que el papel molido y la segunda forma se colocaba el aglomerado en el molde sin ninguna capa de P-RCP.

6.3 Tercera etapa pruebas físico-químicas

Las pruebas físico-químicas que se realizaron fueron determinar, conductividad térmica, absorción de agua, temperatura máxima y reacción al fuego. Estas pruebas son descritas a continuación.

6.3.1 Absorción de agua

Las muestras fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente, se registró su comportamiento por un periodo de 24 horas, para observar su deterioro, ya que esta se toma como una prueba de envejecimiento acelerado. Luego de esto las probetas fueron dejadas a temperatura ambiente por 7 días y se observó su pérdida de agua y porcentaje de humedad en la misma.

6.3.2 Temperatura máxima

Las probetas fueron sometidas a una temperatura constante por un periodo de tiempo de 1 hora, luego se dejaban en un desecador por un periodo de tiempo de 10 minutos, se pesaban y posteriormente se colocaban nuevamente en la mufla aumentando la temperatura y dejándolas una hora más. Este proceso se realizó con distintas temperaturas entre 50 y 200°C.

6.3.3 Reacción al fuego

En esta prueba se colocaron las probetas en contacto con fuego directo desde el mechero, se observó su comportamiento, como se quemó la probeta, el desprendimiento de humo que hubo y si existió alguna modificación de la misma.

6.3.4 Actividad anti fúngica

Para esta prueba se tomaron las probetas, las cuales fueron expuestas a un ambiente de humedad y moho por un periodo de 8 días, se observó el deterioro y comportamiento de las mismas.

7. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Recolección de papel y reducción de tamaño

Se trabajó con el P-CRP producto de residuos de la impresión digital de marca ArCland, este papel posee un sustrato, es decir, un recubrimiento siliconado adherido a un papel kraft 135, el cual fue blanqueado y posee un peso estimado de 136g/m^2 (26).

Una vez recolectado el papel se llevó en una bolsa plástica para aislarlo de cualquier contaminación en el proceso de transporte, luego se procedió a limpiar el papel de la suciedad que pudo adquirir, se cortó en tiras pequeñas de 4 x 2 cm, estas fueron dobladas y posteriormente pasaron por un proceso de tres moliendas, ya que para obtener un mejor aglomerado es importante el tamaño, puesto que a menor tamaño de papel más consistente resulta el aglomerado y facilita el proceso de fabricación del aislante térmico. Reduciendo así las cantidades de retardante de llama, aglutinante y agua, en comparación al papel con un mayor tamaño.

7.2 Construcción del aislante térmico

En la etapa de construcción se implementaron dos tipos de retardante de llama, ideales para celulosa, el $(NH_4)_2HPO_4$ y el $Na_2B_4O_7$ (bórax), estos tienen una gran adherencia al papel y son solubles en agua, según Balarezo. Por otra parte se implementaron dos aglutinantes, el almidón al 10% y colbón de madera disuelto en agua en proporciones 2:1. Según Calero son especiales para ser mezclados con papel o celulosa.

Con estas mezclas se realizaron varias pruebas de consistencia y secado donde se obtuvieron 24 probetas que variaron en sus características. En la **Tabla 2**. Se observa el ejemplo de ocho probetas, donde cuatro probetas que tenían una cobertura en los dos lados del aglomerado, por otro lado las otras cuatro probetas se realizaron sin coberturas.

Esto se hizo para observar las variaciones de consistencia, dureza y tiempo de secado de las mismas.

***Tabla 2**. Relación de probeta y sus características.*

Probeta	Retardante empleado	Aglutinante disuelto en agua	Cobertura de papel
3	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón 10%	Si
4	$Na_2B_4O_7$	Almidón 10%	Si
5	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón 2:1	Si
6	$Na_2B_4O_7$	Colbón 2:1	Si
7	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón 10%	No
8	$Na_2B_4O_7$	Almidón 10%	No
9	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón 2:1	No
10	$Na_2B_4O_7$	Colbón 2:1	No

Las Probetas que se realizaron con cobertura tienen un aspecto más consistente y queda mejor adaptado al molde, conservan más el tamaño inicial, mientras que los que se realizaron sin la cobertura toman apariencias más irregulares como se observa en la **Figura 1.** En las últimas probetas se colocó solo una cobertura en la parte de abajo y luego en el momento de secado se retiraba, este proceso ayudaba a que la probeta tuviera una mejor consistencia un tamaño más uniforme y su peso fuera menor, cabe resaltar, que el uso de coberturas hace que el tiempo de desmoldado y secado sean mayores. Aunque la humedad en exceso permitiera que las probetas quedaran más uniformes y de fácil maleabilidad.



***Figura 1.** Probeta sin cobertura parte inferior y con cobertura parte superior.*

Las probetas que se fabricaron con bórax y almidón son más duras pero menos compactas; al momento de golpearlas suena huecas, mientras que las de $(NH_4)_2HPO_4$ y almidón son más consistentes presenta menos porosidad y como se observa en la **Figura 2**. Presentan un tamaño, un poco más grande que el de bórax.



Figura 2.*Moldes de (NH4)2HPO4 y almidón parte superior y bórax y almidón parte inferior..*

Las probetas de que se construyeron con $(NH_4)_2HPO_4$ y colbón se observa una mayor irregularidad en su forma, pero una mayor dureza al estar completamente secos, su tamaño es mayor y su aspecto más claro, con respecto a las probetas de bórax y colbón poseen una coloración gris y al mismo tiempo las orillas son secas pero su interior es blando en algunos casos, su tiempo de secado es mayor, su forma es más uniforme y su tamaño es menor, como se observa en la **Figura 3.**



Figura 3. *Probeta de bórax y colbón parte superior, (NH4)2HPO4 y colbón parte inferior*

En todas las probetas se registró la pérdida de humedad en el aglomerado, desde el momento de sacar del molde, hasta realizar pruebas posteriores. Esta variación se observa en la **Tabla 3.** Cabe resaltar que las probetas 3-6 poseen una cobertura en ambos lados, mientras que las probetas 7-10 fueron fabricadas sin coberturas.

Tabla 3*.Perdida de humedad de las muestras*

Probeta	Masa en (g) día desmontado	Masa en (g) día 3	Masa en (g) día 6	Masa en (g) peso final
3	24,893	21,042	20,989	20,457
4	20,375	20,37	20.360	17,798
5	46,024	30,07	29,663	30,103
6	101,776	46,874	39,701	34,897
7	71.993	34,946	16,412	15,384
8	96.889	49,988	24,562	23,456
9	69.778	46,193	31,394	30,792
10	97.567	66,929	44,374	42,892

Las probetas que se fabrican con colbón tienen mayor masa a lo largo de todo el proceso, contrario a lo que pasa con las de almidón, en la **Tabla 3.** se observa que las probetas con cobertura tienen una variación de masa dependiendo del aglutinante, ya que las que se hicieron con almidón pierden entre el 6 -10% de su masa en el proceso de secado, mientras que las que usan colbón como aglutinante pierden entre un 35 a 65% de su masa. Por otro lado las probetas que se fabricaron sin cobertura pierden más del 50% de su masa, en este caso las probetas que tienen almidón como aglutinante pierden más masa que las de colbón.

El colbón como aglutinante absorbe una mayor cantidad de agua en su interior, también retiene esta por mayor tiempo. En cuanto a las probetas hechas con almidón retienen menor cantidad de agua, cuando se están fabricando pierden mayor cantidad de agua, a lo largo del proceso de secado y después de ser desmontadas pierden menos masa.

Se encuentra que es mejor trabajar con moldes sin cobertura, debido a que pierden más agua y su masa es menor. Sin embargo se debe considerar que al no usar esta cobertura,

las probetas obtienen formas más irregulares y deben tener una mayor presión en el momento de estar en el molde.

Para esto se empleó una sola cobertura en la parte de abajo del molde, la cual es retirada en el proceso de secado, del mismo modo se realizó mayor presión en los moldes.

Se considera que el tiempo mínimo de secado debe ser de 15 días incluyendo el tiempo que las probetas deben estar en el molde, así como se debe procurar evaporar la mayor cantidad de agua en el proceso de fabricación de la mezcla.

7.3 Pruebas fisicoquímicas

Tabla 4*.Relación de número de probeta, retardante y aglutinante usado.*

Numero de probeta	Retardante de llama	Aglutinante
3	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón
4	Bórax	Almidón
5	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón
6	Bórax	Colbón
7	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón
8	Bórax	Almidón
9	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón
10	Bórax	Colbón
11	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón
13	Bórax	Almidón
19	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón
20	Bórax	Colbón
21	$(NH_4)_2HPO_4$	Almidón
22	Bórax	Almidón
23	$(NH_4)_2HPO_4$	Colbón
24	Bórax	Colbón

Estas pruebas se realizaron a las diferentes probetas cuyas características se observan en la **Tabla 4.** Dichas pruebas se implementaron para conocer resistencia, durabilidad, comportamiento al calor y humedad, de esta forma se encuentra cuál de las mezclas anteriormente descritas genero un aislante térmico con las mejores condiciones.

7.3.1 Absorción de agua

Para esta prueba se usaron cuatro probetas identificadas como 11, 13, 19 y 20, para este caso se registró el masa inicial de cada una de ellas antes de ser sumergidas en agua, luego de un periodo de 24 horas se registró el peso final. Así se hizo una relación de masa final – masa inicial, esto para conocer la cantidad de agua que absorbió cada una de las probetas.

$$masa_{final} - masa_{\ inicial} = cantidad\ de\ agua \qquad \text{Ecuación 1.}$$



Figura 4. *Probetas 2 horas después de estar en agua.*



Figura 5. *Probetas 20 horas después de estar en agua..*



Figura 6. *Probetas 24 horas después de estar en agua.*

Luego de dos horas de introducir las probetas en agua, como se observa en la **Figura 4,** estas tienen la misma forma y no se observa modificación a simple vista, al tacto la probeta 19 tiene una textura un poco más blanda de lo normal. En el caso de la probeta 20 el agua que la contiene toma una coloración blanca. Las probetas 11 y 13 no presentan cambios importantes hasta ese momento.

Luego de 20 horas de estar sumergidas en agua, como se puede ver en la **Figura 5** la probeta 19 tiene un cambio en la coloración del agua, su textura se vuelve blanda y se observan pedazos de la probeta en el fondo del Becker. La probeta 13 tiene una consistencia más blanda pero no es quebradiza y a tacto o presión no se encuentra problemas considerables. La numero 20 tiene una coloración más visible, igualmente el color característico de la probeta ha cambiado a blanco, lo cual se presenta solamente en los primeros días de haberla hecho y en el momento que es desmontada. La probeta 11 no presenta cambios considerables.

Luego de 24 horas de estar en contacto con agua las probetas 11, 19 y 20 presentaron una coloración blanca muy visible, como se puede ver en la **Figura 6**, mientras que la probeta 13 conserva el agua en las mismas condiciones, la probeta 19 se deshizo y partes de ella se encuentran dentro del Becker.



Figura 7*. Probetas con almidón*

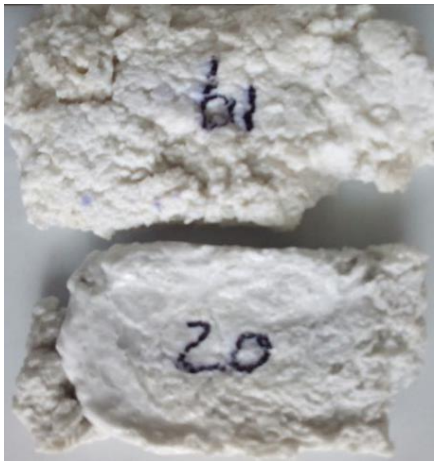


Figura 8. *Probetas con Colbón*

En la **Figura 7.** muestra como las probetas hechas con almidón poseen más firmeza, su color y tamaño son similares a los iniciales, mientras que en la **Figura 8.** se observa las probetas hechas con colbón, las cuales cambian su coloración y en el caso de la probeta 19 pierde su solidez.

Tabla 5. *Pesos de las probetas antes-después de ser sumergidas en agua y la cantidad de gramos de agua que absorbieron.*

Probeta	Retardante y aglutinante	masa inicial en (g)	ml de agua	masa final en (g)	g de agua que absorbió
11	$(NH_4)_2HPO_4$ /Almidón	15,282	200	33,891	18,609
13	Bórax/ Almidón	16,768	200	56,713	39,945
19	$(NH_4)_2HPO_4$ /Colbón	23,423	200	48,978	25,555
20	Bórax/ Colbón	28,912	200	40,251	11,393

En cuanto a la cantidad de agua que se absorbe se puede calcular con la ecuación 1, esto se encuentra registrado en la **Tabla 5.** El porcentaje de agua que retuvo la probeta se calcula con la ecuación 2.

$$\frac{g\ de\ H2O\ X\ 100\%}{masa\ inicial} = \%\ absorvido$$ Ecuación 2.

La probeta 11 absorbió 121.7 % de agua, sin cambiar mucho su estructura, debido, al contacto y presión seguía dura, aunque si era expuesto a flexión se rompe fácilmente pero no se desmorona. El molde 13 absorbió un 238% de agua más de dos veces su peso, su estructura se volvió un poco más blanda al contacto, pero al ser expuesto a flexión sigue intacto, sin romperse o desmoronarse.

La probeta 19 fue la que más daño presento, puesto que, se deshizo en el agua quedando una cantidad de 3 g dentro del Becker. Esta probeta llego a absorber el 109% de su peso en agua, la parte de aglomerado que no se disolvió o deshizo en agua quedo muy blando y se rompe con facilidad. La probeta 20 fue la que menos absorbió agua solo el 39,4% y fue más constante, a pesar que se observó una coloración blanca en el agua que lo contenía, los cambios fueron muy pocos.

En este caso el uso del almidón como aglomerante ayuda a que las probetas retengan una gran cantidad de agua, sin que esto les afecte significativamente, de igual manera se encuentra que las probetas que usan el bórax como retardante, obtienen mejores resultados, a causa de, los cambios ocurridos no perjudicaron su estructura o sus características, pues a pesar de la cantidad de agua no se observa deterioro o daños importantes en la probeta.

Para observar su comportamiento en un ambiente normal, se colocaron a secar en el laboratorio, luego de 3 días se volvieron a pesar las muestras para determinar la cantidad de agua que se había perdido. Luego de 6 días se registró nuevamente el peso. Los datos obtenidos se observan en la **Tabla 6.**

Tabla 6. *Variación de peso de las probetas al ser secadas al aire.*

Probeta	Masa en (g) inicial	g de agua que absorbió	masa en (g) 3 días después	masa en (g) 6 días después
11	15,282	18,609	17,407	12,738
13	16,768	39,945	37,706	21,126
19	23,423	25,555	37.690	22,412
20	28,912	11,393	29,717	26,139

En los primeros 3 días de exposición se observa que las probetas 11 y 20 han perdido casi toda el agua que habían absorbido. Considerando que la probeta 11 perdió el 88.7%

del agua que había retenido y la probeta 20 perdió el 93% del agua que absorbió, como se puede ver en la Tabla 5. Estas dos probetas eran las que menos agua había retenido en la prueba. Mientras que las probetas que más absorbieron agua tiene unos porcentajes de pérdida de más del 50%, como se ve en la probeta 13 que retiene un 47% de agua y la probeta 19 tiene un 44% de agua.

Luego de 6 días de tener las probetas al aire, se encuentra que estas pierden prácticamente toda el agua que pudieron llegar a absorber, mostrando el mismo patrón de pérdida de masa o de humedad que se tiene cuando se realizan las probetas. Se observa que las probetas 11, 19 y 20 tienen un masa final menor al masa inicial, esto debido a que en la prueba se perdió parte de la probeta 19, la probeta 20 perdió algo de aglutinante en el proceso pues el agua en el que se sumergió quedo de una coloración blanca, lo cual indica que el colbón que posee puede mezclarse con grandes cantidades de agua y disolverse. La numero 13 retiene muy poca agua aun, pero su pérdida de agua en un intervalo de 6 días es significativa ya que es del 90%.

El comportamiento de las probetas después de someterlas a absorción de agua por un periodo de 24 horas es de poco o nulo envejecimiento, solo en una de las probetas se observa cambios significativos o de deterioro considerable, la probeta 19 fue la más afectada por este proceso, por lo tanto no se puede llegar a implementar en un espacio donde pueda llegar a tener contacto con el agua por largos periodos de tiempo, ya que, se dañaría rápidamente. En cuanto a las otras probetas se encuentra que las condiciones climatológicas o exposición a sitios húmedos o con una fuente de agua cercana no los afectara significativamente solo aumentarían su masa y retendrían grandes cantidades de agua. De igual forma se encuentra que si estas después de retener grandes cantidades de agua son sometidas a secado, ocurriría una pérdida considerable de agua en un periodo de 6 a 8 días. Se considera que estas tres probetas 11, 13 y 20 pueden actuar perfectamente bien en sitios expuestos a humedad o condiciones climatológicas como goteras, inundaciones o similares.

7.3.2 Temperatura máxima

Para esta prueba primero se colocaron las probetas de 3 – 6 en un horno a distintas temperaturas en intervalos de una hora, obteniendo variación de masa como se observa

en la **Tabla 7.** Cabe resaltar que estas pruebas fueron con las mismas probetas desde el inicio hasta el final y realizadas el mismo día.

Tabla 7. *Peso de las probetas en gramos, resultado de exposición a distintas temperaturas por intervalos de una hora.*

Probeta	Masa inicial en (g)	Masa en (g) después de 53°C	Masa en (g) después de 100 °C	Masa en (g) después de 150°C	Masa en (g) después de 175°C	Masa en (g) después de 200°C
3	20,457	18,950	18,464	18,281	17,824	16,110
4	17,798	16,515	15,959	15,728	15,514	15,357
5	30,103	29,154	28,265	27,998	27,610	26,356
6	34,897	34,157	33,451	32,442	31,184	30,822

En esta tabla se observa que la variación de pesos es muy bajo ya que en las probetas 3, 5 y 6 existió una pedida de masa entre 3,7g y 4,34 g. Mientras que en la probeta 4 solo tuvo una pérdida de 2,4g, a pesar del aumento de temperatura no se observaron cambios muy relevantes de masa, ni perdida de dureza o consistencia, ya que ninguna de las probetas se rompió o volvió cenizas. Al calentar en el horno se observan las siguientes coloraciones, las cuales fueron el único cambio drástico observado a macro y micro escala.



Figura 9. *Probetas después por 1 hora a 100°C*



Figura 10. Probetas después de 1 hora a 150

En las **Figuras 9**. Y **Figura 10.** se observa una coloración caramelo en las probetas 3 y 5, pero las probetas 4 y 6 mantienen un color constante y no se observan variaciones, su olor es el mismo al igual que su dureza.

En **Figura 11.** se observa como las probetas 3 y 5 se tornan de una coloración más negra y un olor característico a azúcar quemado. Las probetas 4 y 6 empiezan a perder su color característico por un tono más café, su dureza es la misma en todos los casos. En la **Figura12.** Se ve como las probetas después de una hora a 200°C obtienen un color más oscuro, la probeta 5 queda completamente negra pero su dureza es la inicial y no se rompe al entrar en contacto o golpear con alguna superficie, en el molde 3 se ve la misma coloración y características similares a la **Figura11**., sin embargo el molde 4 y 6 cambian un poco su coloración a un marrón más oscuro, sus características son las misma



Figura 11. *Probetas después de 1 hora a 175°C*



Figura 12. *Probetas después de 1 hora a 200°C*

Se encuentra que en este caso el tipo de aglutinante no interfiere directamente con la prueba, mientras que el retardante de llama si, las probetas que contienen $(NH_4)_2HPO_4$ presentan una coloración negra desde los 175°, dando a entender que el retardante funciona bien hasta aproximadamente los 150°C, por otro lado, las probetas en donde se utilizó el bórax como retardante de llama no presentaron cambios significativos sino hasta los 200°C, donde su coloración se tornó un poco amarillenta, dando a entender que puede resistir temperaturas más altas sin presentar una carbonización. A pesar que los dos tipos de retardante actúan de distinta forma, se encuentra que en ninguno de los cuatro casos se presentó humo o llama en el momento del experimento, mostrando que no existe problema con ninguno de los dos tipos de retardante.

7.3.3 Reacción al fuego

En esta prueba se tomaron las probetas 21, 22, 23 y 24, estas fueron sometidas a llama directa de un mechero. En las siguientes imágenes se observa la reacción de las probetas a la llama.



Figura 13.*Probeta 21*



Figura 14. *Probeta 22*

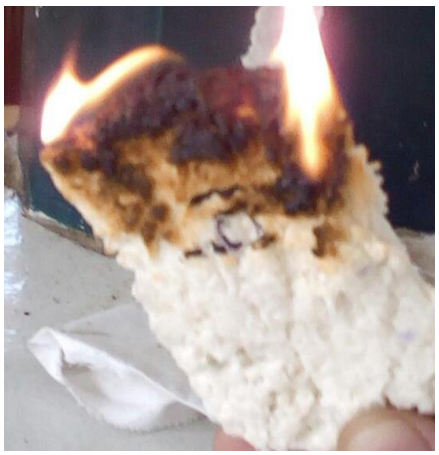


Figura 15. *Probeta 23*



Figura 16. *Probeta 24*



Figura 17. *Probetas 21, 22,23 y 24 en orden, después de ser sometidas a llama directa*

Como se nota en las anteriores imágenes la probeta 21 al ser expuesta a fuego directo se carboniza rápidamente, desprende muy poco humo de color gris, su olor es de papel quemado, se carboniza fácilmente, después de 10 minutos la probeta prende llama, se reduce el tamaño de la misma y conduce calor por toda la probeta. Cuando se raspo la probeta se observa que se carbonizo por dentro, al contacto con una superficie dura se deteriora.

La probeta 22 se observó que desprende humo negro fácilmente, su tamaño es constante, luego de unos minutos desprende muy poco humo no conduce calor, cuando se retira de la llama el humo desaparece inmediatamente, luego de rasparse la probeta se observó que su carbonización fue superficial.

La probeta 23 desprende humo gris y luego cambia a una coloración amarilla, se prende fácilmente y el humo es constante, luego de quitar de llama sigue observándose el humo por algunos minutos. Al raspar la superficie se observa que no se quemó por dentro sino superficialmente.

La probeta 24 cuando se pone a llama directa se prende fácilmente, no conduce calor, al ser quemado tiene un olor desagradable, después de quitar de la llama la probeta sigue con llama y desprende mucho humo. Al ser raspado se observó que se quemó por dentro.

Este análisis se llevó a cabo para simular la exposición del aislante a un incendio, se encuentra que las probetas 23 y 24, no serían las más óptimas en estas condiciones pues prende fuego con facilidad y no ayudan a controlar o retener el mismo, pues el aglutinante usado puede llegar a afectar el principio activo del retardante. La probeta 13 desprende

gran cantidad de humo al ser expuesta a fuego pero es fácilmente controlado gracias al retardante de llama que posee, el aglutinante es el mismo que se usa en la probeta 11 la cual tiene un retardante que funciona un poco menos que el anterior. En este caso el mejor aglomerado sería el de la probeta 13 debido a que no se observa un deterioro, no se incinera, ni desprende olores fuertes o tóxicos.

7.3.4 Actividad anti fúngica

Después de someter las probetas a un ambiente de humedad y moho, se obtuvo que las probetas 8,9 y 10 no presentaron cambios significativos. Mientras que la probeta 7 la cual contiene almidón como aglutinante y $(NH_4)_2HPO_4$ como retardante de llama fue la única que sufrió cambios, la superficie que estaba expuesta directamente a la pared con moho tomo en ciertas partes una coloración verdosa característica del moho al que estaba expuesta. Cuando esta probeta fue examinada con el microscopio se encontró variación y rastros del moho de pared *cladosporium*, el cual se encuentra presente en paredes o superficies interiores en contacto constante con humedad.

El uso las probetas 8, 9 y 10 como aislantes en situaciones de humedad y peligro de mohos, no perjudicaría la estabilidad, estructura o características de los mismos. Mientras que caso contrario con la probeta 7 no es recomendable para superficies con los problemas antes mencionados.

9. CONCLUSIONES

La trituración y molienda del papel al menor tamaño posible, es importante para que el aislante sea compacto, eficiente y su gasto de reactivos sea menor. Igualmente implementar retardante de llama que sea fácilmente disuelto en agua ayuda a que este se incorpore más fácil al papel y tengan mejores resultados. El bórax como retardante de llama, actúa mejor en todas las condiciones que se presentaron, a pesar de tener que calentar el agua para disolverlo completamente, este trae más ventajas como su actividad anti fúngica.

El uso de aglutinantes disueltos en agua ayuda a su mejor impregnación en la mezcla, pues a menos cantidad de agua más difícil será su manipulación. El almidón resulto siendo un aglutinante perfecto para la mezcla, ya que posee una excelente retención de agua y mejor resistencia al fuego directo.

Tanto el bórax como el almidón son las mejores sustancias para generar un aislante térmico, puesto que, en caso de humedad extrema retendría agua sin recibir daño alguno y posteriormente la perdería rápidamente. Y en caso de fuego directo solo desprendería humo y no se carbonizará, tolerando temperaturas superiores a 200°C sin problema. Posee características anti fúngicas importantes para espacios húmedos. Todas estas características muestran que un aislante generado con estas características podría reemplazar fácilmente a la fibra de vidrio o al icopor. Siendo ideal para hogares u oficinas, donde es importante mantener una temperatura constante, o en uso de exteriores donde las condiciones climatológicas puedan variar bruscamente en el transcurso del día o de los meses.

10. RECOMENDACIONES

Se deben realizar estudios posteriores como conductividad térmica, para tener una certeza de este dato y así garantizar el uso del aislante a nivel industrial. Se debe utilizar moldes más grandes para generar probetas más grandes y mirar si los resultados varían o son los mismos.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Chargoy Amador J P., Rosas Millán LA TM. Generación de inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento ... - Google Libros [Internet]. Universidad de las Américas Puebla; 2009 [cited 2017 Dec 6]. Available from: https://books.google.com.ec/books/about/Generación_de_inventarios_para_el_Anál.html?id=DxmNnQAACAAJ&redir_esc=y

2. Pottelbergh Eric Van BV. Pre-engineered recyclable product. 2011 [cited 2017 Nov 12]; Available from: https://www.google.com/patents/EP2568001A1?cl=3Den.

3. Pottelbergh E VB. Insulating material made of recycled sheet material coated with a release agent [Internet]. EP 2363544 B1, 2010 [cited 2017 Nov 22]. Available from: https://www.google.com/patents/EP2363544B1?cl=un.

4. Gutierrez, Jaime, Cadena, Carolina, Bula A. Aislamiento térmico producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con saccharomyces cerevisiae. Dyna. 2013;81(0012–7353):138–43.

5. Herranz Méndez M. Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética. 2012.

6. Rodríguez MV. Materiales aislantes sostenibles [Internet]. Vol. I, Universidad De Extremadura Escuela Politécnica. 2015. Available from: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4159/TFGUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4159/TFGUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf?sequence=1

7. Rougeron C, Luque Maldonado R, Laroche-Joubert G. Aislamiento acústico y térmico en la construcción [Internet]. Técnicos Asociados; 1977 [cited 2017 Nov 12]. Available from: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=l62bH8f9AJYC&oi=fnd&pg=PR9&dq=aislantes+termicos&ots=8bCxgVMWqI&sig=L6pLo2hq97ayzI5P3_SUBrI8Rnk#v=onepage&q&f=true

8. Justavino IJM. La fibra de vidrio en su estado contaminante. 2006;

9. ATECOS. Materiales Aislantes Térmicos [Internet]. Vol. GOBIERNO D. 2008. p. 6. Available from: http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Materiales_aislantes_ter

micos.PDF

10. Balarezo MF, Seguridad RA, Laborales S. RETARDANTES DE LLAMA. [cited 2017 Nov 16]; Available from: http://www.epsica.com/Publicaciones/Retardantes_llama_Mauro_Balarezo_1.pdf

11. Balarezo MF. Retardantes de llama.

12. Buezas Sierra N. Guía: Plásticos y fuego Informe de Novedades Tecnológicas. Programa Fom la innovación en Institutos Tecnológicos [Internet]. 2010 [cited 2017 Nov 17]; Available from: http://www.observatorioplastico.com/ficheros/publicaciones/126155543Guia_plasticos_fuego_2010_encrip.pdf

13. Calero F, Vasconez L. DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN AISLANTE TÉRMICO UTILIZANDO CASCARILLA DE ARROZ Y AGLUTINANTES NATURALES, EN PLANCHAS RÍGIDAS. 2012 [cited 2017 Nov 18]; Available from: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5500/1/T-ESPE-033587.pdf

14. ZHAO, J.; WISTLER RL. Spherical Aggregates of Starch Granules as Flavor Carriers. Food Technol [Internet]. 1994 [cited 2017 Nov 23];48(0015–6639):104. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=373299

15. MORENO R. DESARROLLAR UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA CONSTRUCTIVISTA A PAR TIR DE LOS CONCEPTOS DE GEN Y CROMOSOMA QUE PERMITAN UNA MEJOR COMPRENSION DE LA HERENCIA BIOLÓGICA EN EL GRADO NOVENO DEL SEMINARIO MENOR DE LA ARQUIDIÓCESIS DE MEDELLIN [Internet]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA; 2014 [cited 2016 Nov 22]. Available from: http://www.bdigital.unal.edu.co/11835/1/71768979.2014.pdf

16. Erica. Aislamiento Térmico [Internet]. [cited 2017 Nov 12]. Available from: http://www.erica.es/web/aislamiento-termico/

17. Aipex. Aislamiento térmico y comportamiento energético de los edificios [Internet]. [cited 2017 Nov 23]. Available from: http://www.aipex.es/faq_es.php?s=9

18. González Rivero Coordinación R, Liébana Òscar Rosique Revisión L. Proteccion pasiva: Reacción al fuego [Internet]. [cited 2017 Nov 18]. Available from: https://www.enginyersbcn.cat/media/upload/fitxes_manuals/Fitxa_1.1_Reaccion_al_fuego_Ruben_Rafael_Gonzalez.pdf

19. Capítulo 5 : Aislamiento : Materiales Y. [cited 2017 Nov 12];5:59–89. Available from: https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu.bae/files/CAPITULO_5.pdf

20. RATSA. Recubrimientos y Aislantes Térmicos, S.A. de C.V. [Internet]. Vol. 1. 2011. p. 44–7. Available from: https://www.ratsa.mx/archivopdf/RATSA-los-aislantes-termicos-ene-2011.pdf

21. Zam Arad A, Martínez-Ramírez S, Thompson GE, Moore BE. Efecto de los contaminantes atmosféricos en el deterioro de aislantes térmicos Effect of pollutant gases on electrical insulators deterioration. [cited 2017 Nov 12]; Available from: http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/409/455

22. Mercier, David (1); Dutil, Yvan (2), Rousse D, (3); Pronovost, Francis (4); Boudreau D(, 5); Hudon, Normand (6); Castonguay M. 1 Los aislamientos térmicos naturales: construcción e cológica y eficiencia energética. [cited 2017 Nov 16]; Available from: http://www.t3e.info/pdf/Publications/2011_CIER_Cuba_Aislamientos.pdf

23. Belosinschi D, Curtis S, Brouillette F. Release paper: Can phosphate esters be an alternative to silicone? BioResources. 2012;7(1):902–12.

24. Orlych GM. Silicone-Adhesive Interactions in Release Liner Applications. [cited 2017 Nov 12]; Available from: https://www.pstc.org/files/public/Orlych.pdf

25. FiberGlass. Lana de Vidrio. 2013.

26. Impresi CDE, Adhesivo VDEC, Kraft P. VINILOS DE COLORES ESTRUCTURA : 2006.