

**OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL
POLIESTIRENO EXPANDIDO Y PAPEL POST-CONSUMO**

LUZ MERY ZAMBRANO POVEDA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2011

**OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL
POLIESTIRENO EXPANDIDO Y PAPEL POST-CONSUMO**

LUZ MERY ZAMBRANO POVEDA

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Química**

Director de proyecto

JOSÉ CARLOS GUTIÉRREZ GALLEGO

Químico M. Sc

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr otra meta más en mi carrera.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Profesor José Carlos Gutiérrez por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como profesional por su dedicación en la elaboración de la tesis.

A Luis Eduardo Carreño y Wilson Eduardo Carreño (laboratorio de procesos de la escuela de ingeniería química) por la ayuda brindada durante la elaboración del proyecto.

A cada uno de los maestros que participaron en mi desarrollo profesional durante mi carrera, sin su ayuda y conocimientos no estaría en donde me encuentro ahora.

DEDICATORIA

A DIOS por sus bendiciones

A mi esposo y amigo Edgardo, por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Gracias por toda tu ayuda. A mi madre, María Antonia, y a mi querida hija María José, por su apoyo y estímulo para poder continuar con mis estudios.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. AGLOMERADO O MADERA PLASTICA	17
1.2. POLIESTIRENO	18
1.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	19
1.3.1. Propiedades del poliestireno expandido.....	19
1.3.1.1. Propiedades físicas	19
1.3.1.2. Propiedades Biológicas	21
1.3.1.3. Propiedades químicas.....	21
1.4. PAPEL POST-CONSUMO	22
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL	24
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	26
2.2. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN POLIMÉRICA	26
2.3. SOLUBILIDAD DEL EPS EN EL SOLVENTE	26
2.4. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PAPEL PERIÓDICO RECICLADO	26
2.5. OBTENCIÓN DEL AGLOMERADO	27
2.5.1. Impregnar las láminas con solución polimérica	27
2.5.2. Secado	27
2.5.3. Prensado.....	27
2.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS	28
2.6.1. Test de llama.....	28
2.6.2. Degradación Química	28
2.6.3. Prueba de permeabilidad	28
2.6.4. Resistencia a agentes bióticos	29
2.6.5. Densidad.....	29
2.6.6. Propiedades mecánicas	29

2.6.6.1.	Dureza.....	29
2.6.6.2.	Resistencia al impacto	30
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
3.1.	PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN POLIMÉRICA	31
3.2.	SOLUBILIDAD DEL EPS EN XILENO.....	31
3.3.	ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PAPEL PERIÓDICO POST-CONSUMO	31
3.4.	OBTENCIÓN DEL AGLOMERADO	32
3.4.1.	Impregnar las láminas con solución polimérica	32
3.4.2.	Secado	32
3.4.3.	Obtención de los aglomerados preliminares.....	33
3.5.	CARACTERIZACION DE LOS AGLOMERADOS	35
3.5.1.	Test de llama.....	35
3.5.2.	Degradación Química	35
3.5.3.	Prueba de permeabilidad	37
3.5.4.	Resistencia a agentes bióticos	37
3.5.5.	Densidad.....	38
3.5.6.	Propiedades mecánicas	38
3.5.6.1.	Dureza.....	38
4.	CONCLUSIONES.....	41
5.	RECOMENDACIONES	42
6.	BIBLIOGRAFIA.....	43
	ANEXOS.....	46

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: estructura y propiedades del poliestireno	15
Figura 2: Estructura del Poliestireno Expandido	16
Figura 3: Metodología experimental	20
Figura 4: Test de llama aglomerado 4	30
Figura 5. Test de llama aglomerado 5	30
Figura 6. Resistencia del aglomerado a la intemperie; día 1 y día 30	33
Figura 7. Probeta expuesta a prueba de impacto	35

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Propiedades físicas y características poliestireno expandido	19
Tabla 2: propiedades químicas del EPS	21
Tabla 3: Proporciones en %P/P de EPS y papel	32
Tabla 4: Datos de la elaboración de los aglomerados	33
Tablas 5. Resistencia química de los aglomerados	35
Tabla 6. Absorción de agua de los aglomerados	37
Tabla 7. Datos de los aglomerados para calcular la densidad	38
Tabla 8. Porcentaje de dureza de los tableros aglomerados	39
Tabla 9. Datos de ensayo de impacto	39

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. GLOSARIO	40
ANEXO B. FOTOS	42
ANEXO C: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA	44
ANEXO D: NORMA ASTM D256	51

ABREVIATURAS

PS: Poliestireno

GPPS: Poliestireno de uso general o Poliestireno Cristal

HIPS: Poliestireno de Alto Impacto

EPS: Poliestireno Expandido

%P/P: Porcentaje en Peso

HCl: Ácido Clorhídrico

H₂SO₄: Ácido Sulfúrico

HNO₃: Ácido Nítrico

NaCl: Cloruro de Sodio

OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO Y PAPEL POST-CONSUMO*

AUTOR: ZAMBRANO POVEDA, Luz Mery**

Palabras claves: Poliestireno expandido post-consumo, papel post-consumo, aglomerado, solución polimérica, prepregs.

RESUMEN

Ante la problemática actual por la que atraviesa el mundo debido a la contaminación generada por el aumento de residuos sólidos en las industrias, nace la idea de desarrollar nuevas tecnologías que implementen materiales post-consumo como materias primas para la elaboración de otros productos. El papel periódico y el icopor es uno de los productos que más encontramos en el diario vivir y que no están siendo reutilizados sino que se desechan, lo que implica un impacto ambiental negativo, reciclarlo se convierte en una alternativa que da valor agregado. En busca de soluciones a este problema, en este estudio se decidió darle un uso útil a estos materiales contaminantes, por tanto el objetivo principal fue obtener un aglomerado en forma de láminas utilizando como solución polimérica el poliestireno expandido post-consumo disuelto en xileno y papel periódico post-consumo como fibra, con el fin de reemplazar las láminas de madera que son utilizadas como tableros, divisiones, pisos y techos entre otros, los cuales son de bajo costo y fácil acceso a la comunidad en general, y así ayudar a disminuir la tala de bosques. Se obtuvo aglomerados con una proporción de 65.43 porcentaje en peso de solución polimérica y 34.57 porcentaje en peso de fibra de papel como refuerzo y 72.83 porcentaje en peso de solución polimérica y 27.17 porcentaje en peso de fibra de papel, a estos se le hicieron pruebas de densidad, dureza, capacidad ignífuga, resistencia al agua, a ácidos y al ataque biótico, para sí poder reemplazar la madera.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería química. Director José Carlos Gutiérrez Gallego. Químico M.Sc.

OBTAINING OF AGGLOMERATED FROM THE REUSE OF EXPANDED POLYSTYRENE AND POST-CONSUMER PAPER*.

AUTHOR: ZAMBRANO POVEDA, Luz Mery**

KEY WORDS: post-used expanded polystyrene, post-used paper, agglomerated, polymeric solution, prepregs.

ABSTRAC

Due to the current crisis that the world is facing because of the pollutions generated by the increase of solid waste from industries, a new idea is born to developed new technologies that implement materials from post-consumer prime materials for the fabrication of new products. Newspaper and Styrofoam are some of the raw materials consumed on a daily basis that are being disposed instead of being recycled, this has a negative impact on the environment and recycling becomes an alternative that gives an aggregate value. As a solution to this problem this study decided to give a use to these pollutant materials. The Principal objective of this study is to obtain an agglomerated in plate forms using a polymeric solution of post-consumer expanded polystyrene diluted in xylene and post-consumer newspaper fibers for the purpose of replacing wood boards that are used in chalkboards, dividers, doors, floors and roofs, that are low cost and of easy access to the community in general. This could help in the prevention of de-forestation. We obtained two different agglomerates, the first with a proportion of 65.43 percent in weight of polymeric solution, 34.57 percent in weight of newspaper fiber as reinforcement material, and the second with a proportion of 72.83 percent in weight of polymeric solution, 27.17 percent in weight of newspaper fiber. Test to these boards were conducted to evaluate their density, strength, fire proofing, water resistant, chemical and biological resistant, to determine if they can replace the wood boards

* Graduate Project.

**Faculty of physicochemical Engineering. Chemical Engineering School. Director: José Carlos Gutiérrez Gallego. Chemical M.Sc.

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas ambientales que se viven actualmente es el gran número de desechos sólidos que se generan a diario, uno de esos desechos es el poliestireno expandido (su siglas en ingles EPS) o icopor como es conocido en Colombia. Actualmente se conoce que una de las industrias donde se emplea a gran escala este material es en la construcción y el embalaje, por lo que se produce, se usa y se desecha rápidamente, contando con un ciclo de vida corto e impactante para el medio ambiente.

El papel un producto de uso diario, que provoca inmensos daños sobre el equilibrio de la naturaleza, ya sea por su fabricación, por no reciclarlo o por reciclarlo mediante el método químico convencional. 7.000 periódicos pesan alrededor de una tonelada, lo que equivale a tres metros cúbicos de madera, o lo que es lo mismo, 13 árboles de tamaño medio. Reciclar papel y cartón es primordial para economizar energía, evita la contaminación de las aguas y salva los bosques. [13] y [14]

Los aglomerados son una alternativa para disminuir el impacto ambiental, ayuda en el proceso de conservación de la naturaleza porque puede sustituir en muchas aplicaciones donde no se justifica sacrificar un invaluable recurso como es la madera. [12]

Ya que existe la oportunidad de obtener nuevos compuestos como lo son los aglomerados, nace la idea de elaborar madera plástica a partir de materias primas post consumo (Icopor y papel periódico), que permita tener una fuente de inversión y no logre producir grandes cantidades de desperdicio.

Se seleccionó estas materias primas principalmente por la alta oferta de estas en el entorno colombiano y por sus características físicas y químicas que se adaptan

correctamente a las necesidades del proceso. Esta selección se llevó a cabo teniendo en cuenta que la utilización masiva de está fibra en materiales compuestos en Colombia, puederepresentar una solución al problema ambiental que generan actualmente dichos desperdicios.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGLOMERADO O MADERA PLÁSTICA

Se llama así a los materiales compuestos de dos o más elementos. Es el resultado de la asociación de uno o varios materiales reforzantes (generalmente en forma de fibras) y un ligante o matriz. Es decir, las propiedades del conjunto exceden en mucho a cada uno de los elementos simples que lo conforman. Desde el punto de vista estructural tanto la matriz como la fase dispersa pueden ser cristalinos o amorfos. De ahí que los materiales compuestos sean cada vez más populares y su número se incremente día a día. [6]

La madera plástica es un producto de características físicas muy similares a la madera natural, resistente a la corrosión, agua, ácido, al ataque bioquímico y a la intemperie. Puede cortarse con segueta, sierra eléctrica y serrucho.

El rápido crecimiento que viene presentando este tipo de materiales se explica mediante las ventajas que estos ofrecen en términos de costos, durabilidad e impacto ambiental. Algunas de estas ventajas son:

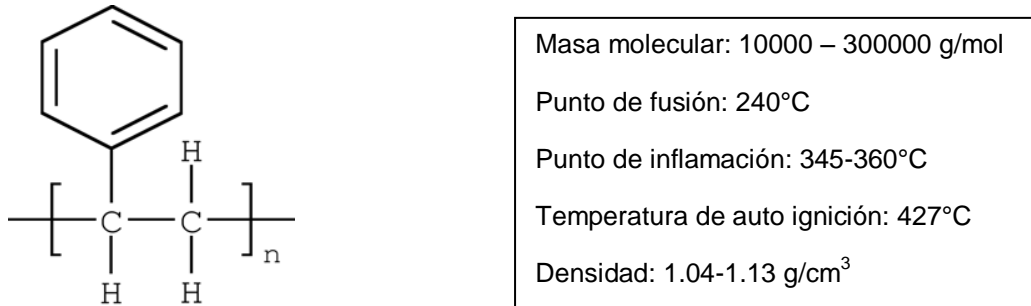
- ✓ Abundancia y bajo costo de la materia prima. Los materiales plásticos utilizados en este tipo de compuestos puede provenir de un proceso de reciclaje, lo cual disminuye su costo.
- ✓ No se deforma, resquebraja, astilla, ampolla ni descascara; no se pudre ni se descompone; es resistente a las termitas y a otros insectos que atacan la madera; es resistente al agua y la humedad; tiene baja densidad; promueve el reciclaje y ofrece economía a largo plazo.
- ✓ Sus características permiten múltiples usos y aplicaciones en productos para la construcción como muelles, terrazas, ventanas, molduras, pisos, partes y piezas de muebles. [7] y [11]

1.2. POLIESTIRENO

El PS es un polímero lineal, siendo el producto comercial atáctico y por tanto amorfo. Es relativamente inerte químicamente. Es bastante resistente a los álcalis, haluros de ácidos, a los agentes oxidantes y reductores. Puede nitrarse con ácido nítrico fumante y sulfonarse con ácido sulfúrico concentrado a 100°C para dar una resina soluble en agua. El poliestireno se degrada a temperaturas elevadas a una mezcla de compuesto de bajo peso molecular, siendo aproximadamente la mitad de ellos estireno. [10]

El poliestireno es un polímero vinílico. Estructuralmente, es una larga cadena hidrocarbonada, con un grupo fenilo unido cada dos átomos de carbono. Es producido por una polimerización vinílica por radicales libre a partir del monómero estireno. [20]

Figura 1: estructura y propiedades del poliestireno



Fuente: <http://pslc.ws/spanish/styrene.htm>

Existen dos tipos básicos de poliestireno:

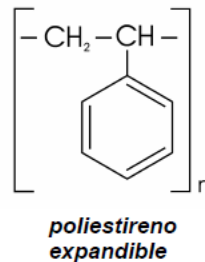
- poliestireno de uso general o poliestireno cristal (GPPS)
- poliestireno de alto impacto (HIPS)

A partir del poliestireno de uso general se obtienen otras variedades de PS como el expandido (EPS).[10]

1.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Tiene consistencia rígida, presentando células estancas. El material básico es el poliestireno granulado. Sus granos se emulsionan por la acción del calor aumentando de forma muy notable su volumen primitivo y formando los granos emulsionados una unión homogénea entre ellos. Es un aislante de primera calidad que permite obtener una reducción de un 30% en espesor. Es refractario al agua y resiste perfectamente la humedad y la acidez. Se puede trabajar fácilmente y es muy resistente a los choques, compuesto esencialmente de aire (hasta un 98%). [2] y [17]. En la figura 2 muestra la estructura del poliestireno expandido.

Figura 2: Estructura del Poliestireno Expandido



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>

1.3.1. Propiedades del poliestireno expandido

1.3.1.1. Propiedades físicas

En la siguiente tabla se muestra las propiedades físicas del EPS

Tabla 1: Propiedades físicas y características poliestireno expandido

Propiedades físicas	Característica
Densidad	Se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se

	sitúan en el intervalo que va desde los 10kg/m ³ hasta los 50kg/m ³ . [4] y [5]
Resistencia mecánica	La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúan generalmente a través de las siguientes propiedades: Resistencia a la compresión para una deformación del 10%, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.[5]
Aislamiento térmico	Presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico, esto se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo es un excelente aislante térmico. [3] y [15]
Comportamiento frente al agua y Vapor de agua.	Los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Al contrario de lo que sucede con el agua en estado líquido el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas. [9]
Estabilidad frente a la temperatura.	El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas, con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 KPa.Su punto de fusión es de 140°C. [1] y [18]

Comportamiento frente a factores atmosféricos.	La radiación ultravioleta es prácticamente el único factor que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS se torna amarillenta y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos. [4]
--	---

Fuente: Autora

1.3.1.2. Propiedades Biológicas

Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. [8], [9] y [19]

1.3.1.3. Propiedades químicas

Es un polímero no polar por lo cual es atacado por solventes que muestren esta característica. Además sufre de forma muy notoria el ataque de disolventes orgánicos tradicionales a ser atacado por cualquier medio acuoso básico o ácido. [19] y [21]. En la tabla 2 se muestra más información acerca de la estabilidad química del poliestireno expandido.

Tabla 2: propiedades químicas del EPS

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una

	acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esteres,..)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno/propiedades>

1.4. PAPEL POST-CONSUMO

El papel comúnmente está hecho de fibras de madera procesada, y contiene principalmente celulosa, que le da al papel sus características principales. Cuando el papel acaba de ser fabricado, usualmente es de color blanco, sin ningún rastro de color, y esto puede verse también en los libros nuevos. Sin embargo, la

madera tiene un compuesto llamado lignina, que también se encuentra en la mayoría del papel que conocemos. Las páginas se vuelven amarillas con el tiempo debido a esta lignina, y a su exposición al aire y luz solar. La lignina es un componente básico de la madera, que conforma entre 25% y 35% del volumen total de la misma. A nivel celular, la lignina se encarga de rellenar los espacios entre las células de la planta, en su mayoría celulosa y pectina, haciendo la estructura de la planta mucho más fuerte. [6]

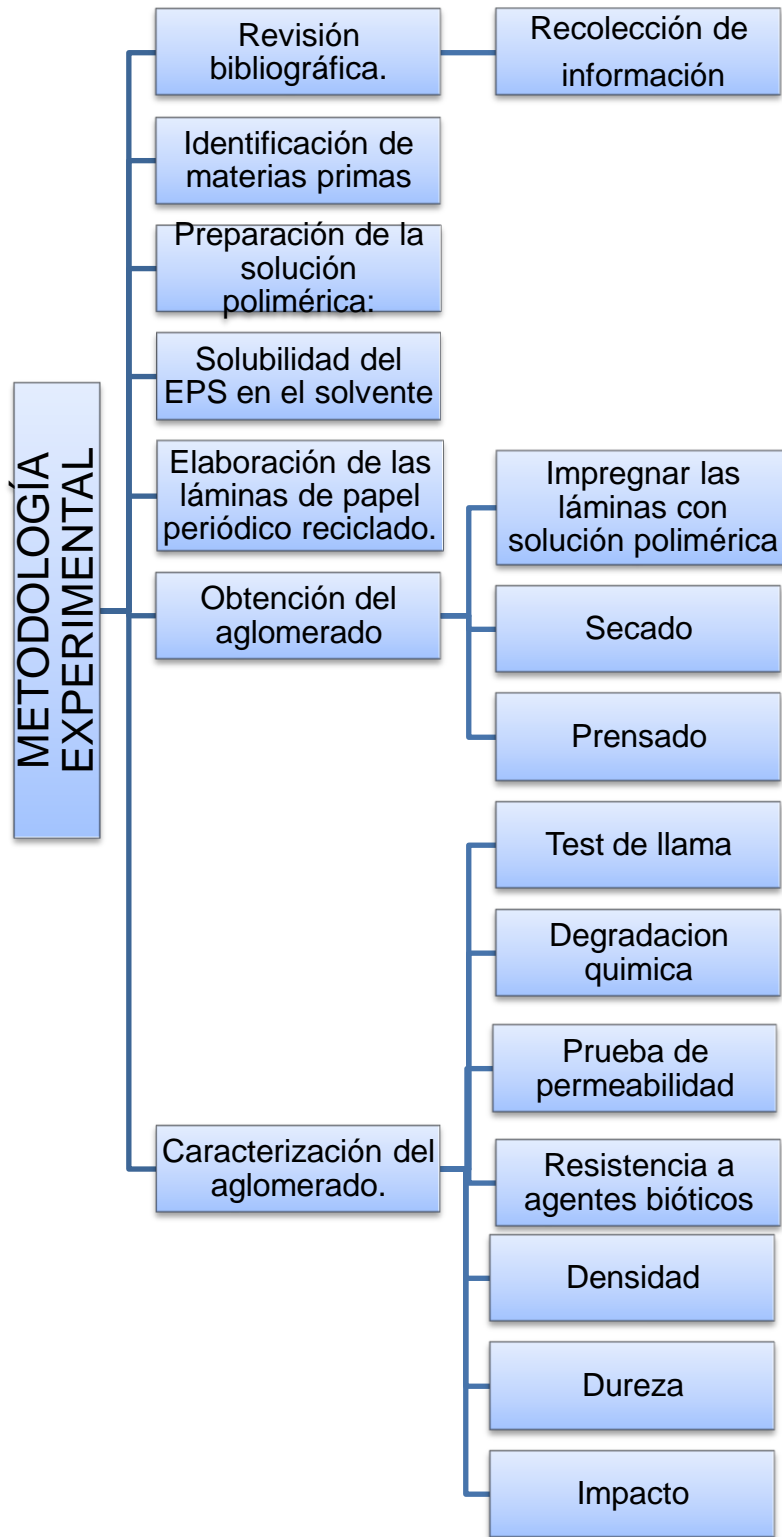
El papel usado no se puede reciclar indefinidamente para fabricar papel de nuevo. Cada vez que entra el pulper, la fibra se acorta y llega un momento que resulta inservible para esta finalidad. No obstante existen otras posibilidades como el papel fabricado a partir de papel reciclado[6]. En promedio, Colombia consume 1.1 millones de toneladas de papel al año, de las cuales el 63% se abastece con la producción nacional [16].

El papel y la industria papelera en general es uno de los sectores industriales mejor posicionados de cara al desarrollo sostenible. El ciclo del papel, controlando la contaminación, es cerrado y sostenible. Los arboles fijan CO_2 que queda almacenado en forma de biomasa. Los bosques son un sumidero natural de CO_2 , calculándose su capacidad en un millón de toneladas secuestradas de CO_2 por cada 50.000 Ha de bosque [6].

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Dentro del desarrollo experimental, se preparó una solución polimérica de EPS y xileno, a la cual se le realizaron pruebas preliminares para estimar la concentración de EPS presente en la solución. Posteriormente esta mezcla fue dispersa en láminas de papel periódico post-consumo, secadas y por último prensadas. Este nuevo material fue caracterizado para saber su resistencia ante agentes químicos, medio ambiente y resistencia al impacto. En La figura 3, muestra la metodología que se llevó a cabo para la realización del proyecto.

Figura 3: Metodología experimental



Fuente: Autora

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Se hizo la búsqueda de las materias primas, teniendo en cuenta que fueran post consumo, partiendo de la recolección del poliestireno expandido y posteriormente el papel periódico, para su posterior tratado.

2.2. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN POLIMÉRICA

Teniendo el EPS post-consumo seleccionado fue reducido de tamaño y mezclado con un volumen apropiado de solvente, permitiendo disolver las partículas mediante un agitador tipo Mesa oscilatoria MLW, hasta obtener una mezcla homogénea y formar una emulsión estable.

2.3. SOLUBILIDAD DEL EPS EN EL SOLVENTE

Se hicieron pruebas preliminares para saber la proporción adecuada de solvente y soluto presentes en la solución polimérica, se inicia pesando un vidrio seco, a este se le adicionó una muestra de solución polimérica, se pesó, se llevó al horno a una temperatura de 60 °C hasta obtener una película plástica, posteriormente se pesó, al obtener estos datos se sabe la cantidad de sólidos disueltos de EPS en la solución.

2.4. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PAPEL PERIÓDICO RECICLADO

Las láminas de papel periódico post-consumo, se elaboraron de forma manual, se picó papel se dejó por un periodo de dos días en un recipiente con agua, este se licuo, luego se pasó por un tamiz para separar las fibras de papel de los colorantes y la suciedad, se lavó y de nuevo se pasó por el tamiz, se extendió en unos plásticos y se dejó secar a temperatura ambiente por dos días, se recortaron quedando de forma rectangular.

2.5. OBTENCIÓN DEL AGLOMERADO

El aglomerado es elaborado a partir de una solución polimérica (poliestireno expandido) y una fibra (papel periódico post-consumo). El proceso de obtención se divide en tres etapas: impregnar las láminas con solución polimérica, secado y prensado.

2.5.1. Impregnar las láminas con solución polimérica

Para la obtención del aglomerado se mezclaron la solución polimérica y el papel periódico reciclado, se hicieron varias muestras con diferentes cantidades en porcentaje en peso de solución y papel, para saber la cantidad necesaria de cada uno de los componentes y no tener pérdidas a la hora de la elaboración del producto.

2.5.2. Secado

Posterior al proceso de impregnado de las láminas se llevan a la etapa de secado de estas, el cual se hace a temperatura ambiente y al aire libre. Con este proceso se tienen los prepregs o laminas impregnadas de polímero termoplástico.

2.5.3. Prensado

El aglomerado se realiza por medio de un molde y de un contramolde, los cuales se presionan a través de una prensa hidráulica marca Berstor referencia 59-50131, del laboratorio de operaciones unitarias y procesos de Ingeniería Química, donde el prensado fue aplicado por 10 min. En primera instancia las condiciones de prensado fueron; una presión de 20Kgf/cm² y una temperatura de 140°C, estos parámetros se redujeron a 10Kgf/cm² y 135°C para observar si mejoraba las características de las láminas prensadas. La prensa se mantuvo a temperatura y presión constante durante el prensado.

2.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS

Para la caracterización se tuvieron en cuenta los aglomerados con una proporción solución polimérica/fibra de 65.43 – 34.57 porcentaje en peso y 72.83 – 27.17 porcentaje en peso respectivamente y una lámina de papel.

2.6.1. Test de llama

Los aglomerados obtenidos fueron sometidos a una llama por medio de un mechero FISHER, donde se observó el comportamiento de la muestra en contacto con la llama.

2.6.2. Degradación Química

Se tomó varias muestras de aglomerado y se sometieron a contacto con varias sustancias químicas, utilizando 100 ml de solución con dos concentraciones diferentes de cada ácido a temperatura ambiente por un periodo de 10 días, las sustancias utilizadas son:

- H_2SO_4
- HNO_3
- HCl
- NaCl

2.6.3. Prueba de permeabilidad

Los aglomerados obtenidos se sometieron a una prueba de permeabilidad donde se pretende observar la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

2.6.4. Resistencia a agentes bióticos

Las muestras fueron expuestas a la intemperie por un periodo de 4 semanas a una temperatura en el día de aproximadamente de 26°C ±2 y en la noche a 20°C ±2 y a presión atmosférica.

2.6.5. Densidad

Para calcular la densidad del aglomerado se tuvo en cuenta el principio de Arquímedes y mediciones físicas, pesando las probetas y determinándoles el volumen de cada una, reemplazo en la siguiente ecuación se obtiene la densidad.

$$\rho = \frac{Ps}{Vm}$$

Donde Ps es el peso de la muestra seca

Vm es el volumen ocupado por la muestra.

2.6.6. Propiedades mecánicas

Prueba realizada a los aglomerados con una proporción de solución polimérica y fibra de 65.43 – 34.57 porcentaje en peso y 72.83 – 27.17 porcentaje en peso respectivamente.

2.6.6.1. Dureza

Para determinar el porcentaje de dureza de los aglomerados se empleó un durómetro Shore tipo D que es usado para medir materiales de alto grado de dureza.

El durómetro tipo D se presionó en diferentes partes del aglomerado para medir la deformación donde se hace la presión y de esta forma se obtuvo el porcentaje de dureza del material.

2.6.6.2. Resistencia al impacto

Esta prueba de impacto se realizó en el equipo de péndulo Izod, consiste en golpear una probeta con un péndulo que es colocado a un cierto ángulo del punto de impacto. Las probetas que se utilizan para realizar esta prueba, tienen como características principal una ranura donde se genera el impacto, el propósito principal de esto es que se genere una concentración de esfuerzos y la energía no se distribuya a lo largo de la probeta y se concentre en un solo punto, ya que de lo contrario la energía podría producir una deformación plástica provocando que la probeta se doblara y no que se rompiera. Las probetas se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D 256. (Ver Anexo D).

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN POLIMÉRICA

Al agitar la mezcla de poliestireno expandido y xileno se observaba que el EPS se deshacía lentamente debido a que no tenía un agente que acelerara la homogenización de la solución. Sin embargo se dejó agitar hasta que se disolviera completamente, esta quedó de color amarillo claro.

3.2. SOLUBILIDAD DEL EPS EN XILENO

Con el fin de encontrar la proporción adecuada de EPS que debía llevar la solución fue necesario variar la cantidad de xileno y EPS, esto se realizó con el fin de obtener buena absorción de la solución polimérica por la hoja de material fibroso. Esto fue determinado por medio de la observación teniendo en cuenta que la viscosidad es la resistencia a fluir de un líquido. Teniendo una mezcla que pudiera fluir se prosiguió a calcular la concentración de sólidos de EPS disueltos en la solución. Consiguiéndose una concentración en sólidos de 79.60 porcentaje en peso, con esta proporción se elaboró los preregs.

3.3. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PAPEL PERIÓDICO POST-CONSUMO

Se obtuvieron unas láminas de forma rectangular con las siguientes dimensiones, ancho 15 cm y de largo 18cm, se llevaron a un horno (Horno Binder ED 53-UL N° 00-05510 del laboratorio de polímeros de Química) a una temperatura de 100°C para que se terminara de retirar la humedad. Esto se hace debido a que al haber presencia de humedad impedirá la adherencia entre las fibras y la solución polimérica.

3.4. OBTENCIÓN DEL AGLOMERADO

3.4.1. Impregnar las láminas con solución polimérica

Con el fin de saber con qué proporción de EPS y papel se obtenía un mejor aglomerado, fue necesario varias la relación de estas, se hicieron 3 tipos de láminas con diferentes cantidad de solución, para obtener la más adecuada y así elaborar el aglomerado. En la tabla 3 se muestran las diferentes proporciones.

Tabla 3: Proporciones en %P/P de EPS y papel

Muestra	%P/P de EPS	%P/P de papel
1	55.89	44.11
2	65.43	34.57
3	72.83	27.17

Fuente: Autora

Al observar la lámina que tenía 55.89 %P/P de EPS y 44.11%P/P de papel reciclado se pudo inferir que esta estaba muy quebradiza y se podía romper fácilmente, además tenía espacios donde no había presencia de polímero, por lo tanto se debió impregnar de nuevo con solución polimérica quedando con unas condiciones de 65.43%P/P de solución y 34.57%P/P de papel, observándose que esta resistía más que la anterior, sin embargo se hizo una tercera sumergida para saber si mejoraba las características, esta contenía 72.83%P/P de solución y 27.17%P/P de papel, se observó que con estas cantidades la lámina quedó brillante debido a la cantidad de polímero presente.

3.4.2. Secado




Las láminas después de cada impregnada con solución polimérica se debían dejar por un periodo de dos días para su posterior secado, esto se realizó a temperatura



ambiente de 22 a 23°C, a presión atmosférica de 101310 Pa al aire libre, y así obtener los prepregs para su posterior prensado.

3.4.3. Obtención de los aglomerados preliminares

Con los prepregs que contenían 65.43 porcentaje en peso de solución polimérica y 34.57 porcentaje en peso de papel y con 72.83%P/P de solución polimérica y 27.17%P/P de papel se inició a elaborar los aglomerados. Listo el molde con las muestras se introduce en la prensa a la temperatura de ablandamiento del EPS de 140°C realizando el prensado de forma lenta hasta alcanzar una presión estimada manteniéndola durante 10 minutos para después proceder a sacar el molde, luego se reduce las condiciones de prensado. En la tabla 4 se presentan los diferentes aglomerados obtenidos, variando la cantidad de láminas, la temperatura y la presión.

Tabla 4: Datos de la elaboración de los aglomerados

N°	Cant. de láminas	%P/P EPS	%P/P Papel	Presión [Kgf/cm ²]	Temperatura [°C]	Imagen
1	2	65.43	34.57	20	140	
2	4	65.43	34.57	20	140	
3	4	72.83	27.17	20	135	

4	8	65.43	34.57	10	135	
5	8	72.83	27.17	10	135	

Fuente: Autora

Después de examinar por medio de observación los aglomerados 1, 2 y 3 tenían apariencia de láminas plastificadas muy delgadas con una distribución no homogénea de las fibras en la solución polimérica, aparecen como consecuencia zonas con espacios vacíos de fibra. Esto se ve influenciado básicamente por la presión ejercida y la temperatura a la hora de prensar puesto que con una presión baja no se verá afectada la distribución de las fibras en la matriz. Sin embargo al aglomerado 3 se le disminuyó la temperatura y no presento mejores características lo cual se debe a la cantidad de solución polimérica presente en los preregs. Por ende estas muestras son descartadas porque presentan un bajo grado de compactación y una notable fragilidad lo que hace que sean inadecuadas para posteriores aplicaciones.

Las muestras que presentaron una mejor compactación fueron las 4 y 5, sin embargo el aglomerado 5 presento mayor flexibilidad y un grosor menor que el aglomerado 4 debido a la cantidad de polímero al cual fue elaborado, por estas razones se escogió la muestra 4 como condiciones de partida para la elaboración de los aglomerados, ya que son las proporciones adecuadas para que la fibra se una a la matriz polimérica sin obtener pérdidas a la hora de prensar. Por otra parte, la pulpa de papel contiene principalmente fibras cortas que causan una disminución en la resistencia a la flexión de los tableros, al tener el aglomerado 4 mayor cantidad de papel que el 5 disminuía la flexibilidad.

3.5. CARACTERIZACION DE LOS AGLOMERADOS

3.5.1. Test de llama

Figura 4: Test de llama aglomerado 4 Figura 5. Test de llama aglomerado 5



Fuente: Autora

Los aglomerados se sometieron a una llama directa el cual al iniciar la combustión presento una llama amarilla brillante y en la parte superior se observó un color rojo ladrillo, durante la combustión se produce una gran cantidad de humo, con desprendimiento de gases y olores, esto es debido a la presencia de sustancias volátiles como el estireno. El humo presente en las muestras es proporcional a la cantidad de solución polimérica contenida en el aglomerado.

3.5.2. Degradación Química

Tablas 5. Resistencia química de los aglomerados

Solución	Aglomerado (4) 65.43 : 34.57 %P	Aglomerado (5) 72.83 : 27.17 %P	Lámina
HCl al 28.91%P	Estable, s/n amarilla claro.	Estable, s/n amarilla.	Se torna una coloración amarilla, Desprendimiento de partículas.

HCl al 29.48%P	Estable, s/n amarilla.	Estable, s/n amarilla.	Hinchamiento, degrado.
H ₂ SO ₄ al 6.47% P	No presento deterioro.	No presento deterioro.	Coloración violeta, hinchamiento.
H ₂ SO ₄ al 21.68%P	Estable, la muestra toma una coloración café.	Estable, toma una coloración café.	Se deshace al transcurrir el tiempo.
HNO ₃ al 4.44%P	La muestra se hundió en la s/n, coloración gris, no mostro deterioro.	No se observa ataque al aglomerado, toma una coloración gris.	Fue atacada pasivamente, se hincha, torna coloración café claro.
HNO ₃ al 9.75%P	Toma una coloración amarilla, no hay deterioro, hundimiento de la muestra.	No presento desgaste, hundimiento de la muestra, coloración amarilla.	Degradación e hinchamiento.
NaCl al 10%P	No hay cambios	No hay cambios	Hinchamiento de la muestra

Fuente: Autora

Los aglomerados resisten a las soluciones ácidas y salinas a las cuales fueron expuestos, sin importar su concentración. La coloración amarilla de las soluciones se debe a que el papel post consumo utilizado en la elaboración de los aglomerados contiene un compuesto llamado lignina presente en las paredes celulares, el cual se desprende y torna una coloración amarilla. En algunos aglomerados se presenta un oscurecimiento este se debe a la oxidación que presenta las muestras. (Ver Anexo B. foto 4)

3.5.3. Prueba de permeabilidad

Con esta prueba se observó la capacidad del aglomerado para absorber agua sin alterar su estructura interna. Con los datos obtenidos se puede inferir que posee un bajo porcentaje de absorción debido a que es un material compacto y no presenta gran cantidad de poros que permitan absorber fluido. Este porcentaje de absorción es provocado por uno de los componentes del aglomerado, el papel, al estar en contacto con agua, sus fibras celulósicas altamente hidrofílica, absorben moléculas de agua (se hidratan) y se hinchan ya que la celulosa tiene una afinidad natural con este líquido, el papel puede absorber más agua que su propio peso. Sin embargo al estar impregnado con solución polimérica esta le permite ser impermeable por tanto su porcentaje de absorción es bajo, debido a que el los niveles de absorción del poliestireno expandido son mínimos. En la tabla 6 se muestra los datos del peso inicial y final de las probetas y el porcentaje de absorción.

Tabla 6. Absorción de agua de los aglomerados

Aglomerado	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Absorción
4	3.21	3.67	14.3302
5	2.87	3.28	14.2857

Fuente: Autora

El porcentaje de absorción decrece al aumentar el contenido de adhesivo (solución polimérica). Para este parámetro no se observaron diferencias apreciables entre los aglomerados de 4 y 5, como se observa en la tabla 6.

3.5.4. Resistencia a agentes bióticos

El comportamiento del aglomerado frente a factores atmosféricos fue favorable ya que no presenta ningún deterioro físico apreciable a simple vista, no hay presencia

de moho ni de insectos que deterioren el tablero aglomerado. Esto se debe a que el EPS es imputrescible, no enmohece y no se descompone, tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. En la figura 6 se observa el aglomerado expuesto a la intemperie por un periodo de 30 días.

Figura 6. Resistencia del aglomerado a la intemperie; día 1 y día 30



Fuente: Autora

3.5.5. Densidad

Tabla 7. Datos de los aglomerados para calcular la densidad

Aglomerado	Peso [g]	Volumen [ml]	Densidad [g/ml]
4	4.49	5	0.8980
5	6.93	17	0.4076

Fuente: Autora

Los tableros aglomerados presentan una baja densidad debido a que el poliestireno expandido como el papel tienen baja densidad, dándole esta propiedad al producto, esta característica es primordial ya que permite diseñar componentes ligeros y de buena rigidez. El aglomerado 4 presenta una densidad mayor respecto al aglomerado 5 (ver tabla 7), siendo un valor similar a los reportados en la literatura los cuales se encuentran entre 0.640 y 0.900 g/ml.

3.5.6. Propiedades mecánicas

3.5.6.1. Dureza

Tabla 8. Porcentaje de durezade los tableros aglomerados

Aglomerado	Dureza (Shore)
4	70
5	65

Fuente: Autora

La dureza es la resistencia que presenta el aglomerado al ser rayado o penetrado por otro. Los aglomerados obtenidos reportan una dureza de 70y 65 (escala Shore)lo cual indica un material con una resistencia media a la penetración o rayado,esta característica es muy importante en la madera plástica ya que se deja manipulara con las herramientas utilizadas en la industria de los tableros aglomerados.

3.5.6.2. Resistencia al Impacto

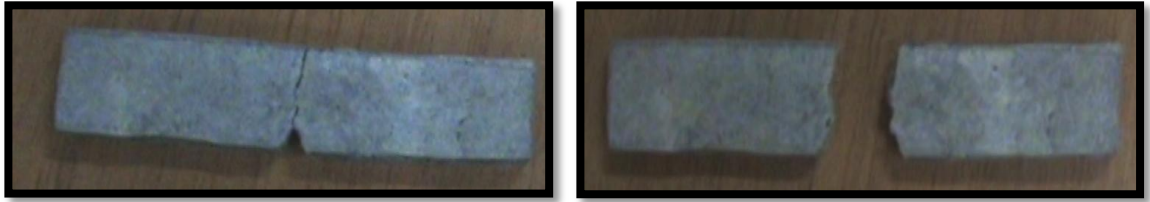
Tabla 9. Datos de ensayo de impacto

aglomerado	Energía [J]	Angulo	Esfuerzo [J/m²]
4	0.61	108.70	789.46
5	0.33	110.69	421.04

Fuente: Autora

Con esta prueba se midió la cantidad de energía que un material puede absorber antes de su fractura (ver tabla 9). La probeta sufrió una fractura de forma total donde el origen de la falla fue la ranura que presentaba la probeta de 2.5mm (ver figura 7). Frente a este ensayo podemos decir que el aglomerado 4 presenta mayor tenacidad comparado con el aglomerado 5, debido a que no absorbe eficientemente la energía cinética transmitida por el péndulo de ensayo.

Figura 7. Probeta expuesta a prueba de impacto



Fuente: Autora

4. CONCLUSIONES

Los resultado de este estudio indica que las mejores proporciones de solución polimérica y fibra para la elaboración de los tableros aglomerados consistía en 65.43% en peso y 34.57% en peso respectivamente, con unas condiciones de prensado de 10Kgf/cm², una temperatura de 135°C y un tiempo de 10min; ya que no hay perdidas de material y presenta resistencia a los agentes químicos, a la absorción de agua y buenas propiedades fisicomecanicas.

Se determinó que cuando se aumentaba la cantidad de láminas a prensar y con las mismas condiciones, a una temperatura de 140 °C, una presión de 20 Kgf/cm² y por un periodo de 10 minutos, se observó que las láminas se esparcían y se perdía material, por tanto el aglomerado quedaba muy quebradizo y mala resistencia.

Fue posible obtener aglomerados con características similares a los productos actualmente disponibles comercialmente, con buena resistencia a la intemperie, no enmohece son livianas con suficiente resistencia para ser utilizadas en las diferentes aplicaciones.

Los tableros aglomerados obtenidos a partir de EPS y papel periódico post consumo es una alternativa viable que incentivan al reciclaje, ya que estas materias primas son desechos industriales de fácil adquisición y bajo precio o gratuitas, por tanto es una opción que da valor agregado, a bajo costo, con la misma calidad y resistencia de la madera y es amigable con el medio ambiente.

5. RECOMENDACIONES

Es necesario adicionar al proceso un retardante a la llama debido a que la mayoría de los aglomerados son inflamables y en presencia de una fuente de calor y de oxígeno se queman fácil y rápidamente, con este fin se pueden usar silicatos de sodio, fosfatos de amonio los cuales se incorporarían a la hoja de papel durante su fabricación.

La mayoría de los compuestos reforzados con fibras consiguen una mejor resistencia a la fatiga, mejor rigidez, y una mejor relación resistencia-peso, por tanto se recomienda elaborar el mismo aglomerado pero con una fibra de vidrio, de fique u otras para mejorar las características.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] ACH foam Technologies. Material Safety Data Sheet. [en línea] <http://www.foam-co.com/msdseps_achfoam.pdf> [citado el 20 de mayo de 2011].
- [2] Asociación Argentina de Poliestireno Expandido (AAPE). Comportamiento al fuego del Poliestireno Expandido. 2005 [en línea] <http://www.polinorte.com/images/imagesuser/archivos/polinorte_eps_comp_fuego.pdf> [Citado el 4 de junio del 2011]
- [3] _____. Productos y aplicaciones : Aislamiento térmico. [En línea]. <<http://www.aape.com.ar/Productos/pya03.htm>> [citado el 20 de febrero del 2011].
- [4] ANAPE. Aplicaciones de Envasado y Embalado en EPS. [En línea]. <<http://anape.es>>. [citado el 18 de febrero del 2011]
- [5] _____. Productos y propiedades. [En línea]. <<http://www.anape.es/index.html>>. [Citado el 11 de abril de 2011].
- [6] CASTELLS, Xavier E. Reciclaje de residuos industriales : Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. 2 ed. Barcelona : Días de Santos, 2001, p. 28, 297- 299, 337
- [7] DELGADO, O.F. & MEDINA, J.A. Extrusión de perfiles espumados de madera plástica. Colombia. Universidad de los Andes, p. 56-57

- [8] Ecoazul. Gestion Integrada De Residuos Industriales : Madera Plástica. [En línea]. <http://ecoazul.com/sitio/sub_madera.php> [Citado el 25 de mayo de 2011].
- [9] El poliestireno expandido y medio ambiente. Madrid: ANAPE. p: 10. Boletín 10:3. 2003.
- [10] FRED W. Billmeyer. Ciencia de los polímeros. 2 ed. Barcelona : Reverté, 1975. p. 409-411
- [11] GREEN PLAST. Madera plástica. [en línea]. <<http://www.greenplast.cl/htm/productos.htm>> [citado el 30 de mayo del 2011].
- [12] Heusch, R; Bayer, A y Leverkusen, G. Emulsiones de perfiles espumados de madera plástica. Colombia. Universidad de los Andes, p. 55-58
- [13] JODAR Manuel. Pagina urbano ambiental : El papel. [en línea] <<http://www.manueljodar.com/pua/pua3.htm>> [citado el 15 de abril de 2011]
- [14] Kim. S, Kim. H.J, Park. J. C. Resources, Conservation and Recycling : Application of recycled paper sludge and biomass materials in manufacture of green composite pallet.En. Elsevier [En línea]. No. 53 (Nov, 2009); p. 674-679 <http://adhesion.org/admin/paper/296sci_smkim.pdf> [citado el 20 enero de 2011]
- [15] MARTINEZ B. Sergio E. Polímeros. ediciones UIS. Bucaramanga 1993. P. 57,58,91
- [16] MARTINEZ, Jorge. El reciclaje, La forma más fácil de mantener nuestro planeta vivo. 2007. [en línea].<<http://www.gestiopolis.com>> [citado el 5 de junio del 2011]

- [17] P. Rapin. Prontuario del frío. 2 ed. Barcelona : Reverte, 2002. p 193-194
- [18] SOLÍS. Celestino. Propiedades del EPS : Características del Poliestireno Expandido. [en línea] <
http://www.diaterm.com/appl/botiga/client/img/pdf/Propiedades%20del%20EPS_KNAUF%20THERM%20Th35SE.pdf > [citado el 25 de enero de 2011]
- [19] Textos científicos. Poliestireno expandido. [En línea]. <<http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>> [citado el 15 de mayo de 2011]
- [20] Universidad del sur de Mississippi. Departamento de ciencia de los polímeros : Poliestireno. [En línea]. <<http://pslc.ws/spanish/styrene.htm>> [citado el 12 de marzo de 2011]
- [21] W. D. Callister. Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales 1. Reverté. Barcelona, España. 2007, p. 117, 132.

ANEXOS

ANEXO A. GLOSARIO

PREPREGS: son materiales fibrosos impregnados con materiales de resina reactiva. Los Prepregs son el material de inicio ideal para piezas estructurales ligeras al mismo tiempo que resistentes, gracias a las distintas formas que existen de manipularlos.

MATERIAL COMPUESTO: Se define como material compuesto todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas.

LIGNINA: La lignina es un componente básico de la madera, que conforma entre 25% y 35% del volumen total de la misma. A nivel celular, la lignina se encarga de rellenar los espacios entre las células de la planta, en su mayoría celulosa y pectina, haciendo la estructura de la planta mucho más fuerte. La lignina es un componente básico en los troncos de los árboles, ya que sin su presencia, los árboles no podrían crecer a más de 2 metros de alto.

CARGA: Es un material derivado de desechos agroindustriales empleados como material de relleno.

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: El principio de Arquímedes es un principio físico que afirma que: «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja.

ENSAYO DE IMPACTO: Es una prueba dinámica que permite predecir en cierta forma el comportamiento dúctil o frágil de un material a una temperatura específica. El ensayo determina la energía absorbida por una probeta (ranurada) durante su fractura; esto se denomina, como tenacidad del material.

LA MADERA PLÁSTICA: Madera plástica es un material ecológico, sustentable y reciclable con magnificas propiedades físicas debido a su alta capacidad de resistencia a agentes externos, impactos, condiciones climatológicas, es un sustituto de materiales tradicionales como madera, concreto, plástico inyectado entre otro materiales, su base primaria es plástico post consumo o plástico considerado como desecho.

ANEXO B. FOTOS

Foto 1: Materias primas y producto final

a.b.

c.

d.



Foto 1. a) Láminas de papel reciclado; b) Xileno Comercial; c) Icopor (EPS);
d) Aglomerado con proporción en peso de 65.43:34.57

Fuente: Autora

Foto 2. Solución polimérica



Fuente: Autora

Foto 3. Test de llama



Fuente: Autora

Foto 4. Degradación Química



Fuente: Autora

Foto 5. Permeabilidad del aglomerado



Fuente: Autora

ANEXO C: FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

ÁCIDO NÍTRICO		ICSC: 0183 Octubre 2006	
CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	7697-37-2 QU5775000 2031 007-004-00-1 231-714-2	Ácido nítrico concentrado (70%) HNO ₃ Masa molecular: 63,0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con productos químicos combustibles u orgánicos.	En caso de incendio en el entorno: NO espuma.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con muchos compuestos orgánicos frecuentes.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Quemaduras cutáneas graves. Dolor. Decoloración amarilla.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras..	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Dolor abdominal. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Shock o colapso. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico. Eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.		Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: O, C R: 8-35 S: (1/2-)-23-26-36-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios de las NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: I Clasificación GHS Peligro Puede ser corrosiva para los metales. Mortal en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Provoca daños en las vías respiratorias si se inhala. Provoca daños en el tracto digestivo por ingestión. Provoca daños en las vías respiratorias y en los dientes tras exposición prolongada o repetida si se inhala.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S2031-I Código NFPA: H4; F0; R0; OX		Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases y de alimentos y piensos orgánicos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	

ÁCIDO NÍTRICO		ICSC: 0183
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro a amarillo, de olor acre.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente, produciendo óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, p.ej. turpentina, carbón, alcohol. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para los metales, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ:0001). Reacciona violentamente con compuestos orgánicos.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 ppm como TWA, 4 ppm como STEL; (ACGIH 2006). MAK: Ilb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2008).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN Efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (ver Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor. La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a erosión dental.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 121°C Punto de fusión: -41,6°C Densidad relativa (agua = 1): 1,4 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 6,4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,2</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,07 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,21</p>	
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto hasta que han pasado unas pocas horas o incluso días y se agravan con el esfuerzo físico. Esta Ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 1 ppm, 2,6 mg/m³ Notas: Agente químico que tiene un valor límite indicativo por la UE</p>		

Fuente:

<http://www.fichasdeseguridad.com/buscar.php?p=2&q=ACIDO%20NITRICO>

ACIDO SULFURICO

ICSC: 0362




ACIDO SULFURICO
 Aceite de vitriolo
 H_2SO_4
 Masa molecular: 98.1

N° CAS 7664-93-9
 N° RTECS WS5600000
 N° ICSC 0362
 N° NU 1830
 N° CE 016-020-00-8



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. Desprende humos (o gases) tóxicos o irritantes en caso de incendio.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con combustibles.	NO utilizar agua. En caso de incendio en el entorno: polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores, agua.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
● INHALACION	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
● PIEL	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
● OJOS	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
● INGESTION	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos, colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO

Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes y alimentos y piensos (véanse Notas). Puede ser almacenado en contenedores de acero inoxidable (véanse Notas).	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2)-26-30-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II CE:
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0362	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	



Fichas Internacionales de Seguridad Química

ACIDO SULFURICO

ICSC: 0362

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido higroscópico, incoloro, aceitoso e inodoro.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS PELIGROS QUIMICOS Por combustión, formación de humos tóxicos de óxidos de azufre. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos con desprendimiento de calor (véanse Notas). Al calentar se forman humos (o gases) irritantes o tóxicos (óxido de azufre).	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 1 mg/m ³ (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 3 mg/m ³ (ACGIH 1993-1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Si las exposiciones al aerosol de esta sustancia son repetidas o prolongadas existe el riesgo de presentar erosiones dentales.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición (se descompone): 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.8	Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 146°C: 0.13 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.4
DATOS AMBIENTALES	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.	
NOTAS		
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadiría al agua siempre lentamente. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-10B Código NFPA: H 3; F 0; R 2; W		



Fuente: http://www.fichasdeseguridad.com/acido_sulfurico.htm

FICHA DE SEGURIDAD ACIDO CLORHIDRICO

CLORURO DE HIDROGENO

ICSC: 0163



Nº CAS 7647-01-0
 Nº RTECS MW4025000
 Nº ICSC 0163
 Nº NU 1050
 Nº CE 017-002-00-2



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta. (Síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo. Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, metales. Mantener en lugar bien ventilado.	CE: símbolo C símbolo T R: 23-35 S: (1/2)-0-28-36/37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 8



VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0163

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994


CLORURO DE HIDROGENO

ICSC: 0163

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas es más denso que el aire.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS La disolución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con oxidantes formando gas tóxico de cloro. En contacto con el aire desprende humos corrosivos de cloruro de hidrógeno. Ataca a muchos metales formando hidrógeno.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Corrosivo. La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 5 ppm; 7.5 mg/m ³ (valor techo) (ACGIH 1993-1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar el pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición a 101.3 kPa: -85°C Punto de fusión: -114°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 72	Solubilidad en agua: Elevada Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.25
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. NO pulverizar con agua sobre la botella que tenga un escape (para evitar la corrosión de la misma). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-135 Código NFPA: H 3; F 0; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-072 CLORURO DE HIDROGENO		
ICSC: 0163	CLORURO DE HIDROGENO	
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

Fuente: <http://www.fichasdeseguridad.com/clorhidrico.htm>

FICHA DE SEGURIDAD XILENO

o-XILENO		ICSC: 0084 Marzo 2002	
CAS: 95-47-6 RTECS: ZE2450000 NU: 1307 CE Índice Anexo I: 601-022-00-9 CE / EINECS: 202-422-2		orto-Xileno 1,2-Dimetilbenceno o-Xilol $C_6H_4(CH_3)_2$ / C_8H_{10} Masa molecular: 106.2	
			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 32°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 32°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases).		Clasificación UE Símbolo: Xn R: 10-20/21-38 S: (2)-25 Nota: C Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: III	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1307-III Código NFPA: H 2; F 3; R 0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	

o-XILENO		ICSC: 0084
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4; BEI establecido (ACGIH 2001). UE OEL: 50 ppm como TWA; 100 ppm como STEL (piel) (EU 2000).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 144°C Punto de fusión: -25°C Densidad relativa (agua = 1): 0,88 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0,7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,02 Punto de inflamación: 32°C c.c. Temperatura de autoignición: 463°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0,9-6,7 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,12</p>	
DATOS AMBIENTALES		
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Consultar también la ficha FISQ 0086 p-Xileno y FISQ 0085 m-Xileno. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m³ VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m³ Notas: vía dérmica. VLB: 1,5 mg/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos.</p>		
NOTA LEGAL	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	

Fuente: <http://www.fichasdeseguridad.com/xileno.htm>

ANEXO D: NORMA ASTM D256

ENSAYO DE IMPACTO

NORMA ASTM D-256

Estos métodos de prueba se refieren a la determinación de la resistencia de los plásticos. Consiste en montar la muestra en una máquina estandarizada que luego es fallada por la oscilación de un péndulo que golpea la muestra con una energía determinada. Los resultados de esta prueba pueden verse afectados por la forma como se hace la muesca y la calidad de la misma, esto se hace para materiales de gran ductilidad. Los valores de esta prueba se exponen en unidades del sistema internacional.

SIGNIFICANCIA Y USO

Antes de continuar con la realización de esta prueba, se debe hacer referencia a la especificación del material a ensayar. La prueba del péndulo indica la energía necesaria para romper la muestra a fallar, esta energía depende del tamaño y geometría de la muestra, de los parámetros establecidos de la pieza de montaje, la muesca, y la velocidad de impacto.

Para materiales frágiles, para los cuales la energía de propagación de la fractura, es pequeña en comparación con la energía de iniciación de la fractura. La energía perdida por el péndulo en la rotura de la muestra es la suma de los siguientes factores:

- Energía para iniciar la fractura de la muestra
- Energía para propagar la fractura a través de la muestra
- Energía para lanzar el extremo libre (o final) de la muestra rota
- Energía para doblar la muestra
- Energía para producir vibraciones en el brazo del péndulo

- Energía para producir la vibración o el movimiento horizontal de la estructura de la máquina o de la base
- Energía para vencer la fricción en el cojinete de péndulo y en el dispositivo indicador, y para superar la resistencia aerodinámica (drag péndulo del aire)
- Energía de deformación de la muestra en la línea de impacto
- Energía para superar la fricción

ESPECIFICACIONES DE LA MUESTRA

Las muestras moldeadas deben tener un ancho entre 3,17mm y 12,7mm. Siendo la abertura de la muesca de aproximadamente de 0.25mm con un ángulo de $22 \frac{1}{2}^{\circ}$, un largo de 63.5mm.

CONDICIONAMIENTO

Se debe acondicionar las muestras a una temperatura entre 23 y 25°C y una humedad de 50.5%.

PROCEDIMIENTO

Se preparan probetas con iguales dimensiones y se acondicionan en la máquina elegida para realizar la prueba, esta elección debe estar de acuerdo a la energía que tiene el péndulo para romper la muestra.

La prueba comienza cuando el péndulo inicia su movimiento desde una altura inicial describiendo un arco y posteriormente golpea y rompe la probeta llegado a una altura final.

La prueba debe ser realizada con una velocidad constante para cada una de las muestras a fallar. Es importante tener en cuenta que al usar un péndulo muy pesado esto reducirá la sensibilidad de la lectura del ensayo.