ANDI
Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón

GUÍA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES PARA EL SECTOR DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN DE COLOMBIA

ANDI | MÁS PAÍS

ANDI

Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón

ANDI
Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón

Guía de gestión de residuos sólidos industriales para el sector de pulpa, papel y cartón de Colombia

ISBN: 978-958-53202-0-8

Coordinación: Isabel Cristina Riveros Pineda

Diseño y diagramación: Karen Tarazona - Zampa Soluciones Integrales S.A.S.

Impreso por: Zampa Servicios Integrales S.A.S.

Dirección de arte: Gloria Contreras Barreto, Diseñadora Gráfica
Gerencia de Comunicaciones ANDI

Portada en papel Propalcote 300 g. de Carvajal Pulpa y Papel

Producido en un 100% con fibra de caña de azúcar

Contenido en papel Carto Offset 90 g. de Smurfit Kappa Colombia

Procede de plantaciones forestales con certificación FSC® por manejo responsable y en Cadena de Custodia por la trazabilidad en su proceso de producción. Es 100% libre de cloro.

Comité Ambiental de la Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón

Adriana Leonor Gavilan Vallejo
Juana Valentina Morales Ortegón

Datos de Contacto: pcppycarton@andi.com.co

Teléfono: 326 8500 Dirección Cll. 73 No. 8 - 13 Torre A, Piso 8

ANDI
Cámara de la Industria
de Pulpa, Papel y Cartón

GUÍA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES PARA EL SECTOR DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN DE COLOMBIA

Contenido

Presentación 6

Marco general 8

Marco normativo 8

El proceso productivo en Colombia y sus residuos generados 11

Producción de pulpa, papel y cartón 11

Producción de absorbentes 13

Producción de toallitas húmedas 14

Residuos generados en los procesos de producción 15

1. Conceptos y clasificación de los residuos de la industria 16

1.1 Residuos generados por la industria papelera 18

1.2 Características de los lodos papeleros frente a los biosólidos de PTAR 22

1.3 Residuos generados por la industria de absorbentes 24

2. Criterios para la gestión ambiental de los residuos 27

2.1 Gestión de residuos industriales 27

2.1.1. Elección de un grupo de gestión ambiental 29

2.1.2. Diagnóstico de la situación de los residuos en la empresa 29

2.1.3. Planeación de las etapas correspondientes a la gestión de residuos 31

2.1.4. Planear estrategias de formación y educación 31

2.1.5. Elaboración de plan de contingencia 31

2.1.6. Elaboración de un plan de seguimiento 31

2.1.7 Puesta en marcha del manejo interno de residuos 33

3. Alternativas de aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos industriales 34

3.1. Características de los residuos de la industria papelera en relación con las alternativas de gestión 34

3.2. Alternativas de gestión de los residuos de la industria papelera y absorbentes 36

3.2.1. Reciclaje 36

3.2.2. Compostaje 37

3.2.3. Utilización directa en agricultura 38

3.2.4. Aprovechamiento en la industria de la construcción 39

3.2.5. Valorización energética 41

3.2.6. Producción de combustibles derivados de residuos (RDCS) 43

3.2.7. Aprovechamiento interno 44

3.2.8. Restauración de suelos en minería 44

3.2.9. Uso como cobertura en rellenos sanitarios 45

4. Fichas de referencia para la gestión de los residuos papeleros y de pañales, paños limpieza personal y de superficie, y protección femenina

4.1. Residuos de corteza y madera 48

4.2. Lodos de lejías verdes "dregs" 49

4.3. Residuos de lodos calizos 50

4.4. Lodos de destintado 51

4.5. Desechos separados mecánicamente de pulpa elaborada a partir de residuos de papel y cartón 52

4.6. Desechos de fibra y lodos de fibra, de materiales de carga y estucado obtenidos por separación mecánica 53

4.7. Lodos de lagunas de oxidación 55

4.8. Lodos de tratamiento in situ de vertimientos 56

4.9. Residuos de calderas de carbón 57

4.10. Retal de hidrotejido 58

4.11. Retal de coform húmedo 59

4.12. Coform seco 60

4.13. Pulpa recuperada 61

4.14. Polvillo industrial 62

4.15. Sam recuperado 63

4.16. Scrap de pañal 64

4.17. Protectores y toallas molidos 65

Bibliografía 66

PRESENTACIÓN

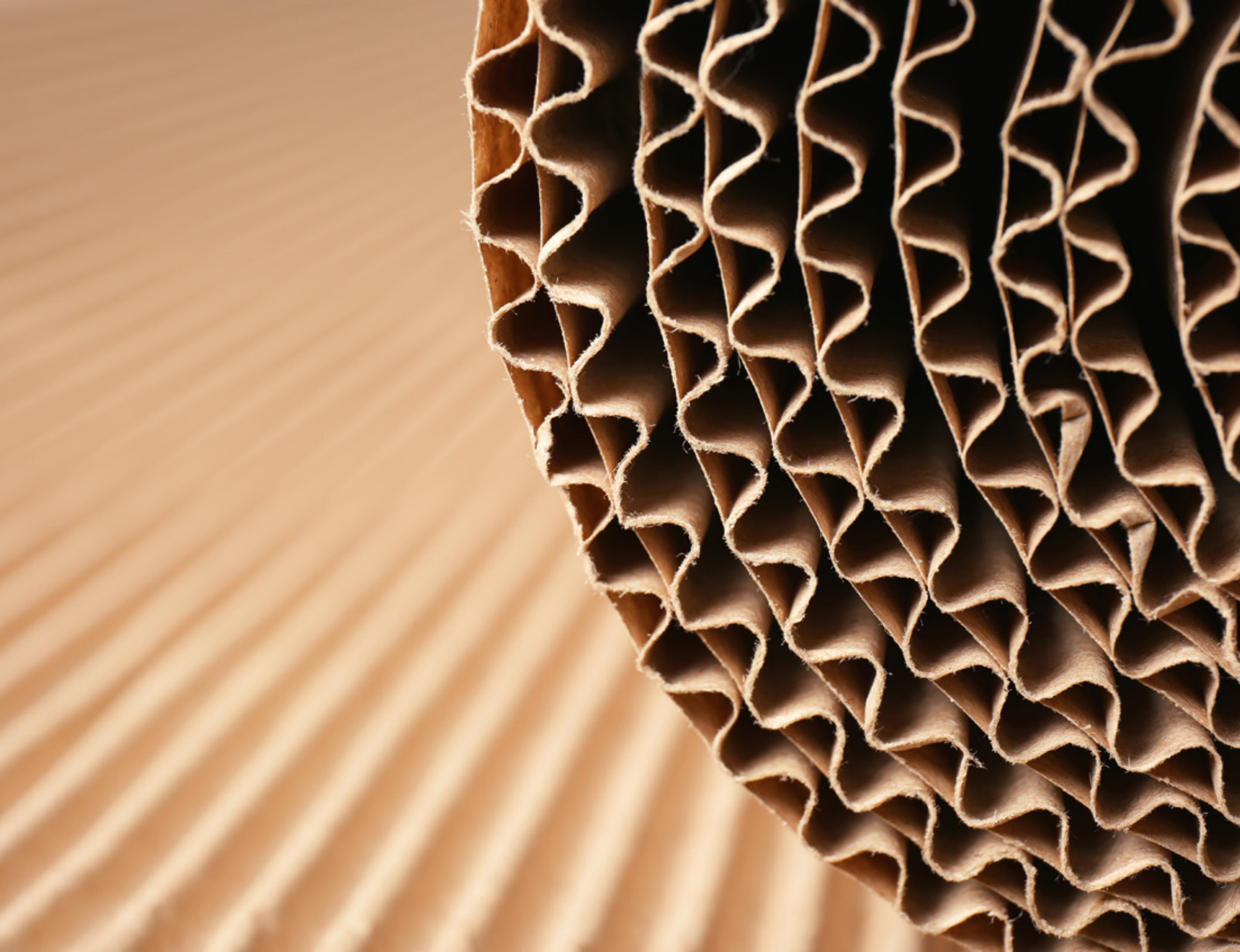
La guía de gestión de residuos sólidos industriales para el sector papelero colombiano, nace de la necesidad de recopilar en un solo documento, las alternativas, aspectos y lineamientos a tener en cuenta en la gestión de los residuos generados en la producción de papeles y absorbentes a partir de fibra de celulosa virgen o reciclada, así como para otros residuos comunes de la industria.

El objetivo de esta guía es ofrecer una herramienta de información de las alternativas disponibles a la fecha, para la gestión de los residuos generados en los procesos de producción de la industria papelera y de absorbentes acordes con las condiciones económicas, sociales, ambientales y geográficas del país, que permitan además minimizar los impactos sobre el ambiente, mejorar el desempeño ambiental y cumplimiento de los estándares legales del país por parte de la industria. Así mismo, esta guía contiene detalles sobre los principales procesos de transformación de este sector industrial.

Las alternativas de gestión presentadas son aplicables a la fabricación de pulpa, papeles de imprenta y escritura, papeles suaves (papel higiénico, pañuelos faciales, servilletas, toallas de cocina y de manos) y cartón. También se encuentran alternativas de gestión para los residuos de la producción de absorbentes entendidos para los efectos de esta guía como pañales, paños de limpieza personal y de superficie, y productos de protección femenina (toallas higiénicas y tampones).

La elaboración de esta guía se debe al trabajo conjunto entre la Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI y sus empresas afiliadas: Cartones América S.A., Carvajal Pulpa y Papel, Corrugados de Colombia, Empacor S.A., Colombiana Kimberly Colpapel S.A, Papelsa, Productos Familia S.A., Smurfit Kappa Colombia y Unibol S.A., cuyos aportes de carácter técnico y documental dieron como resultado la primera versión de esta guía, la cual podrá ser objeto de actualización en el futuro.

Esta guía es aplicable a cualquier empresa del sector de pulpa, papel, cartón, absorbentes u otros productos derivados de la pulpa, cuyos residuos sean generados por el proceso productivo de su actividad. Se excluye del alcance de la misma a aquellos residuos que sean asimilables a los urbanos, ya que a pesar de ser generados por la industria no provienen de manera directa del proceso productivo. Se excluye también, aquellos residuos resultados de actividades comerciales, servicios o cualquier residuo generados por actividades diferentes a los procesos de fabricación de papeles, cartones y productos absorbentes.



MARCO GENERAL

MARCO NORMATIVO

El marco normativo para la gestión de residuos en Colombia se caracteriza por la presencia de multiplicidad de actores reguladores, a nivel central el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) quien tiene la responsabilidad de elaborar políticas y regulaciones relativas al manejo de los desechos, promover la reutilización y el reciclaje, así como el desarrollo de planes de reconversión industrial a fin de reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados con los residuos. Por su parte, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) está a cargo de formular políticas y regulaciones sobre el manejo de los residuos municipales, las cuales deben ser coherentes con las políticas desarrolladas por el MADS. El Ministerio de Salud y Protección Social regula el manejo de residuos peligrosos con el objeto de evitar cualquier perjuicio a la salud humana, de acuerdo con la Ley 9 de 1979 sobre salud.

La gestión de residuos en Colombia tiene como antecedentes la Ley 9 de 1979 del Código Sanitario Nacional y el Decreto-Ley 2811 de 1974 del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, los cuales encaminan la gestión de los residuos bajo una perspectiva sanitaria y de carácter ambiental. Con la expedición de la Constitución Política de 1991 se estableció el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano, se fortaleció la descentralización, la participación ciudadana y se consolidó la organización empresarial de los servicios públicos, aspectos desarrollados con la Ley 99 de 1993 y Ley 142 de 1994.

Los Decretos 4741 de 2005 del MADS por el cual se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos, y 2981 de 2013 del MVCT el cual reglamenta la prestación del servicio público de aseo y señala la obligatoriedad de la separación. Dichos Decretos fueron compilados en el Decreto 1076 de 2015, para el sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, y el Decreto 1077 de 2015, para el sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

En materia de política pública el país cuenta con la Política de Gestión Integral de Residuos de 1997, la cual fue formulado por el Ministerio del Medio Ambiente, y contiene los elementos conceptuales para avanzar hacia la gestión integrada de residuos sólidos en Colombia incluyendo los residuos peligrosos; la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible de 2010, elaborada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual actualiza e integra la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado para promover y vincular el mejoramiento ambiental y la transformación productiva con la competitividad empresarial; como también la Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos (CONPES 3874) de 2016 el cual se basa en principios de sostenibilidad y fomenta la economía circular, desarrollo sostenible y la adaptación y mitigación al cambio climático; y la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, cuyo objetivo es prevenir la generación de Respel y promover el manejo ambiental adecuado de aquellos generados, a fin de minimizar los riegos sobre la salud humana y el ambiente.

La industria papelera y de absorbentes ha orientado las alternativas de gestión de los residuos asociados con su actividad productiva de acuerdo con los lineamientos que establece el marco legal colombiano, y en ese sentido definen y caracterizan los residuos sólidos y peligrosos, y establece las disposiciones referentes al almacenamiento, tratamiento y disposición de los residuos en el marco de la gestión integral de los residuos.

Las Tablas 1, 2 y 3 detallan las políticas, normativa nacional y local vigente aplicable a la gestión de residuos en Colombia:

Tabla 1. Políticas nacionales de residuos

Política	Descripción
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible de 2010 / Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Orienta la mejora de prácticas insostenibles de producción o consumo de la sociedad, bajo una producción más limpia reduciendo la contaminación de recursos y promoviendo la sostenibilidad desde la industria hasta los consumidores para fomentar la competitividad empresarial y elevar la calidad de vida.
Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos de 2005 / Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Presenta las directrices para la Gestión de Residuos Peligrosos.
Política para la Gestión Integral de los Residuos de 1997 / Ministerio del Medio Ambiente	Define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Establece el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al relleno sanitario. Define las categorías de residuo aprovechable y no aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable.
Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de 2016/ CONPES 3874	Establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos y la actualización normativa de implementación de los PGIRS que tiene en cuenta el principio de sostenibilidad para contribuir el fomento de la economía circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático.

Tabla 2. Marco normativo de residuos de ámbito nacional

Norma	Finalidad	Descripción
Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Título 6. Residuos Peligrosos	Indica definiciones, especificaciones, tratamiento y gestión de residuos peligrosos.
Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015 / Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Título 2. Servicio público de aseo	Incluye la definición de residuos sólidos, explica el almacenamiento de los residuos por parte de los generadores, las condiciones de recolección, y transporte y recolección selectiva de residuos para aprovechamiento.
Resolución 1377 de 2015 / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica la Resolución 909 de 2008 y se adoptan otras disposiciones.	Establece los estándares de emisión en el aprovechamiento energético de residuos no peligrosos.
Resolución 2309 de 1986 / Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título 3 de la parte 4 del libro 1 del Decreto Ley 1811 de 1971 y títulos 1,3,6 de la Ley 9 de 1979 en cuanto a residuos especiales.	Define los residuos especiales.

Tabla 3. Marco normativo de residuos de ámbito departamental

Norma	Finalidad	Descripción
Resolución 879 de 2007 / Área Metropolitana del Valle de Aburrá	Por la cual se adopta el manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá como instrumento de autogestión y auto-regulación.	Presenta los lineamientos a tener en cuenta para la implementación de un plan de manejo integral de residuos.

EL PROCESO PRODUCTIVO EN COLOMBIA Y SUS RESIDUOS GENERADOS

Producción de Pulpa, Papel y Cartón

En Colombia el proceso de producción del papel se realiza a partir de tres fuentes principales de fibra de celulosa, una de ellas es la madera de pino y eucalipto proveniente de plantaciones forestales certificadas en manejo responsable, otra es el bagazo de caña de azúcar, residuo de la producción agroindustrial del azúcar, la panela y el etanol, la última es la fibra secundaria proveniente de papel y cartón posconsumo o posindustrial, los cuales son reciclados para la producción de papeles suaves y papeles para empaque.

La industria papelera colombiana sólo utiliza para la fabricación de papel, madera proveniente de plantaciones forestales certificadas en manejo sostenible. La madera certificada, implica que la misma proviene de plantaciones manejadas bajo criterios ambientalmente sanos, económicamente viables y socialmente benéficos (The Forest Stewardship Council Colombia[1]). En el país, el patrimonio forestal certificado de la industria papelera alcanzó 68.000 hectáreas de las cuales 22.000 hectáreas son áreas protegidas de bosque natural. Del pino se obtiene fibra larga empleada para la elaboración de papel kraft para empaques, y del eucalipto se produce fibra corta para la fabricación de papeles blancos para imprenta y escritura (Smurfit Kappa Colombia, 2013).

Un factor diferenciador del proceso de producción del papel en Colombia, es el uso de bagazo de caña de azúcar como fuente de fibra. La empresa que realiza este proceso se encuentra ubicada en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, región que alberga los principales ingenios azucareros del país (Carvajal Pulpa y Papel, 2013).

1. http://www.fsc-colombia.org/que-es/

A partir de la madera obtenida de las plantaciones forestales certificadas y el bagazo de caña de azúcar, inicia el ciclo de vida del papel. La obtención de pulpa a partir de estas dos fuentes primarias de fibra de celulosa, tiene procesos diferentes para cada una; en el primer caso, la madera se corta en pequeñas piezas en el proceso de troceado y descortezado, posteriormente se le añaden algunos compuestos químicos que permiten remover la lignina, sustancia que da rigidez al tallo y une las fibras celulósicas, a fin de formar la pulpa semi-química. Para el caso del bagazo, este es sometido a un proceso de desmedulado, en el que se retira el polvillo y se obtiene una fibra apta para el proceso de pulpeo a la que se le añade compuestos químicos y se obtiene la pulpa de color café, lo que se conoce como pulpa química.

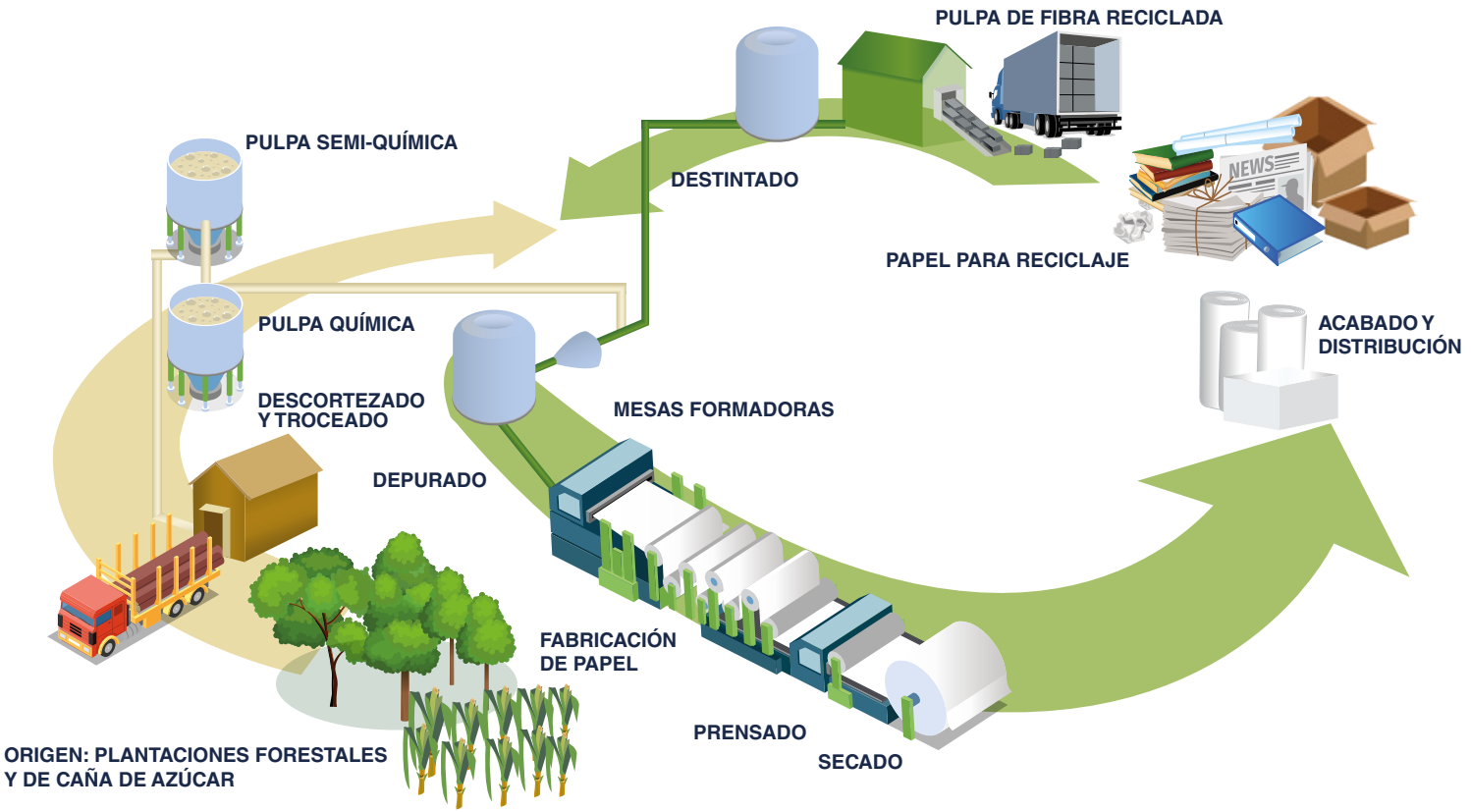
La pulpa obtenida pasa por una serie de etapas de limpieza en las cuales puede ser blanqueada y luego enviada a las máquinas de fabricación del papel. Inicialmente, esta pulpa acuosa se extiende en unas mesas formadoras para obtener una especie de colchoneta delgada a la que por vacío se le extrae una parte del contenido de humedad, para continuar en los procesos de prensado y secado donde se retira más humedad bajo presión y altas temperaturas, respectivamente. Posteriormente, en el proceso de calandrado, dos cilindros forman la hoja de papel lisa por compresión. Algunos de los papeles destinados a imprenta y escritura son estucados, proceso que implica añadir estuco y otros aditivos para mejorar las propiedades de la impresión sobre el mismo. Al final del proceso, el papel es cortado según los fines requeridos y es distribuido para su comercialización.

Después de su uso, el papel es recuperado para la fabricación de pulpa a partir de fibra secundaria. Los empaques y el papel de imprenta y escritura en desuso luego de ser recolectados y transportados hasta las fábricas, pasan por los procesos de pulpeo para separar las fibras de celulosa, destintado a partir de soda, depurado para eliminar contaminantes de alta y baja densidad, y de blanqueo donde se aumenta la blancura del papel, se re-

mueven colorantes y se hace descontaminación microbiológica. Posteriormente se continúa con el proceso de formación de hoja de papel, antes descrito.

La imagen 1 representa el proceso productivo de la fabricación de papel a partir de la madera proveniente de plantaciones forestales certificadas, bagazo de caña de azúcar y papel recuperado.

Imagen 1. Proceso productivo de la fabricación del papel



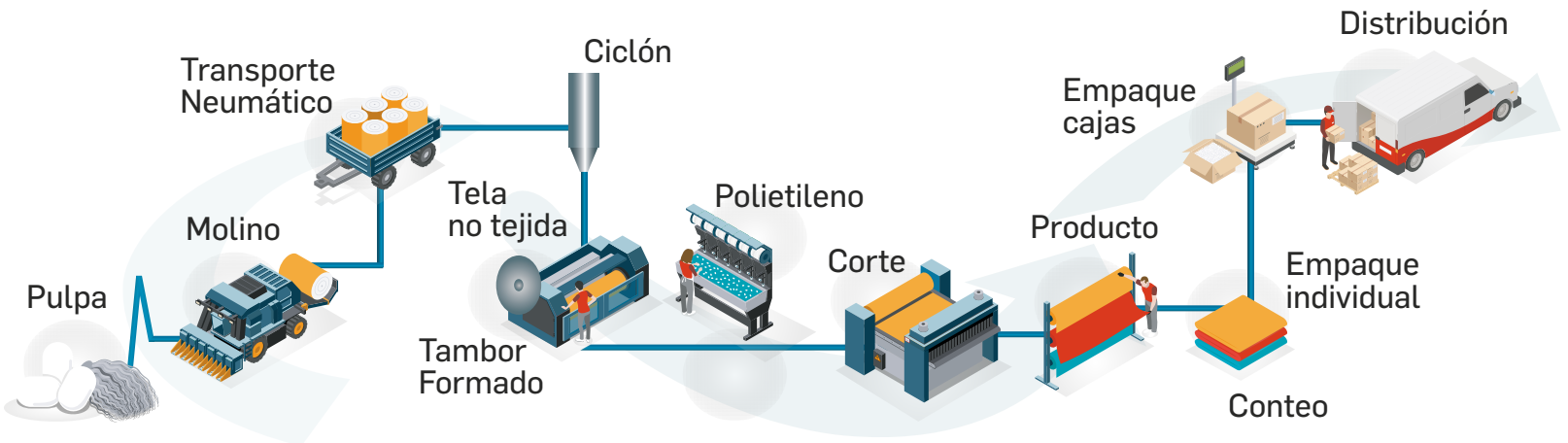
Fuente: *Infografía obtenida y adaptada de CEPI, 2014 Producción de papeles y cartones*

Producción de absorbentes

El proceso de producción de absorbentes (toallas higiénicas y pañales) inicia con la entrada de las láminas de pulpa a un molino, en donde se desfibra el material, posteriormente por medio de transporte neumático se lleva la pulpa desfibrada y el material súper absorbente al tambor formador de núcleo de la máquina convertidora; el núcleo es la parte fundamental del absorbente, su función es la de absorber y retener los líquidos. Posteriormente, al núcleo se le adiciona una barrera, una cubierta y adhesivos de fijación. En la misma línea, se corta y se dobla el producto, para luego ser empacado individualmente. A continuación, pasa a un sistema de conteo y empaque múltiple para finalizar con el empaque para su distribución.

En la **imagen 2** se representa el proceso productivo de la fabricación de productos absorbentes.

Imagen 2. Proceso productivo de la fabricación de absorbentes



Fuente: *Grupo Familia*

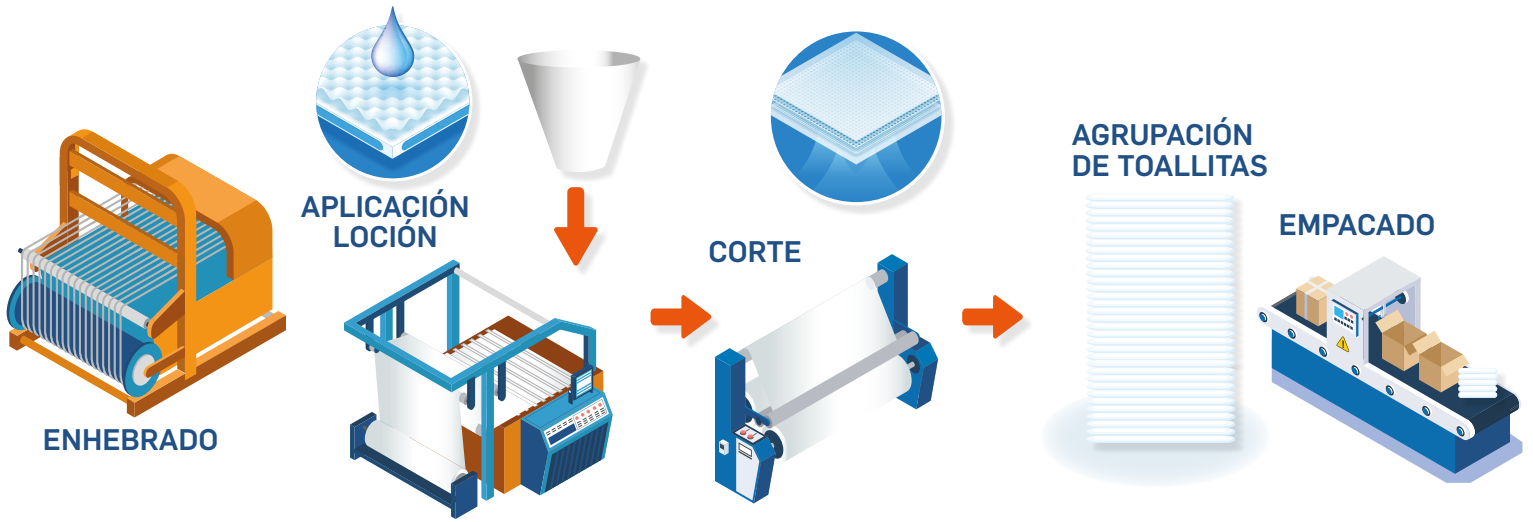
Producción de toallitas húmedas

Las toallitas húmedas son productos elaborados con:

- Tela no tejida de diferentes tecnologías y diferentes gramajes.
- Loción y fragancias dependiendo del uso que se le quiera dar.

El proceso de elaboración se efectúa en forma continua, comienza con la alimentación en paralelo de la tela no tejida, la tela se va desenrollando a la velocidad determinada de la máquina y van pasando a la unidad de humectación. En esta unidad de humectación se va adicionando en línea la loción a la tela hasta saturación. Una vez humectada la tela pasa a la unidad de doblado, donde se le da un doblez a cada lado de la tela en el sentido transversal. Luego del proceso de doblado, las telas pasan a la banda principal para pasar al proceso de corte longitudinal al tamaño especificado. Después del proceso de corte, dependiendo del número de unidades a empacar, las toallitas van pasando a la unidad de agrupamiento automática, donde por medio de la aplicación de una gota de adhesivo, se van uniendo cada uno de estos grupos hasta completar el número de unidades necesarias. Una vez agrupadas las toallitas, son guiadas hacia la empacadora, para ser embolsadas automáticamente en las unidades de empaque. Las bolsas son de polietileno, y son selladas térmicamente. Luego las bolsas son almacenadas en cajas de cartón, y estibadas en la bodega de producto terminado listas para su distribución.

Imagen 3. Diagrama de bloques de proceso de toallitas húmedas



Fuente: *Grupo Familia*

Residuos generados en los procesos de producción

A partir del proceso productivo de papeles y cartones y de productos absorbentes, a continuación, se identifican los residuos generados en cada una de las etapas de producción en las **tablas 4 y 5**:

Tabla 4. Residuos generados en cada proceso de la fabricación de pulpa y papel

Proceso		Residuo
Fabricación de pulpa a partir de fibra virgen y bagazo de caña	Troceado, descortezado y desmedulado de bagazo de caña	Residuos de corteza, madera y rechazos de desmedulado
	Pulpa química- semiquímica	Residuo de lejías verdes
		Residuos calizos
Fabricación de papel	Depurado, prensado, secado y calandrado	Desechos de fibra y residuos de fibra, de materiales de carga y de estucado obtenidos por separación mecánica.
Fabricación de pulpa a partir de fibra reciclada	Pulpa de fibra reciclada	Desechos separados mecánicamente, de pulpa elaborada a partir de residuos de papel y cartón
	Destintado	Residuos de destintado
Proceso de conversión de bobinas a rollos o doblados		Retal de hidrotejido de toallas de limpieza y de superficie
A lo largo del proceso		Lodos de tratamiento in situ de vertimientos y lodos de lagunas de oxidación Residuos de calderas de carbón

Tabla 5. Residuos generados en cada proceso de la fabricación de absorbentes

Proceso		Residuo
Fabricación de pulpa a partir de láminas de pulpa	Desfibrado	
Formación del núcleo	Adición de súper absorbentes, barrera, cubierta y aditivos de fijación	
Cortado de doblado del producto	Corte y doblado pañales	Scrap de pañal, SAM recuperado, pulpa recuperada y polvillo industrial
	Corte y doblado protección femenina	Protectores y toallas molidos
	Corte y doblado paños húmedos	Coform seco Retal coform húmedo
A lo largo del proceso		

1. CONCEPTOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA

De acuerdo con el Decreto 4741 de 2005, por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, se denomina residuo o desecho a cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

La gestión de los residuos depende del tipo y la fuente del residuo generado, por consiguiente un residuo sólido industrial no se gestiona de la misma manera que un residuo sólido doméstico, debido a la diferencia en características y componentes que pueden implicar un tratamiento y disposición final acorde con la fuente de origen.

Smurfit Kappa Colombia

En Colombia, la normatividad clasifica los residuos en dos tipos, residuos sólidos (Decreto 1077 de 2015) y residuos peligrosos (Decreto 1076 de 2015). Teniendo en cuenta que estos tipos de residuos pueden ser generados por cualquier sector productivo incluido el industrial y que en el país no existe una clasificación propia para los residuos industriales, esta guía expondrá una clasificación más detallada de los residuos generados por el sector teniendo como referencia la *Guía de residuos industriales para fabricantes de pulpa, papel y cartón de España*, elaborada por la Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón - ASPAPEL.

Según ASPAPEL, los residuos industriales son aquellos generados en los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza o mantenimiento de alguna actividad propia de industria, sean estos peligrosos o no. Estos residuos pueden clasificarse en asimilables a los urbanos, residuos inertes, residuos industriales no peligrosos y residuos peligrosos[2]. En el **diagrama 1**. Se describen en detalle cada uno de los tipos de residuos industriales.

Diagrama 1. Clasificación de los residuos industriales

Fuente: ASPAPEL, 2008 y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005

2. ASPAPEL. (2008). Guía de gestión de residuos.

Tomando como referencia la clasificación de residuos industriales, los residuos objeto de análisis en la presente guía serán los residuos inertes y los residuos sólidos no peligrosos por ser estos inherentes al proceso de fabricación de papeles y absorbentes. Los residuos asimilables a los urbanos no serán objeto de análisis por no ser éstos resultado del proceso productivo de estas industrias. Así mismo no serán objeto de análisis los residuos peligrosos ya que de acuerdo con el Catálogo Europeo de Residuos CER[3], los residuos que se generan a lo largo del proceso de fabricación de celulosa, papel, cartón y absorbentes están clasificados como no peligrosos.

Un residuo siempre tendrá un agente responsable, desde su generación hasta su disposición final. El generador del residuo será el responsable hasta que este sea entregado a un gestor autorizado de residuos el cual adquiere la responsabilidad desde la recolección hasta la disposición final del residuo.

Según el título 2 del Decreto 1077 de 2015, el generador de un residuo es cualquier persona que produce y presenta sus residuos a la persona prestadora del servicio público de aseo. El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos del Decreto 1076 de 2015 se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia.

La Gestión integral de los residuos, según el capítulo 4 del Decreto 1076 de 2015, corresponde a un conjunto articulado e interrelacionado de acciones de política, normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo, desde la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuos o desechos peligrosos, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Las industrias papeleras y fabricantes de absorbentes son generadoras de residuos y por tanto son responsables de los residuos hasta la entrega a un gestor autorizado o hasta su eliminación o valorización, teniendo en cuenta lo establecido en la legislación nacional aplicable.

1.1. RESIDUOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA PAPELERA

Las industrias productoras de pulpa, papel y cartón generan residuos sólidos de diferentes tipologías, de acuerdo con la materia prima usada, los procesos específicos de cada fábrica y el producto final a comercializar. A continuación se presentan los residuos asociados con la producción de pulpa y papel en Colombia los cuales se clasifican de acuerdo con lo establecido en el Catálogo Europeo de Residuos.

En 2017 la producción de 422.093 toneladas de pulpa, 1.252.680 toneladas de papel, y el reciclaje de 920.622 toneladas de papel posconsumo, generó 611.905 toneladas de residuos.

3. Decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo, modificada por las Decisiones de la Comisión, Decisión 2001-118, de 16 de enero, Decisión 2001-119, de 22 de enero, y por la Decisión del Consejo Decisión 573- 2001, de 23 de julio, los residuos de estos sectores no se catalogan como peligrosos

Residuos específicos de la fabricación de pulpa	
	Residuos de corteza y madera: la madera en forma de troncos provenientes de las plantaciones forestales y el bagazo de caña, pasan por los procesos de descortezado y desmedulado en los que se generan restos que no pueden ser reutilizados en la fabricación de pulpa. El 99% del volumen principal de estos residuos corresponde a corteza y ramas, y su poderes caloríficos oscilan entre 17 y 19.5 MJ/kg (Moncada, Cardona, Higuita, & Vélez, 2015). Este residuo se usa como biomasa para la producción de energía o abono.
	Lodos de lejías verdes: los lodos de lejías verdes o también llamados “dregs” se generan en la caldera de recuperación de licor verde previo al proceso de caustificación[4]. Se compone principalmente de cargas minerales, son de baja densidad, no tienen características de peligrosidad y tiene altos contenidos de sales de sodio lo que le proporciona un elevado valor para la industria cementera (Kong, Hasanbeigi, & Prince, 2015).
	Residuos de lodos calizos: estos residuos provienen del proceso de caustificación, en el cual se separa el licor blanco, se lava y se calcina en un horno de cal o se gestiona como residuo de alto valor destinado a cementeras o ladrilleras (ASPAPEL, 2008). La mayor parte de estos lodos contienen carbonato de calcio y pueden reutilizarse en el proceso productivo de recuperación.

4. La caustificación es el proceso en el que se obtiene soda caustica la cual es empleada para la producción, cocción y elaboración de pulpa, y permite la extracción de la lignina durante el blanqueado de la pulpa para eliminar impurezas.

Residuos específicos de la fabricación del papel a partir de papel recuperado	
	Lodos de destintado: son generados al eliminar las tintas de los papeles recuperados para la producción de papeles suaves y empaque. Estos residuos generalmente contienen fibras cortas, estucos, partículas de tinta, aditivos de destintado y son ricos en polisacáridos, celulosa, lignina y otros componentes inorgánicos (Barrero, 2013), lo que permite ser valorizados en el compostaje, hidrosiembra, para uso directo en la agricultura y para ser empleados en la industria cementera o cerámica.
	Desechos separados mecánicamente, de pulpa elaborada a partir de residuos de papel y cartón: estos desechos provienen de la separación mecánica de aquellos elementos impropios que acompañan al papel recuperado, tales como grapas, plásticos, metales, arenas, vidrios, entre otros. Este proceso de separación se realiza en la etapa previa a la preparación de pulpa a partir de papel recuperado, en las unidades de pulper, filtros de tambor y en diferentes etapas de depuración, ciclónica de agujeros y ranuras. Estos residuos poseen una composición heterogénea, tienen un poder calorífico entre 15 y 22 MJ/Kg, presentan humedad media – alta y pH neutro (Martínez, Cotes, & Corpas, 2011). Sus alternativas de uso actual son disposición final en relleno sanitario, reciclaje o en algunas ocasiones valorización energética.

Otros residuos comunes en la industria de pulpa, papel y cartón

Desechos de fibra y lodos de fibra, de materiales de carga y de estucado obtenidos por separación mecánica: los desechos de fibra provienen de la depuración y fabricación de pulpa tanto de fibra virgen como de reciclada, mientras que los lodos de fibra se generan en la recuperación de fibra en los circuitos de agua blanca. Se componen principalmente de fibras, cargas de estucado y gomas. Poseen alta humedad y pH neutro (Gottumukkala, Haigh, Collard, Van Rensburg, & Görgens, 2016). Los lodos son tratados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR y son destinados a la aplicación directa en agricultura, mientras que la fibra se recupera y se reincorpora al proceso productivo.

Rechazos de desmedulado: residuos generados en el proceso inicial de lavado de bagazo, enfocado al retiro de arena y otros materiales gruesos.

Lodos de tratamiento in situ de vertimientos y lodos de lagunas de oxidación: los sistemas de depuración de aguas abarcan diferentes procesos de tratamientos de aguas residuales de los cuales se generan lodos con un elevado contenido de humedad.

En el tratamiento inicial se genera una alta cantidad de lodos primarios que son separados del efluente por medio de proceso de clarificación, este material tiene un alto contenido de materia orgánica. Por su parte, los sistemas de lagunas de oxidación así como el tratamiento anaerobio generan pequeñas cantidades de lodo.

Los lodos de la PTAR son espesados generalmente antes de ser deshidratados en un filtro prensa. En algunas ocasiones el exceso de lodo proveniente del tratamiento biológico de aguas residuales se mezcla con el lodo primario antes de la deshidratación. Los lodos de lagunas de oxidación se generan por la sedimentación de cargas contaminantes contenidas en el agua residual así como por la descomposición de la materia orgánica presente en esta (Sorrequieta, 2004).

Estos lodos presentan un contenido de humedad entre el 90 – 92%. Su calidad bacteriológica permite que puedan ser empleados en la agricultura, valorización energética, preparación de abonos orgánicos y fertilizantes (Sorrequieta, 2004).

Residuos de calderas de carbón: las calderas de carbón son equipos térmicos empleados en diferentes industrias para la generación de vapor a partir de la combustión del mineral, proporcionando energía en el proceso productivo (Toro, 2012). Tras el proceso de combustión del carbón en la caldera se generan residuos compuestos por escorias, hollín y cenizas, de forma angular y tamaño variable, que pueden contener óxido de calcio y dióxido de sílice y son de humedad baja.

Estos residuos pueden ser empleados por la industria cementera y para valorización energética en otras industrias.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS DE FIBRA Y LODOS DE FIBRA FRENTE A LOS BIOSÓLIDOS DE PTAR

Por desconocimiento, los residuos papeleros generados como resultado del proceso de tratamiento en la PTAR de la industria papelera, son catalogados como similares a los biosólidos, los cuales de acuerdo con la normatividad colombiana son *productos resultantes de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su uso* [5].

Comparativamente, los Desechos de fibra y lodos de fibra tienen propiedades diferentes y más beneficiosas que los lodos de PTAR municipal (biosólidos), por lo que es importante diferenciar entre lodo de PTAR y "lodo" papelero (nombre común) o Desechos de fibra y lodos de fibra como debe ser llamado técnicamente. Si bien tienen usos similares en los cuales se monitorean los mismos parámetros cuando estos son aplicados al suelo, es importante conocer las notables diferencias en su comportamiento en estos usos. Sobre esto, se hace la siguiente comparación:

Tabla 6. Características de los biosólidos de PTAR frente a los Desechos de fibra y lodos de fibra

Parámetro	Lodo de PTAR Municipal (Biosólidos)	Desechos de fibra y lodos de fibra
Origen	Tratamiento conjunto de aguas domésticas e industriales como es el caso de las plantas de San Fernando y Niquía	Rechazos de la recuperación de celulosas (material vegetal) provenientes de papel, cartón y periódico reciclado. Residuos Inorgánicos de carbonatos de calcio
Cantidad generada en el Valle de Aburrá	Alta (500 ton/día aprox. estimado para plantas San Fernando y Niquía)	Menor (120 ton/día aprox.)
Olores	Genera olores	Contribuye a controlar olores en mezcla con residuos orgánicos por su naturaleza básica
Efecto sobre vectores	Puede atraer vectores	Evita vectores por su naturaleza básica
Apariencia	Poco atractiva	Neutra
Contenido de humedad	≈ 65%	< 60%
Permeabilidad	Mayor	Baja
Contenido de Calcio	Muy bajo o no presente	≈ 13%
Cenizas	≈ 70% (base seca) principalmente sílice, alúmina y óxido de hierro	≈ 37% (base seca) principalmente carbonato de calcio

5. Decreto 1287 del 10 de julio de 2014 "Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales".

Parámetro	Lodo de PTAR Municipal (Biosólidos)	Desechos de fibra y lodos de fibra
Azufre	≈ 1% (base seca)	≈ 0,1% (base seca)
Materia volátil	≈ 27% (base seca)	≈ 59% (base seca)
Carbono fijo	≈ 2,6% (base seca)	≈ 1,5% (base seca)
Poder calorífico	1614 Cal/g (base seca)	1852 Cal/g (base seca)
C	14%	26%
H	3%	3%
O	11%	12%
N	1,60%	0,30%
Aporte a la formación de lixiviados	Por su naturaleza aportan DQO, DBO, NO_3, PO_4 y acidez en los lixiviados	Baja tendencia a generar lixiviados bajo condiciones anaeróbicas
Presencia de patógenos	Alta	Baja
¿Mitiga la acidez en lixiviados?	No	Si (por presencia de carbonatos)
¿Ayuda a fijar metales en lixiviados?	No	Si (por presencia de carbonatos)
¿Propiedad tixotrópica?	Si (manipulación compleja por su naturaleza viscosa)	No (fácil manipulación)
¿Puede usarse como cobertura diaria?	No	Si
¿Capacidad de absorción de agua?	No	Si

Fuente: *INDISA S.A., 2014*

Los desechos de fibra y lodos de fibra ofrecen la carga de carbono necesaria para el control de nitratos y la carga de calcio necesaria para el control de metales pesados en lixiviados si los hubiese en el suelo; no presenta formación de patógenos y además, disminuye la acidez del suelo. Como cobertura tiene propiedades de baja permeabilidad.

Los lodos de PTAR municipal en sus diferentes usos agrícolas, es costumbre acondicionarlos con cal para mitigar sus propiedades patógenas, estabilizarlos y disminuir su reactividad química (descomposición); lo cual muestra que, los desechos de fibras y lodos de fibra además de no tener agentes patógenos, en si son elementos estabilizadores por contener calcio (carbonatos).

1.3 RESIDUOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE ABSORBENTES

Al igual que en el caso de la industria papelera, los residuos generados a lo largo del proceso de producción de absorbentes, no clasifican como peligrosos. A continuación se incluyen los residuos inherentes a su proceso de fabricación:

Residuos específicos de la fabricación de productos absorbentes	
	Retal de coform húmedo: es el residuo de tela no tejida de polipropileno y celulosa con mezcla de agua, fragancias y demás químicos que componen el producto. Este se genera por el corte o el rechazo de producto en la fabricación de pañitos húmedos. Dentro de las alternativas de gestión se pueden encontrar la valorización energética, el uso en la industria papelera y como materia prima.
	Coform seco: es un material que se compone de plástico (polipropileno) y fibra (celulosa), el cual se genera en los procesos de corte y los rechazos de la fabricación de telas no tejidas para pañitos húmedos. Las proporciones dependen del grado del producto que puede estar entre un 65% contenido de celulosa y un 35% de polímero (98-100% Polipropileno). Como alternativas de gestión se pueden encontrar la valorización energética, el uso en la industria papelera y como materia prima.

Residuos específicos de la fabricación de productos absorbentes	
	Pulpa recuperada: se origina de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, uno de estos componentes es la pulpa. Este residuo puede ser reincorporado al proceso de producción de pañales, papel higiénico o toallas de manos, también puede ser insumo para la industria agrícola y de la construcción. Otra alternativa de gestión es la valorización energética.
	Polvillo industrial: es producto del proceso de destrucción de los pañales defectuosos que se detectan en la producción y los pañales rechazados al final del proceso. En este proceso se tiene un sistema de ventilación para el control del material particulado que se genera durante la destrucción del pañal y separación de componentes (celulosa, polímero súper absorbente y telas no tejidas). De este sistema de ventilación se extrae el polvillo industrial de los colectores de polvo. Las alternativas de gestión son la valorización energética, uso como materia prima para la producción de pañales o en compostaje.
	SAM recuperado: se obtiene de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, uno de estos componentes es el polímero súper absorbente (SAM), el cual es poliacrilato de sodio. El aprovechamiento podría darse en valoración para cogeneración energética y por su alta acción absorbente pude ser usado en la industria agrícola para recolección de derrames de químicos líquidos.

Residuos específicos de la fabricación de productos absorbentes	
	Scrap de pañal: es obtenido de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, entre estos componentes están las telas no tejidas, las cuales son compactadas convirtiéndose en lo que llamamos scrap de pañal que está compuesta en su gran mayoría por telas no tejidas y pequeñas partes de Pulpa y Polímero Súper Absorbente (SAM). Estos residuos son aprovechados por las industrias del plástico y la mueblería. Otra alternativa es la valoración energética.
	Protectores y toallas molidos: estos materiales son las toallas y protectores femeninos defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los rechazados al final del proceso. Estos rechazos son destruidos en un molino de cuchillas hasta un tamaño aproximado de 3 cm de diámetro. Estos residuos pueden ser empleados en valorización energética por otras industrias y en la fabricación de muebles.
	Retal de hidrotejido es el material que queda de los cortes de la toalla para limpieza de superficies cuando se está convirtiendo en rollos o paños doblados. También se genera por el producto terminado que se rechaza porque no cumple las especificaciones de calidad. Estos cortes y rechazos se llevan a una picadora industrial que los deja en tiras de 2 cm de ancho y 30 cm de largo aproximadamente.

2. CRITERIOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS

El generador de los residuos tiene la responsabilidad de realizar una correcta gestión de los residuos, bajo los principios jerárquicos generales de reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, tratamiento y transformación y disposición final controlada. Estos principios, contenidos en la Política para la Gestión Integral de Residuos publicada en 1998 por el Ministerio de Medio Ambiente de Colombia, están orientados hacia la minimización de la generación de los residuos, para adelantar una adecuada segregación de los mismos, logrando mayores aprovechamientos cuando sea técnica y ambientalmente viable y se garantice la adecuada disposición final de los mismos.

El diagrama 2 describe los principios específicos para la gestión integrada de los residuos sólidos, establecidos por la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente de 1998.

2.1. GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES

La gestión interna de los residuos implica la adopción de las medidas necesarias en las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final para los residuos de la empresa bajo un proceso transversal de gestión aplicando los principios de reducción en el origen, aprovechamiento interno, tratamiento y transformación y disposición final controlada.

Diagrama 2. Principios específicos para la gestión integrada de residuos sólidos

Reducción en el origen

- Manera más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de los residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales.

Aprovechamiento y valorización

- El aprovechamiento implica la separación y recolección del material o residuo en su lugar de origen.
- Tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas y reaprovechadas. En consecuencia, la primera acción sobre los residuos generados es valorarlos y aprovecharlos.

Tratamiento y transformación

- La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los mismos con el fin de mejorar la eficacia de operaciones y sistemas de gestión de residuos.
- Para los residuos no aprovechables, se pueden utilizar sistemas de tratamiento para disminuir la peligrosidad y/o la cantidad o para transformarlos de manera que se facilite su disposicion final.

Disposición final controlada

- Aquellos residuos que no tienen algún uso adicional deben tener una disposición final controlada y garantizada.

Es importante identificar todos los residuos producidos con su adecuada caracterización y posible tratamiento. Las empresas tienen la opción de implementar un documento que permita la adecuada gestión integral de residuos[6], el cual sirve como lineamiento para la coordinación de acciones que permitan realizar una adecuada gestión de los mismos, desde su generación hasta su disposición final (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008).

Siguiendo como referente la Guía de Manejo Integral de Residuos, publicada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se sugiere seguir los pasos indicados en el diagrama 3, para la implementación de la gestión de residuos en la empresa.

Teniendo en cuenta que los pasos mencionados anteriormente son aplicables para todas las empresas, esta guía profundizará en el paso 2. Diagnóstico de la situación de los residuos en la industria dentro del contexto de la industria papelera y de absorbentes de Colombia.

Diagrama 3. Pasos a seguir para la implementación de la gestión de residuos

Fuente: *Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008*

6. La Resolución 879 de 2007 reglamenta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá, el cual puede servir como lineamiento para la implementación paso a paso de un PMIR (Plan de Manejo Interno de Residuos) en las industrias a nivel nacional.

2.1.1. Elección de un grupo de gestión ambiental

El objetivo del grupo de gestión ambiental dentro de la empresa, es ejecutar acciones encaminadas hacia el seguimiento, cumplimiento y verificación de la gestión de los residuos dentro de la institución.

2.1.2. Diagnóstico de la situación de los residuos en la empresa

El diagnóstico, es una revisión preliminar a la situación actual de la gestión de los residuos, a fin de tomar medidas de mejora y optimización de procesos bajo los lineamientos de minimización y aprovechamiento de los residuos. Teniendo en cuenta que algunos de los residuos de la industria papelera, pueden ser reincorporados en el proceso productivo, también debe incluirse la valoración de aquellos residuos que no son propios de la fabricación de pulpa, papel y cartón, sino aquellos que son generados en las oficinas, comedores, baños, y demás instalaciones de la empresa.

El diagnóstico incluye la elaboración de un informe que describa los siguientes elementos:

Información general: descripción de la empresa, operaciones, procesos, dependencias, número de trabajadores, materias primas e insumos empleados en el proceso productivo, producto final y residuos generados.

Generación de residuos: identificación de los puntos de generación de residuos, clasificación y cuantificación de residuos peligrosos y no peligrosos. Adicionalmente, debe identificarse si existe algún tipo de separación en la fuente.

Recolección y transporte: describir cómo son transportados los residuos dentro de la empresa y qué mecanismos de recolección emplea para este fin. Indicar el protocolo de recolección y transporte, desde el punto de generación del residuo hasta su punto de almacenamiento, en lo posible diseñando una ruta de recolección interna de residuos según los puntos de generación y que cubran toda la empresa, estableciendo horarios y frecuencias, teniendo en cuenta la localización de los residuos generados, el tipo de residuo, el sitio de almacenamiento y las zonas de desplazamiento dentro de la empresa.

Almacenamiento de los residuos: descripción de los sitios de almacenamiento tanto temporal como definitivo de los residuos.

Caracterización y aforo de los residuos generados: realizar un aforo de los residuos no peligrosos y peligrosos, generados en un período de tiempo correspondiente a los procesos productivos de la industria. Así mismo, realizar la caracterización física de los residuos y describir la forma de aprovechamiento de los mismos.

Clasificación tipo de generador: el Decreto 4741 de 2005 y la Resolución 351 de 2005, establecen las metodologías para determinar si la industria es grande, mediana o pequeña generadora de residuos tanto peligrosos como no peligrosos.

Alternativas de manejo de los residuos generados: describir las alternativas de uso actual de los residuos tanto por gestores externos como internos.

Plan de contingencias: determinar si existen medidas de contingencia para la prevención de accidentes al momento de manipular los residuos.

Análisis y conclusiones

Por otra parte, al ejecutar la fase inicial del diagnóstico de la situación de los residuos, se debe tener en cuenta las operaciones de gestión con el fin de consolidar la información de manera clara y precisa de los residuos, para lo cual, las empresas papeleras deben ejecutar los siguientes lineamientos:

Inventario de residuos: realizar la identificación de los residuos por proceso productivo, evaluando entradas y salidas de materiales en el ciclo de vida del producto final, a fin de conocer cuáles se consideran residuos y origen de cada uno. El inventario puede realizarse teniendo como apoyo una herramienta de registro y control de todos los residuos donde se especifique el nombre del residuo, su origen, las cantidades anuales generadas, la naturaleza del residuo, y la gestión que se lleva a cabo en la industria.

Separación en la fuente: establecer los procedimientos internos para la correcta separación de los residuos, bien sea siguiendo el código de colores u otras estrategias, e indicar el almacenamiento temporal de los mismos.

Clasificación: según la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos, estos se clasifican en peligrosos y no peligrosos. Por lo tanto se debe clasificar los residuos de acuerdo con su origen y composición y así mismo, separarlos de acuerdo a la clasificación de residuos industriales descritos en la sección 3 de esta guía.

Caracterización de los residuos: la caracterización de los residuos permite determinar el tratamiento adecuado para estos.

Tabla 7. Operaciones de gestión de residuos industriales

Tipo de residuo	Identificación	Almacenamiento	Gestión
Asimilables a los urbanos	Generados en las oficinas y demás instalaciones de la empresa que se asemejan a los domésticos.	Zonas y contenedores identificados para la separación de diferentes subtipos de residuos: • Papel y cartón • Envases plásticos • Materia orgánica • Otros	Reutilización o reciclaje Recolección, transporte y eliminación por parte de otras entidades.
Residuos inertes	Escombros, gravas, arenas y materiales que no producen lixiviados ni riesgo al medio ambiente.	Punto de recolección específico, cuya capacidad de almacenamiento depende del volumen de residuos generados.	Distribuirlos a obras públicas que los requieran o destinarlos a la eliminación.
Residuos industriales no peligrosos – RINP	Aquellos generados en el proceso de producción y pueden presentar lixiviados.	Disponer zonas para la localización y almacenamiento de estos residuos, con contenedores identificados para la separación de diferentes subtipos.	Valorización para re-introducirlos en el proceso productivo como subproductos.
Residuos peligrosos	Corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, infecciosos, inflamables o biológicos.	De acuerdo con las características del residuo. Tener en cuenta el envasado y rotulado según el Decreto 4741 de 2005.	Gestor autorizado de residuos peligrosos.

Fuente: *ASPAPEL, 2008 y Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón*

2.1.3. Planeación de las etapas correspondientes a la gestión de residuos

Este componente hace referencia a la planeación de estrategias para corregir y mejorar aquellos aspectos identificados en el diagnóstico, bajo los principios de reducción en el origen, recolección y almacenamiento de los residuos dentro de la empresa, aprovechamiento interno y externo, tratamiento y disposición final controlada, a fin de garantizar la adecuada gestión de los residuos y posteriormente desarrollar las estrategias de divulgación y los planes de contingencia y seguimiento del cumplimiento de cada etapa de la gestión de los residuos.

Reducción en el origen: este principio es la manera más eficaz de reducir la cantidad de residuos a gestionar, el costo asociado a su manipulación y los posibles impactos que estos puedan generar. La implementación de la reducción en el origen puede asociarse con la adopción de buenas prácticas de manufactura que permitan generar mayor rendimiento y menor cantidad de residuos, optimización de procesos, reutilización de elementos como subproductos para la industria papelera, cambios a tecnologías limpias, entre otras.

Recolección: pese a que la recolección no es un principio incluido en la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente, es un elemento a tenerse en cuenta dentro de la gestión de residuos. Este aspecto incluye el diseño de rutas de recolección de acuerdo con la cantidad de residuos generada y la capacidad de almacenamiento con la que cuente la empresa.

Almacenamiento: la empresa debe contar con un sitio de almacenamiento central y, en caso de ser necesario, sitios de almacenamiento intermedios, además contar con su respectiva señalización, vías de acceso, estructura apropiada y programas de limpieza y desinfección.

Aprovechamiento interno y externo, tratamiento y disposición final: para el cumplimiento de este principio, se debe registrar la alternativa aplicable a cada residuo según sus propiedades y características, cumpliendo la normativa ambiental vigente así como propender por la alternativa de disposición final con menor impacto ambiental, que sea viable económicamente.

2.1.4. Planear estrategia de formación y educación

El objetivo de este componente está orientado a la realización de capacitaciones a todo el personal de la empresa como espacio de divulgación sobre los diferentes aspectos relacionados con la gestión de los residuos.

2.1.5. Elaboración de plan de contingencia

La gestión integral de los residuos, tiene la posibilidad de enfrentar situaciones de emergencia en cualquiera de sus etapas, para lo cual el plan de contingencia debe desarrollarse con el objetivo de definir funciones y responsabilidades, indicar actividades de atención y recuperación, activar procedimientos de respuesta, informar de manera precisa y oportuna a entidades de atención de emergencias y programar ejercicios de capacitación y revisión periódica.

La elaboración de un plan de contingencia, debe seguir los parámetros de análisis de riesgo, identificación y caracterización de peligros y amenazas, análisis de vulnerabilidad por amenazas, definición de los escenarios de riesgo, organización del plan de emergencias, puesta en marcha del plan de emergencias, responsables de la elaboración y puesta en marcha del plan de contingencia.

2.1.6. Elaboración de un plan de seguimiento

El plan de seguimiento, permite la verificación del cumplimiento de las medidas propuestas en los puntos anteriores, empleando herramientas como formatos de verificación, indicadores de seguimiento, entre otros, que pueden ser diligenciados por el

Grupo de Gestión Ambiental o Gestor Ambiental en visitas de seguimiento al interior de la organización, o por personal que se encuentre directamente relacionado con el manejo de los residuos. El objetivo del plan de seguimiento, es reportar y verificar el cumplimiento de los lineamientos para que el grupo de gestión ambiental realice los análisis respectivos y se tomen medidas o ajustes necesarios al proceso.

La imagen 4 presenta un ejemplo de formato para el inventario de residuos y registro de otra información relacionada con la gestión de los mismos. Posteriormente, se encuentran las ecuaciones para calcular los indicadores de generación de residuos, aprovechamiento y reducción de residuos, como herramienta de seguimiento de la gestión de los mismos.

Indicador de generación de residuos Este indicador determina la cantidad de residuos generados, sean estos sólidos, industriales y peligrosos, en el proceso productivo de la empresa. Cabe resaltar que este indicador puede medirse diaria, semanal, mensual o anualmente, según el tiempo que emplee la empresa para medir el seguimiento de las toneladas de producto fabricado.

$$\text{\% de producción} = \frac{\text{Cantidad de residuo generado (toneladas/tiempo)}}{\text{Cantidad de producto fabricado (toneladas/tiempo)}} \times 100$$

Imagen 4. Ejemplo de formato de inventario de residuos

Formato de inventario e información de residuos																	
Residuo	Características		Tipo			Cantidad (kg/mes)	Origen	Punto de almacenamiento	Gestión					Plan de Contingencia		Plan de seguimiento	
	No peligroso	Peligroso	Sólido	Líquido	Semisolido				Interna	Externa							
										¿Entrega el residuo a una empresa externa?		¿Entrega el residuo a una persona externa?		Si	No	Si	No
										Si	No	Si	No				
Lodos de destintado	**x**				**x**	1605	Lodo generado en el proceso de clarificado y destintado del papel recuperado	Centro de acopio de lodos. Planta 1.		X Información de la empresa Nombre: ____ Ciudad: ____ Teléfono: ____		Información de la persona Nombre: ____ Ciudad: ____ Teléfono: ____		**x**		**x**	

Indicador de aprovechamiento Este indicador permite determinar la cantidad de residuos tratados en cualquiera de las alternativas de gestión posteriormente incluidas y seleccionadas por la empresa. La cantidad de residuo aprovechable debe estar de acuerdo con la alternativa de aprovechamiento, es decir, reciclaje, utilización directa en agricultura, compostaje, valorización energética, y demás.

$$\text{\% de aprovechamiento} = \frac{\text{Cantidad de residuo generado aprovechable}^{7}\ \text{(kg/mes)}}{\text{Cantidad de residuo generado (Kg/mes)}} \times 100$$

2.1.7. Puesta en marcha del Manejo Interno de Residuos

Esta fase consiste en la ejecución de cada uno de los procesos definidos anteriormente, siguiendo los aspectos mencionados en **el diagrama 4.**

Diagrama 4. Aspectos para la puesta en marcha del plan de gestión de residuos

Fuente: *Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008*

7. Cantidad de residuo aprovechable según la alternativa. Puede ser reciclable, destinado para utilización directa en agricultura, compostaje, valorización energética, y demás.

3. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA Y DE ABSORBENTES EN RELACIÓN CON LAS ALTERNATIVAS DE GESTIÓN

Los residuos de las industrias papeleras de absorbentes tienen características fisicoquímicas especiales, como contenido de materia orgánica y humedad según la fuente de origen, por ejemplo, los residuos provenientes de los procesos de pañales y toallas higiénicas presentan porcentajes de humedad más bajos, a diferencia de los generados en la fabricación de papel y cartón. Estas características permiten que los residuos puedan ser destinados a reciclaje o diferentes formas de valorización.

La industria papelera en Colombia[8] en el año 2017 generó aproximadamente 611.245,2 toneladas de residuos no peligrosos tanto de los específicos de la industria como otros no específicos, y 660,4 toneladas de residuos peligrosos, los cuales representan menos del 1% del total de residuos generados y no hacen parte del proceso específico de producción de la industria papelera.

En el diagrama 5, se describen las características generales de los residuos de la industria papelera.

Diagrama 5. Características generales de los residuos de la industria papelera

8. Representatividad del 85% del total de fábricas papeleras en Colombia afiliadas a la Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI.

Las prioridades de gestión de los residuos en la industria papelera están encaminadas hacia la minimización, reutilización, valorización y por último eliminación. **En el diagrama 6,** se define cada una de estas prioridades, según la Política para la Gestión Integral de los Residuos de 1998 del Ministerio de Ambiente.

Diagrama 6. Prioridades de gestión de residuos en la industria papelera

Fuente: *Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente de 1998*

3.2. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA Y ABSORBENTES

Las alternativas de gestión de los residuos, corresponden a aquellas opciones de tratamiento de los residuos que permiten aprovechar sus propiedades fisicoquímicas como subproductos de otras industrias o incluso en la industria papelera antes de ser llevados a disposición final en el relleno sanitario. Sin embargo, cabe resaltar que bajo los principios de la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente de 1998, la reducción en el origen es el principio con mayor relevancia y bajo el cual se desarrollan las estrategias de gestión de residuos, por tanto, las alternativas de gestión hacen parte de los principios de aprovechamiento interno y externo, tratamiento y disposición final.

Las alternativas de gestión que describe esta guía, fueron establecidas teniendo como base la guía de residuos industriales de ASPAPEL, debido a la semejanza de las características de los residuos de dicha guía y los identificados por las industrias papeleras colombianas, bajo las prioridades de minimización, reutilización, valorización y disposición final.

A continuación, se describe las alternativas de gestión que pueden ser aplicables a los residuos papeleros, junto con los aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta al considerar la implementación de cada alternativa, con el fin de ejecutar la que se ajuste al área de influencia, la capacidad instalada, técnica, económica y nivel de producción anual de la empresa papelera que siga esta guía. Estas alternativas deben considerar no solo la utilización de los residuos como materia prima, sino también deben competir con la rentabilidad que representa su aplicación y satisfacer la oferta de las cantidades de residuos industriales generados por el sector papelero. Cabe resaltar que los aspectos mencionados no deben asumirse como limitantes para la ejecución de cualquier alternativa.

Las siguientes alternativas, son algunas que ya han sido ejecutadas por diferentes empresas papeleras en Colombia, teniendo en cuenta que los residuos específicos de la industria, como los provenientes de la producción de pañales, paños de limpieza personal y de superficie, y protección femenina han sido objeto de investigación para determinar otras alternativas de gestión diferentes a las que esta guía plantea y que se expondrán en futuras versiones de la misma.

3.2.1. Reciclaje

El reciclaje consiste en el aprovechamiento y transformación de los residuos recuperados devolviéndoles su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. En Colombia, los gestores de residuos se encargan de recuperar el material desechado por hogares, industrias y establecimientos comerciales y lo entregan a empresas transformadoras que realizan el aprovechamiento del mismo orientado al reciclaje para convertirlos en materias primas para la reincorporación al proceso productivo.

La tabla 8, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo el reciclaje como alternativa de gestión para sus residuos industriales.

Tabla 8. Aspectos a tener en cuenta para el reciclaje

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Reciclaje	• Potencial reciclable del residuo. • Cantidad y clasificación de material recuperable.	• Costo de almacenamiento, embalaje y transporte.	• Mecanismos necesarios para la minimización de los impactos de dicho aprovechamiento (emisiones, vertimientos, desperdicios, etc.)

3.2.2. Compostaje

El compostaje, es una técnica utilizada para el aprovechamiento del residuo sólido orgánico, empleando técnicas que permitan descomponer este residuo y generar un material que podrá ser empleado para remediación de suelos o como abono orgánico, de acuerdo al tipo de residuo y su grado de contaminación. Una dificultad que puede presentar este proceso es que requiere instalaciones considerables dependiendo del volumen que se vaya a transformar, además, la generación de fuertes olores durante el proceso y escurridos propios de la descomposición de la materia orgánica.

El compostaje puede ser de tipo aerobio, en el que se lleva a cabo en presencia de oxígeno para la descomposición de la materia orgánica, o anaeróbico, que bajo condiciones sin presencia de oxígeno genera grandes cantidades de metano y sulfhídricos, y así mismo malos olores producidos por la adición no controlada de materia orgánica cruda a los suelos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008).

El compost se utiliza como abono sobre el suelo para aportar materia orgánica, mejorar la estructura del mismo, ayuda a reducir la erosión y mejora la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas (ASPAPEL, 2008).

La concentración en oxígeno, el pH y la relación C/N (Carbono/Nitrógeno) son los factores fundamentales que intervienen en el proceso de compostaje. Los lodos de las industrias papeleras requieren previa caracterización a fin de conocer el contenido de metales pesados, carbono y nitrógeno. Estos lodos con altos contenidos en fibras tienen relaciones de Carbono-Nitrógeno (C/N) de un valor entre 30-50, lo cual es ideal para la elaboración de compost ya que la relación C/N puede encontrarse en 20. Mezclas iniciales con rangos superiores a los óptimos pueden resultar idóneas si una parte de ese carbono no es fácilmente asimilable (por ejemplo restos vegetales, como la fibra de celulosa), e igualmente el pH de los lodos es neutro, lo que no representa amenaza de acidificación para los suelos (ASPAPEL, 2008). Otro factor que influye en la calidad del compost es el tipo de materia prima que se emplee para este, para lo cual los lodos de la industria papelera también pueden ser empleados para esta actividad, ya que tienen una composición rica en nutrientes, humus y materia orgánica biodegradable que realiza aportes positivos al suelo aumentando su capacidad de intercambio de cationes y mejora la retención y disponibilidad de nutrientes.

La tabla 9, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo el compostaje como alternativa de gestión para sus residuos industriales.

Tabla 9. Aspectos a tener en cuenta para el compostaje

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Compostaje	• No requiere secado para su uso. • Análisis del porcentaje de materia orgánica y análisis de peligrosidad.	• Costo de almacenamiento, embalaje y transporte del residuo. • Instalaciones apropiadas dentro de la planta para realizar el compostaje.	• El compost es un abono orgánico que favorece la microbiología del suelo y las plantas. • Control de lixiviados y olores.

3.2.3. Utilización directa en agricultura

Debido al gran contenido de nutrientes y de materia orgánica biodegradable, los lodos de la industria papelera pueden ser usados para su esparcimiento directo sobre terrenos agrícolas, sin necesidad de realizar un procedimiento previo de transformación sobre los lodos, favoreciendo la retención de humedad, neutralización de suelos ácidos a partir del carbonato cálcico contenido en los lodos, y estimulación de la actividad microbiana de los suelos (Escolástico, Cabildo, & Santos, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta alternativa debe ser un procedimiento a tener en cuenta por parte de las empresas productoras de pulpa, papel y cartón, en la medida que puedan comercializar los residuos de manera directa, y encontrar la medida en la que se garantice que el lodo cumple con las características adecuadas para ser aplicado sobre la agricultura y que no representan peligro para el ambiente.

La tabla 10 presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo la utilización directa en agricultura como alternativa de gestión para sus residuos industriales. **La imagen 5** muestra las ventajas y desventajas de llevar a cabo el compostaje y el uso directo en agricultura como alternativas de gestión para los residuos papeleros.

Tabla 10. Aspectos a tener en cuenta en la utilización directa en agricultura

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Utilización directa en agricultura	• Fácil descomposición, aporte de nutrientes al suelo, y favorecerá el flujo de agua debido a su contenido de compuestos orgánicos. • Análisis de peligrosidad y análisis de pH del suelo soporte y de fósforo. • Determinación del nivel freático del suelo al que será aplicado. • Realizar estabilización alcalina y secado para reducir olores y concentración de posibles patógenos. Esta estabilización puede realizarse con cenizas provenientes de calderas de carbón de la misma planta papelera.	• Costo de almacenamiento, embalaje y transporte.	• Verificar que no genere impactos negativos en el suelo o en las aguas subterráneas. • Control en la generación de olores.

Imagen 5. Ventajas y desventajas frente al compostaje y uso directo en agricultura

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Se puede lograr la recuperación de materia orgánica y nutrientes valiosos los cuales son perdidos normalmente en los sistemas de agricultura cuando son depositados en rellenos. • Minimización de olores, los cuales son normalmente producidos tras la adición no controlada de materia orgánica cruda a los suelos. • Transformación de nitrógeno y fósforo solubles en formas orgánicas, de esta forma se aumente la disponibilidad de estos elementos en las etapas de crecimiento de las plantas y regeneración de los suelos y se disminuye la probabilidad de lixiviación de nutrientes a cuerpos de agua. • Aumentos de contenido de humus y capacidad de intercambio de cationes, así mismo mejoramiento de la retención y disponibilidad de nutrientes, y la elaboración de productos sostenibles de más alto valor agregado para aplicaciones de horticultura y agricultura.	• Requerimientos de altas áreas de proceso debidas a los largos tiempos de residencia del mismo. • Costos operativos altos debidos al requerimiento de personal y maquinaria pesada. • El precio de venta del producto terminado es bajo y en general no es suficiente para justificar la inversión y la operación de la alternativa. • El material obtenido (compost) debe ser sometido al cumplimiento de la norma NTC 5167 para recibir su aprobación de comercialización por parte del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario).

3.2.4. Aprovechamiento en la industria de la construcción

La industria ladrillera y cementera pueden valorizar algunos tipos de residuos de la industria papelera. Por ejemplo, la composición rica en carbonato cálcico y de fibras de celulosa de los lodos de destintado permiten reducir las tensiones de cocción de las arcillas en la elaboración de ladrillos mejorando su conductividad térmica y aumentando su calor específico, lo que supone también un ahorro energético en las construcciones donde sean empleados, e igualmente le confieren al producto final una mayor resistencia mecánica, una menor contracción, y una porosidad más homogénea (Rodriguez, Frías, & Rojas, 2010).

El proceso de valorización de lodos papeleros en la industria ladrillera se lleva a cabo mezclando los lodos con masa arcillosa y agua, se pasa la mezcla a un proceso de conformado, secado y posteriormente a la cocción, obteniendo un producto con mayor resistencia mecánica y una porosidad homogénea, aumentando la calidad de este y obteniendo un mayor poder aislante tanto térmico como acústico.

Por otra parte, la industria cementera puede recuperar ciertos tipos de lodos, aprovechando la facción material y contenido energético de los mismos. Los lodos pueden ser empleados como material sustitutivo del clinker[6] debido su la alta composición de

6. El clinker es el componente principal del cemento común (también conocido como Portland) y por tanto del hormigón.

carbonato cálcico. Los cementos elaborados con los lodos papeleros tienen propiedades químicas, reológicas y mecánicas conferidas por su alto contenido en carbonato cálcico (Rodriguez, Frías, & Rojas, 2010).
El proceso de reciclaje de lodos en la industria cementera inicia con el secado de los lodos en el pre-secador del horno de cemento, luego se quema el lodo aprovechando el poder calorífico de la fracción orgánica durante este proceso y las cenizas de la fracción inorgánica pasan a formar parte de la matriz del clinker del cemento (Castells, 2000).

La tabla 11, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo el reciclaje en la industria de la construcción como alternativa de gestión para sus residuos industriales. **En la imagen 6** se presentan las ventajas y desventajas del aprovechamiento de los residuos papeleros en la industria de la construcción.

Tabla 11. Aspectos a tener en cuenta en el reciclaje en la industria de la construcción

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Aprovechamiento en la industria de la construcción	• En la fabricación de ladrillos de arcilla, los lodos papeleros pueden mezclarse en una proporción en entre el 5% (para productos a la vista) y el 20% (para ladrillo farol rayado), de acuerdo a la producción que se esté sacando en la ladrillera. • Es importante tener en cuenta que para este uso el residuo no debe estar mezclado con los lodos de tratamiento in situ de vertimientos y lodos de lagunas de oxidación, pues esto puede afectar la resistencia del ladrillo. • Análisis de porcentajes de humedad; sílice, oxido de calcio, hierro, calcio, carbonatos. • En la industria cementera se debe verificar que la humedad no represente un problema (técnico o en costo). • Las características finales del producto deben cumplir con la NTC 4205 de materiales de construcción no estructurales para el caso de ladrillos.	• Reducción en el consumo de materias primas (arcillas), lo que representa un ahorro para la ladrillera. • Debe ser atractivo como sustituto de otros materiales. • Tener en cuenta el almacenamiento y transporte. • Compra de equipos para aumentar secado.	• Control emisiones de material particulado, SOx, NOx, dioxinas y furanos, y de olores. • Control emisiones de material particulado SOx, NOx, dioxinas y furanos, y de olores. • Se reduce la extracción de arcillas, alargando la vida útil de las canteras.

Imagen 6. Ventajas y desventajas frente al aprovechamiento en la industria de la construcción

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Mejora en la resistencia de los ladrillos frente al agua del mar, y ante sulfatos y cloruros. • Aumentan la resistencia de compresión • Incremento de la impermeabilidad por reducción de grietas en el fraguado. • Mejora resistencia a la abrasión. • Aumenta la protección del acero estructural. • Menor densidad de agua por su baja absorción. • El uso del residuo incorporado como materia prima permite la existencia de márgenes de utilidad que pueden evaluarse a escala real, para determinar la capacidad de aprovechamiento que puede lograrse por estos métodos.	• Requiere equipos y herramientas que puede limitar la ejecución de esta alternativa.

3.2.5. Valorización energética

Esta alternativa tiene como objetivo generar energía en la industria a través de la combustión de los residuos y a la vez permite reducir el volumen de los mismos. Cabe resaltar que el proceso de valorización energética debe llevarse a cabo en procesos de alta eficiencia energética, donde haya una demanda real de esa energía y que la obtenida sustituya otras energías procedentes de recursos energéticos no renovables (Castells, 2000).

Gran parte de los residuos papeleros pueden ser destinados a valorización energética debido a su poder calorífico y contenido de biomasa, cuya emisión de CO_2 es neutra cuando son utilizados como combustibles alternativos. Los rechazos del reciclaje provenientes de la eliminación de impropios del papel recuperado pueden representar un nivel complejo para realizar otro tipo de valorización, por lo cual, emplearlos para generación de energía es la alternativa más viable para los mismos.

Los lodos que sean destinados a esta alternativa, estos pueden ser mezclados con otro energético y usado como combustible en calderas y así se logrará una correcta combustión.

Por otra parte, los lodos pueden ser empleados para el control de emisiones de SO_2 que al reaccionar con el $CaCO_3$ genera como producto $CaSO_4$, tras la quema de una mezcla de lodo de baja humedad con carbón en una caldera.

La tabla 12, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo la valorización energética como alternativa de gestión para sus residuos industriales.

Tabla 12. Aspectos a tener en cuenta para la valorización energética

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Valorización Energética	• Determinar el poder calorífico, humedad y tipo de caldera en el que pueda destinarse el residuo. • Los lodos pueden ser transformados en pelets y mezclados con carbón para facilitar la combustión. • El lodo papelero tiene un gran potencial para ser usado como mezcla en la combustión de hornos tipo Hoffman, lo cual permite que la mezcla se mantenga la temperatura adecuada. Es necesario secar el lodo ya que la humedad dificulta la combustión. Para lo cual se puede hacer uso de los gases de combustión de lodo.	• Compra de hornos de presecado, calderas de lecho fluidizado y equipos de mezclado. • Reducción del consumo energético tradicional. • Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a empresas de fabricación de cemento o ladrillos.	• Se requiere control de emisiones. • Se reduce la extracción de carbón de minas, lo cual alarga la vida útil del recurso. • El volumen y peso del residuo final es menor, ya que sólo serían cenizas las cuales deben ser dispuestas o aplicadas.

3.2.6. Producción de combustibles derivados de residuos (RDC)

El resultado de la producción de combustibles derivados de residuos, es un combustible secundario preparado a partir de residuos no peligrosos para su valorización energética mediante co-procesamiento en hornos industriales, centrales térmicas, plantas de co-generación, entre otras (Durán, 2014). Los residuos de la industria papelera también pueden gestionarse a través de esta alternativa ya que algunos tienen alto poder calorífico, y se deben realizar caracterizaciones para determinar que los residuos no contienen materiales peligrosos para garantizar su inocuidad y aplicación en esta alternativa. El proceso de tratamiento de los residuos, se lleva a cabo por separación por tipo de residuos, proceso mediante el cual se retiran materiales que no son valorizables (ej. Metales), se realiza un proceso de preparación y secado hasta un 50-55% de sequedad aproximadamente, una reducción de tamaño y homogeneización, y por último, un mezclado de diversas fracciones de residuos hasta alcanzar las condiciones adecuadas de poder calorífico, contenido en humedad y contenido en cloro requeridas para cada aplicación y cliente (Troche, 2012).

La fabricación de RDC puede ser de diferentes calidades de acuerdo con el poder calorífico de los residuos y con otros requerimientos en función del uso particular específico al que se destine (Peralta & Bonilla, 2014).

La tabla 13, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para llevar a cabo la producción de RDC como alternativa de gestión para sus residuos industriales.

Tabla 13. Aspectos a tener en cuenta para la producción de combustibles derivados de residuos

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Producción de RDC	• La tasa de producción de combustible debe ser competitiva con otros residuos. • Definir tipo de combustible a producir y tecnología a emplear. • El lodo no requiere secado previo a su aplicación.	• Alto costo en inversión y adquisición de la tecnología para la producción de RDC.	• Generación de residuos del proceso de producción del combustible (sólidos y líquidos). • Control de emisiones generadas en el proceso de producción del combustible.

3.2.7. Aprovechamiento interno

El aprovechamiento interno consiste en reincorporar aquellos materiales recuperados, al ciclo económico y productivo de la misma planta de forma eficiente, que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos.

La tabla 14, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para el aprovechamiento interno de sus residuos industriales como alternativa de gestión para los mismos.

3.2.8. Restauración de suelos en minería

La restauración de suelos en minería consiste en mejorar las propiedades de los suelos afectados por la actividad minera.

Los lodos papeleros, pueden ser destinados a esta alternativa ya que no darán origen a gases ni a lixiviados y no atraerá vectores. Además por sus características fisicoquímicas, presencia de carbonatos y otras cenizas, pueden endurecerse y compactarse, lo cual puede ser adecuado en un relleno de mezclado con escombros y tierras de excavaciones.

La tabla 15, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para destinar sus residuos industriales a restauración de suelos en minería como alternativa de gestión para los mismos.

Esta alternativa solo es viable si la mina a donde se destinaran estos lodos papeleros cuenta con todos los requerimientos técnicos y legales vigentes.

Tabla 14. Aspectos a tener en cuenta para el aprovechamiento interno

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Aprovechamiento interno	• Identificar las propiedades de los residuos y el uso de los mismos en diferentes procesos industriales en los cuales puedan ser aprovechados.	• Reducción de costos de materias primas, principalmente cuando son empleados como fuente de energía.	• Reducción de presión en relleno sanitario.

Tabla 15. Aspectos a tener en cuenta para la restauración de suelos en minería

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Restauración de suelos en minería	• Realizar una caracterización fisicoquímica de los residuos destinados a esta alternativa.	• Costo de almacenamiento, embalaje y transporte.	• Verificar la restauración de la mina.

3.2.9. Uso como cobertura en rellenos sanitarios

Los lodos papeleros pueden ser empleados como cobertura diaria o final de celdas de rellenos sanitarios, conformación de barreras hidráulicas o formación de diques de contención.

Los lodos papeleros son de fácil manejo, y su aplicación en esta alternativa es favorable para los rellenos sanitarios debido a que reduce las concentraciones de sustancias nitrogenadas y metales en los lixiviados al ser absorbidos por ellos. Además, las aguas de escorrentía que atraviesen estas capas van a arrastrar especialmente carbonatos, con un impacto benéfico para evitar acidificación y lixiviación de metales en las capas inferiores. La digestión de estas capas superficiales será probablemente lenta y aeróbica, por lo cual no se va a generar metano sino CO_2, lo cual es favorable (INDISA S.A., 2014).

La tabla 16, presenta aquellos aspectos técnicos, económicos y ambientales a tener en cuenta por la empresa papelera para destinar sus residuos a rellenos sanitarios como alternativa de gestión para los mismos. **La imagen 7** presenta las ventajas y desventajas del uso de lodos papeleros como cobertura en rellenos sanitarios.

Tabla 16. Aspectos a tener en cuenta para uso como cobertura en rellenos sanitarios

Alternativa	Aspectos Técnicos	Aspectos Económicos	Aspectos Ambientales
Uso como cobertura en rellenos sanitarios	• Realizar una caracterización fisicoquímica de los residuos destinados a esta alternativa. • El relleno debe estar alejado de zonas de explotación de material de cobertura. • El requerimiento de material de cobertura es igual al 20% de la cantidad de residuos que se disponen en el relleno, por esto, es necesario determinar la cantidad de lodos para establecer el relleno al cual se puede proveer el residuo.	• Costo de almacenamiento, embalaje y transporte.	• Verificar que no genere impactos negativos en el suelo o en las aguas subterráneas. • Requiere control de olores.

Imagen 7. Ventajas y desventajas de la aplicación en rellenos sanitarios

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Los lodos favorecen la precipitación de ácidos orgánicos solubles, que quedan disponibles como sólidos insolubles y se recogen en el tratamiento de los lixiviados. • Disminuye el nivel de acidez del agua. • El uso de los lodos papeleros no presenta formación de patógenos. • Los lodos papeleros retienen metales pesados en el tiempo y facilita su manejo. • Los lodos papeleros y las cenizas de estos tienen alta afinidad con metales pesados disueltos para un amplio rango de valores de pH.	• A pesar de varios estudios que alientan a la utilización del lodo papelero para tratar lixiviados no se ha logrado una amplia acogida en el mercado de esta idea. • Al final del proceso se tiene un lodo contaminado con metales pesados que debe disponerse adecuadamente y sobre el cual probablemente deba hacerse un secado previo.

4. FICHAS DE REFERENCIA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PAPELEROS, DE PAÑALES, PROTECCIÓN FEMENINA, LIMPIEZA PERSONAL Y DE SUPERFICIE

Esta sección presenta fichas para cada tipo de residuo las cuales incluyen la descripción general del residuo, sus características, las necesidades previas de gestión, el almacenamiento y las diferentes alternativas de gestión de cada residuo de acuerdo con sus propiedades y características, señalando la gestión que se debe llevar a cabo en el origen (la planta o fábrica) y en el destino (gestor autorizado).

Cabe resaltar que los residuos papeleros tienen propiedades que permite que sean valorizados como subproductos en otras actividades industriales, por lo tanto, las alternativas que se presentan a continuación no son las únicas a ejecutar por cada residuo, sino que son propuestas a partir de diferentes resultados de estudios científicos realizados a nivel nacional e internacional con los residuos generados en la industria de pulpa, papel y cartón, así que se sugiere continuar realizando estudios con los mismos para maximizar su valorización.

4.1. Residuos de corteza y madera

Tipo de residuo	Residuos de corteza y madera
Descripción del residuo	Son los restos producidos en el proceso de preparación de la materia prima para la producción de pulpa virgen tras el procedimiento de descortezado, desmedulado, preparación y troceado de madera y bagazo de caña, que no pueden ser utilizados en el proceso de fabricación de pulpa.
Características	Humedad: 4% (Peso seco) Contenido de celulosa: 23% (Peso seco) Contenido de Lignina: 25% (peso seco) Poder calorífico: 17 y 19.5 MJ/kg Estado: sólido
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tamaño. Caracterización de acuerdo con la alternativa a implementar. Realizar humedad por aspersión a los residuos para mantener su contenido de humedad y estructura física.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Compostaje	Valorización energética	Producción de combustibles
Alternativa de gestión	El alto contenido de materia inorgánica como lignina y celulosa, permite emplear estos residuos de corteza y madera en el compostaje, favoreciendo la estructura ecológica del suelo y su restauración.	La corteza y madera se considerarán como biomasa y su poder calorífico permite ser empleado como fuente alternativa para generación de energía, en la misma planta o en otras industrias.	El poder calorífico de este residuo permite que sea aprovechado para la producción de combustibles derivados de residuos.
Gestión en el origen	Clasificar el residuo de acuerdo al destino. Transportar el residuo a la planta certificada para el compostaje. Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	En caso de ser aplicado a la propia industria, determinar la cantidad específica a emplear como biomasa y en lo posible realizar el control de emisiones.	Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.
Gestión en el destino	El compost obtenido será destinado como abono natural a plantaciones agrícolas y zonas de cultivo para mejora de la calidad del suelo.	Las cenizas generadas por la quema de la biomasa puede emplearse como sustitutos en otras industrias como la de construcción, en caso de no ser posible, deben ser destinadas a una forma de disposición final adecuada, como el relleno sanitario, garantizando que no presenten características de peligrosidad.	Una vez sean tratados mediante separación, secado, triturado y mezcla con otras fracciones, se producirá un RDF que podrá ser empleado como combustible en otras industrias. La planta de producción de RDF y su procedimiento debe estar certificada para la producción de RDF y cumplir con parámetros que garanticen el correcto aprovechamiento de los residuos de corteza y madera en esta alternativa así como la gestión integral de los residuos que puedan ser generados en la producción de estos combustibles.

Fuente: *Moncada, Cardona, Higuita, & Vélez, 2015*

4.2.Lodos de lejías verdes “dregs”

Tipo de residuo	Lodos de lejías verdes o “dregs”	
Descripción del residuo	Provienen de la caldera de recuperación de licor verde previo al proceso de caustificación. Se compone principalmente de cargas minerales y tienen un elevado valor para la industria cementera.	
Características	Humedad: 80-90% Estado: semi-líquido pH: 7-10 Contenido de macronutrientes: P (0,39%); K (0,76%); Ca (24%); Mg (0,44%) Contenido de micronutrientes: Fe (0,47%); Zn (0,12%)	
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen y denotarlo como subproducto. Realizar análisis y caracterización específica del residuo de acuerdo a la alternativa de gestión a ejecutar.	
Almacenamiento	Disposición en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y rotulado de los residuos, y ventilación.	

	Reciclaje en industria de construcción	Utilización directa en agricultura
Alternativas de gestión	El alto contenido de calcio en este lodo permite una mejor compactación en ladrillos y puede emplearse como sustituto del clinker en el cemento.	Los compuestos orgánicos de este lodo tiene efectos positivos en suelos degradados por acidificación, ya que por su alcalinidad y capacidad de amortiguación, mejora la disponibilidad de nutrientes del suelo, nivela el pH del suelo a un nivel neutro y aumenta el contenido de agua, produciendo una mejora en la estructura y composición del suelo.
Gestión en el origen	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).* La empresa debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos a empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades de los residuos.
Gestión en el destino	Realizar los procedimientos adecuados para que el lodo pueda ser empleado como sustitito del clinker del cemento.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo en zonas agrícolas y de cultivo.

Fuente: *Kong, Hasanbeigi, & Prince, 2015*

4.3. Residuos de lodos calizos

Tipo de residuo	Residuos de lodos calizos	
Descripción del residuo	Estos lodos provienen del proceso de caustificación con altos contenidos de carbonato de calcio.	
Características	pH: 7,16 - 7,6 Contenido de humedad: 50-80% Componentes orgánicos: 40% Carbonato de Calcio ($CaCO_3$): 80% Estado: semi-sólido	
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen y denotarlo como subproducto. Realizar análisis y caracterización específica del residuo de acuerdo con la alternativa de gestión a ejecutar.	
Almacenamiento	Disposición en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y rotulado de los residuos, y ventilación.	

	Aprovechamiento en la industria de construcción	Utilización directa en suelos	Aprovechamiento interno
Alternativas de gestión	El alto contenido de calcio en este lodo permite que pueda emplearse como subproducto para la elaboración de ladrillos de arcilla, mejorando propiedades de aislamiento térmico y acústico, y aumentando la ductilidad de la mezcla para la elaboración de ladrillos.	Los compuestos orgánicos de este lodo tiene efectos positivos en suelos degradados por acidificación. Pueden emplearse para tratar suelos afectados por lixiviados provenientes de la minería. La reacción de neutralización entre los sulfatos de los lixiviados y el contenido de calcio en los lodos permite nivelar el pH del suelo y mejora su disponibilidad de nutrientes.	Reutilización interna en el proceso productivo a partir de recuperación en horno de cal.
Gestión en el origen	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).* La empresa debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos a empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades de los residuos.	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.
Gestión en el destino	Realizar los procedimientos adecuados para que el lodo pueda ser empleado como sustitito del clinker del cemento.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo en suelos para biorremediación y zonas agrícolas.	Realizar los procedimientos adecuados para que el lodo pueda ser empleado en el horno del cal, verificando sus propiedades.

***Fuente**: Xu, Xu, Lui, & Cao, 2014 y Bonnail, Aguasanta, Lopez, & Nieto, 2015.*

4.4. Lodos de destintado

Tipo de residuo	Lodos de destintado
Descripción del residuo	Son generados al eliminar las tintas de los papeles usados con los que se fabricará papel a partir de fibra secundaria. Estos lodos generalmente contienen fibras cortas, estucos, cargas, partículas de tinta, aditivos de destintado y son ricos en polisacáridos, celulosa, lignina y otros componentes inorgánicos.
Características	Contenido de humedad: 70-90% Contenido de materia orgánica (celulosa): 23-54% Contenido de compuestos inorgánicos (carbonato cálcico, caolinita, dióxido de titanio): 44-75% Poder calorífico: 4-7 MJ/Kg
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen y denotarlo como subproducto. Realizar análisis y caracterización específica del residuo de acuerdo a la alternativa de gestión a ejecutar. Si es destinado para valorización en otras industrias o en agricultura estos lodos en ocasiones pueden mezclarse con los lodos primarios de la depuradora.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Utilización directa en agricultura	Aprovechamiento en la industria de construcción	Valorización energética
Alternativas de gestión	Los compuestos orgánicos y de calcio de los lodos de destintado pueden ser aplicados directamente en la agricultura para restauración de suelos ácidos afectados por fertilizantes, mejorando su estructura ecológica y disponibilidad de nutrientes.	La calcinación del lodo de destintado influyen sobre la actividad puzolánica de la mezcla para la elaboración de cemento. La incorporación de un 10% del lodo de destintado en la mezcla de cemento, modificaría el principio de fraguado, acelerando en 30 minutos el proceso productivo e incrementando su resistencia de compresión.	Los lodos de destintado pueden emplearse como fuente de energía para calderas tanto en la industria papelera como para otras industrias. Así mismo, las cenizas generadas tras el proceso de combustión de los lodos poseen alto contenido de calcio, las cuales pueden ser empleadas como subproducto para el aditivo de cemento.
Gestión en el origen	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado de los residuos.	Realizar el proceso de secado al lodo según se requiera para así ser destintado al proceso de combustión en la caldera.
	La empresa debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos a empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades de los residuos.		Determinar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.
Gestión en el destino	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo zonas agrícolas.	Realizar los procedimientos requeridos para la calcinación del lodo de manera que pueda ser empleado en la mezcla de la elaboración de cemento.	Las cenizas generadas por la quema de la biomasa puede emplearse como sustitutos en otras industrias como la de construcción, en caso de no ser posible, deben ser destinadas a una forma de disposición final adecuada,como el relleno sanitario, garantizando que no contienen propiedades de peligrosidad.

Fuente: *Deviatkin, Kapustina, Vasilieva, & Isyanov, 2016 y Yin, y otros, 2015.*

4.5. Desechos separados mecánicamente de pulpa elaborada a partir de residuos de papel y cartón

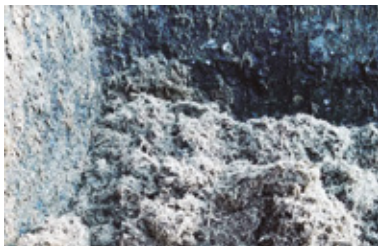
Tipo de residuo	Desechos separados mecánicamente, de pulpa elaborada a partir de residuos de papel y cartón
Descripción del residuo	Residuos provenientes de la etapa de separación de elementos (metal, cintas, plástico, arena, entre otros) que trae consigo el papel usado recuperado destinado a la fabricación de pulpa.
Características	Humedad: 55% Poder calorífico: igual o superior a 8 MJ/Kg Estado: sólido Composición heterogénea entre plástico, metal, vidrio, entre otros.
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tipo de rechazo (metal, plástico, etc) de acuerdo a la alternativa de gestión a implementar. Análisis y caracterización de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Reciclaje	Valorización energética	Producción de combustibles
Alternativas de gestión	La separación mecánica de los rechazos pueden clasificarse por tipo de material (plástico, metal, entre otros) que pueden tener potencial reciclable y evitar que sean dispuestos en rellenos sanitarios al ser entregados a un gestor para realizar el proceso de aprovechamiento del material.	Los rechazos recolectados y clasificados pueden emplearse como fuente de energía principal (cogeneración o generación de energía) tanto en la misma industria o en otras industrias.	Los rechazos recolectados pueden emplearse como medio alternativo para la producción de combustibles derivados de residuos. Ejemplo: producción de biodiesel a partir del plástico recuperado.
Gestión en el origen	Realizar la separación por tipo de material y cuantificar la cantidad recolectada.	Los residuos deben ser entregados a la planta de aprovechamiento con toda la información referente a la clasificación, cantidad y estado de los residuos.	Registrar la cantidad, estado y tipo de material a entregar.
	Entrega al gestor autorizado certificando las características, estado y cantidad de material a entregar.	La planta debe tener las condiciones apropiadas para el aprovechamiento de energía a partir de estos materiales.	
Gestión en el destino	Realizar los procesos pertinentes para el aprovechamiento del material recolectado y certificar la forma en la cual están siendo transformados.	Cumplimiento con los límites de emisión permisibles. *(Resolución 1377 de 2015 la cual establece los estándares de emisión en el aprovechamiento energético de residuos no peligrosos.)* Contabilizar el contenido de biomasa de estos residuos a efectos de reducción de emisiones de CO_2 como sustituto de combustible convencional.	Una vez sean tratados mediante separación, secado, triturado y mezcla con otras fracciones, se producirá un RDF que podrá ser empleado como combustible en otras industrias.
		La planta de producción de RDF debe ser certificada y su procedimiento para la producción de RDF cumplir con parámetros que garanticen la correcta gestión de los residuos en esta alternativa.	La planta de producción de RDF y su procedimiento debe estar certificada para la producción de RDF y cumplir con parámetros que garanticen el correcto aprovechamiento de los materiales en esta alternativa así como la gestión integral de los residuos que puedan ser generados en la producción de estos combustibles.

Fuente: *ASPAPEL, 2008.*

4.6. Desechos de fibra y lodos de fibra, de materiales de carga y estucado obtenidos por separación mecánica

Tipo de residuo	Desechos de fibra y lodos de fibra, de materiales de carga y estucado obtenidos por separación mecánica
Descripción del residuo	Los desechos de fibra se generan en los diferentes procesos de depuración y fabricación de la industria papelera tanto de fibra virgen como de reciclada, mientras que los lodos se generan en la recuperación de fibra en los circuitos de agua blanca y en etapas de desbaste o primarias de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR.
Características	Poder calorífico: 1929 BTU/Lb - 3025 Bario: < 0,6 mg/l pH: 7,8 Contenido orgánico: 27,8% Conductividad: 435 µs/cm Captura de intercambio catiónico: 31,56 meq/100gr. Material volátil: 40% Arsénico: < 0,012 mg/l BTU/Lb Cadmio: < 0,034 mg/l Mercurio: 0,05-0,08 mg/l Plata: 0,03 - 0,1 mg/l Selenio: <0,036 mg/l Cenizas: 50%
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tipo de residuo (lodo de fibra o desecho de fibra). En caso de que la valorización sea aplicación directa en agricultura, se pueden mezclar con los lodos de destintado. Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.



	Compostaje	Utilización directa en agricultura	Aprovechamiento en la industria de construcción	Valorización energética
Alternativas de gestión	El uso de este lodo para compostaje permite la recuperación de materia orgánica del suelo, la tr ansformación de nitrógeno y fósforo solubles del suelo en formas orgánicas para aumentar su disponibilidad en el suelo.	La aplicación de este residuo en suelos destinados a la agricultura permite la recuperación de materia orgánica y nutrientes los cuales son perdidos normalmente en los sistemas de agrícolas. Además, aporta significativamente en la disponibilidad de nutrientes en suelos destinados a horticultura y agricultura.	La recuperación de materia inorgánica contenida en el lodo puede ser aprovechada como subproducto para la elaboración de ladrillos y cerámica aportando a la calidad del producto final.	Estos residuos pueden ser aprovechados para su valorización energética, bien sea en la propia fábrica o en otro tipo de instalación de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.
Gestión en el origen	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015) .*	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.	Si la valorización energética se lleva a cabo dentro de la misma industria, realizar el proceso de secado al lodo para así ser destintado al proceso de combustión en la caldera.
	Clasificar el residuo de acuerdo al destino. Transportar el residuo a la planta certificada para el compostaje. Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	La empresa debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades del residuo.	Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	Determinar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.
Gestión en el destino	El compost obtenido será destinado como abono natural a plantaciones agrícolas y zonas de cultivo para mejora de la calidad del suelo.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo zonas agrícolas.	El 100% del lodo puede ser aprovechado por la industria de la construcción, al mezclarse con adivitivos de cemento, peletizarse y transformarse en gránulos para obtener agregados de peso ligero que pueden ser destinados a la fabricación de ladrillos u otros productos de la industria de la construcción.	El lodo puede ser peletizado y mezclado con carbón para lograr una correcta combustión. Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.

Fuente: *Gottumukkala, Haigh, Collard, Van Rensburg, & Görgens, 2016, ASPAPEL, 2008 y Minessota pollution control agency, 2009*

Desechos de fibra y lodos de fibra, de materiales de carga y estucado obtenidos por separación mecánica			
	Producción de combustibles derivados de residuos	**Restauración de suelos en minería**	**Uso como cobertura en rellenos sanitarios**
Alternativas de gestión	Los lodos de fibra, por su carga orgánica, pueden emplearse como materia prima en la biorefinería para la producción de bioetanol, butanol y biogas sin embargo, su calidad depende del tipo de fibra contenida en el mismo.	Los lodos aplicados en suelos destinados a la minería de carbón, permiten detener el drenaje ácido de las minas, el cual se genera cuando los minerales de sulfuro de las rocas están expuestos a condiciones de oxidación. Pueden aumentar el pH y el contenido de carbono orgánico del suelo y reducir los niveles de escorrentía y erosión.	Las características microbiológicas y fisicoquímicas de este lodo permite que sean empleados como cobertura diaria de celdas de relleno sanitario, ya que pueden absorber y reducir las concentraciones de sustancias nitrogenadas y metales de los lixiviados.
Gestión en el origen	Los residuos deberán ser entregados al gestor autorizado con toda la información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*
		Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.
Gestión en el destino	Una vez sean tratados mediante separación, secado, triturado y mezcla con otras fracciones, producirán un RDF que podrá ser utilizado como combustible en otras industrias.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo suelos destinados a la minería.	El gestor autorizado debe encargarse de realizar la compactación del lodo a fin de lograr una superficie lisa en la cobertura de la celda y garantizar a la empresa la aplicación del lodo en esta alternativa.

Fuente: *Gottumukkala, Haigh, Collard, Van Rensburg, & Görgens, 2016, ASPAPEL, 2008 y Minessota pollution control agency, 2009*

4.7. Lodos de lagunas de oxidación

Tipo de residuo	Lodos de lagunas de oxidación	
Descripción del residuo	Estos lodos provienen de los diferentes sistemas de depuración de aguas residuales de las plantas.	
Características	Humedad: 30-50% Estado: semi-sólido pH: 6,7 Toxicidad Daphnia 20% de inmovilización Inhibición con algas: 6%	Arsénico: < 0,012 mg/l Bario: < 0,173 mg/l Cadmio: < 0,019 mg/l Cromo: <0,012 mg/l Mercurio: 0,05-0,08 mg/l Plata: 0,03 mg/l Plomo: <0,015 mg/l Selenio: <0,036 mg/l
Necesidades pevias de gestión	Clasificación en el origen y denotarlo como subproducto. Realizar análisis y caracterización específica del residuo de acuerdo a la alternativa de gestión a ejecutar.	
Almacenamiento	Disposición en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y rotulado de los residuos, y ventilación.	

	Compostaje	Utilización directa en agricultura	Valorización energética
Alternativas de gestión	Los lodos pueden ser destinados a compostaje para mejorar la composición de macronutrientes del suelo. Para aumentar la relación Carbono/Nitrógeno puede combinarse con otro tipo de residuo o biomasa.	La composición de materia orgánica, macro y micro nutrientes de estos lodos, mejoran las características físicas, químicas y biológicas favoreciendo la estructura ecológica de los suelos destinados a agricultura. Pueden emplearse como fertilizante orgánico.	Estos residuos pueden ser aprovechados para su valorización energética al mezclarse con otro tipo de combustible para generación de energía tanto en la misma industria como en otras industrias.
Gestión en el origen	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015)* .	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*	Realizar el proceso de secado al lodo según se requiera para así ser destintado al proceso de combustión en la caldera.
	Transportar el residuo a la planta certificada para el compostaje. Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	La empresa papelera debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades de los residuos.	Determinar y registrar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.
Gestión en el destino	El compost obtenido será destinado como abono natural a plantaciones agrícolas y zonas de cultivo para mejora de la calidad del suelo.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo zonas agrícolas.	Las cenizas generadas por la quema de la biomasa puede emplearse como sustitutos en otras industrias como la de construcción, en caso de no ser posible, deben ser destinadas a una forma de disposición final adecuada, como el relleno sanitario, garantizando que no contienen propiedades de peligrosidad.

Fuente: *Torres, Madera, & Martínez, 2008 y ASPAPEL, 2008*

4.8. Lodos de tratamiento in situ de vertimientos

Tipo de residuo	Lodos de tratamiento in situ de vertimientos	
Descripción del residuo	Estos lodos resultan del tratamiento inicial realizado en la PTAR donde se genera una alta cantidad de lodos primarios que son separados del efluente por medio de proceso de clarificación este material tiene una alto contenido de materia orgánica	
Características	Humedad: 60-80% Estado: semi-sólido pH: 6 - 7	Consistencia: 20 a 40% Polimerización peligrosa: No ocurre polimerización. Corrosividad: Negativo Inflamabilidad: Negativo Reactividad: Negativo Densidad: 0.5 a 0.7 Ton/m^3
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen y denotarlo como subproducto. Realizar análisis y caracterización específica del residuo de acuerdo a la alternativa de gestión a ejecutar.	
Almacenamiento	Disposición en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y rotulado de los residuos, y ventilación.	

	Compostaje	Utilización directa en agricultura	Valorización energética
Alternativas de gestión	Los lodos pueden ser destinados a compostaje para mejorar la composición de macronutrientes del suelo. Para aumentar la relación Carbono/Nitrógeno puede combinarse con otro tipo de residuo o biomasa.	La composición de materia orgánica, macro y micro nutrientes de estos lodos, mejoran las características físicas, químicas y biológicas favoreciendo la estructura ecológica de los suelos destinados a agricultura. Pueden emplearse como fertilizante orgánico.	Estos residuos pueden ser aprovechados para su valorización energética al mezclarse con otro tipo de combustible para generación de energía tanto en la misma industria como en otras industrias.
Gestión en el origen	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015) .*	Realizar una caracterización de peligrosidad y contenido de metales pesados para verificar que no representan amenaza para el medio ambiente. *(Los valores límites de metales pesados del lodo pueden ser consultados en el capítulo 4 del decreto 1077 de 2015).*	Realizar el proceso de secado al lodo según se requiera para así ser destintado al proceso de combustión en la caldera.
	Transportar el residuo a la planta certificada para el compostaje. Registrar la cantidad, estado y tipo de residuo a entregar.	La empresa papelera debe realizar la gestión correspondiente a la venta de lodos empresas agrícolas, entregando un registro de cantidad y propiedades de los residuos.	Determinar y registrar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.
Gestión en el destino	El compost obtenido será destinado como abono natural a plantaciones agrícolas y zonas de cultivo para mejora de la calidad del suelo.	La empresa certificada para gestionar los lodos, los podrá emplear mediante esparcimiento directo zonas agrícolas.	Las cenizas generadas por la quema de la biomasa puede emplearse como sustitutos en otras industrias como la de construcción, en caso de no ser posible, deben ser destinadas a una forma de disposición final adecuada, como el relleno sanitario, garantizando que no contienen propiedades de peligrosidad.

Fuente: *Torres, Madera, & Martínez, 2008 y ASPAPEL, 2008*

4.9. Residuos de calderas de carbón

Tipo de residuo	Residuos de calderas de carbón
Descripción del residuo	Tras el proceso de combustión del carbón en la caldera se generan residuos compuestos por escorias, hollín y cenizas. Puede contener óxido de calcio y dióxido de silice.
Características	Humedad: 4% (Peso seco) Poder calorífico: 5526 BTU % Cenizas= 15.70 Material volatil= 3.42%
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tamaño. Realizar humedad por aspersión a los residuos para mantener su contenido de humedad y estructura física.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Aprovechamiento en la industria de la construcción	Valorización energética
Alternativa de gestión	Estos residuos pueden ser empleados como subproducto para la fabricación de distintos productos destinados a la construcción como agregados que pueden aportar a la calidad de los mismos.	El poder calorífico de estos residuos permite que sean aprovechados para valorización energética.
Gestión en el origen	Entregar los residuos al gestor certificado con información referente a la clasificación, cantidad, propiedades y estado.	En caso de ser aplicado a la propia industria, determinar la cantidad específica a emplear realizar el control de emisiones.
Gestión en el destino	Realizar los procedimientos adecuados para que el lodo pueda ser empleado como sustitito del clinker del cemento.	Las cenizas generadas por la quema de la biomasa puede emplearse como sustitutos en otras industrias como la de construcción, en caso de no ser posible, deben ser destinadas a una forma de disposición final adecuada, como el relleno sanitario, garantizando que no presenten características de peligrosidad.

Fuente: *Rodriguez, Frías, & Rojas, 2010*

Retal de hidrotejido

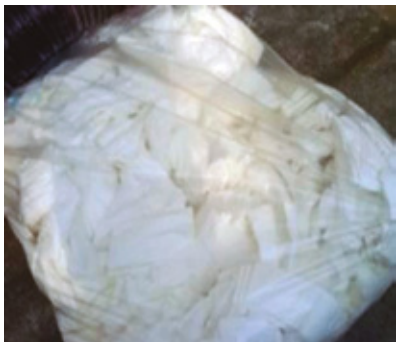
Tipo de residuo	Retal de Hidrotejido
Descripción del residuo	El retal de hidrotejido es el material que queda de los cortes de la toalla para limpieza de superficies cuando se está conviertiendo en rollos o paños doblados. Tambien se genera por el producto terminado que se rechaza porque no cumple las especificaciones de calidad. Estos cortes y rechazos se llevan a una picadora industrial que los deja en tiras de 2 cm de acnho y 30 cm de largo aproximadamente
Características	Humedad: 1% Poder calorífico estimado:4690 Kcal/Kg Celulosa: 80 % Polipropileno: 20% Capacidad específica de absorción de agua: 3g/g Capacidad específica de absorción de aceite: 2g/g
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tipo de residuo (retal de hidrotejido). Este material se genera cortado, prensado y embalado en poliestresh Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, no requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en muebleria y otros	Absorbente para derrames
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Puede ser usado como material de relleno en muebles, cojines, colchones, muñecos, etc. Puede usarse como material de relleno en aplicaciones que no estén en contacto con humedad	Este material puede usarse para la absorción de derrames de químicos por su capacidad de absorción de líquidos
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones que permitan la combustión de polipropileno de forma controlada	Entregar seco, limpio y correctamente embalado para su correcto aprovechamiento	Entregar el material seco, limpio y correctamente embalado para su correcto aprovechamiento
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Clasificar por tamaño y color si se requiere	Conocer restricciones de los químicos que puede absober, pues algunas sustancias como ácido sulfúrico lo degradan desprendiendo vapores
	El 100% del retal de hidrotejido puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación a los equipos de combustión	Mantener almacenado protegido de la humedad para evitar que se deteriore la fibra de papel	Mantener almacenado protegido de la humedad y empacar en las cantidades adecuadas para ser usado para absorción de derrames de químicos

NOTA: Los datos mostrados en la presente guía se encuentran sustentados en datos reales brindados por las empresas afiliadas a la Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI, los cuales reposan dentro de los archivos de la misma para estar a disposición de quien los solicite.

4.10. Retal Coform húmedo

Tipo de residuo	Coform seco
Descripción del residuo	El retal de coform es un material que se compone de plástico (polipropileno) y fibra (celulosa), el cual se genera en los procesos de corte y los rechazos de la fabricación de telas no tejidas para pañitos húmedos. Las proporciones dependen del grado del producto que puede estar entre un 65% contenido de celulosa y un 35% de polímero (98- 100% Polipropileno)
Características	Poder Calorífico, Kcal/Kg: ND Humedad,% base seca: <=5% Contenido celulosa:65% Estado: Solido
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tipo de residuo.
Almacenamiento	Disposición del residuo, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.



	Aprovechamiento en proceso papeleros	Valorización energética	Como materia prima o excedente de producción
Alternativas de gestión	Clasificar el residuo de acuerdo al destino. Transportar el residuo cumpliendo la normatividad vigente	Estos residuos pueden ser aprovechados para su valorización energética en procesos de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Principalmente de polipropileno o polietileno o una combinación de los dos. La primera opción para este desecho es volver a utilizar de nuevo en el proceso no tejido a través de equipos repelletization. Si eso no es posible, la siguiente mejor opción es vender el material como chatarra. El plástico de desecho normalmente se presenta en tres formas; fardos, rollos y pellets. Para rollos, lo mejor es vender directamente a una empresa de reciclaje de plástico.
Gestión en el origen		Determinar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.	Como regla general, la segregación y la recolección de materiales reciclables deben realizarse tan cerca como sea posible del punto de generación, a fin de proporcionar el máximo valor de venta secundaria. La identificación clara de la recolección de residuos en contenedores de basura y áreas de recolección son fundamentales para el proceso. También tratar de minimizar la distancia de los residuos antes de ser procesados. Los costos de transporte son a menudo el aspecto más costoso de reciclar.
Gestión en el destino	Involucrar en proceso productivo	Gestión adecuada de los residuos de la combustión. Cumplimiento de las normatividad de emisiones atmosfericas.	Involucrar en proceso productivo. Minimizar aspectos del proceso.

4.11. Coform seco

Tipo de residuo	Coform seco
Descripción del residuo	El retal de coform es un material que se compone de plástico (polipropileno) y fibra (celulosa), el cual se genera en los procesos de corte y los rechazos de la fabricación de telas no tejidas para pañitos húmedos. Las proporciones dependen del grado del producto que puede estar entre un 65% contenido de celulosa y un 35% de polímero (98- 100% Polipropileno)
Características	Poder calorífico, Kcal/Kg: ND Humedad,% base seca: <=5% Contenido celulosa:65% Estado: Solido
Necesidades previas de gestión	Clasificación en el origen por tipo de residuo.
Almacenamiento	Disposición del residuo, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Aprovechamiento en proceso papeleros	Valorización energética	Como materia prima o excedente de producción
Alternativas de gestión		Estos residuos pueden ser aprovechados para su valorización energética en procesos de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Principalmente de polipropileno o polietileno o una combinación de los dos. La primera opción para este desecho es volver a utilizar de nuevo en el proceso no tejido a través de equipos repelletization. Si eso no es posible, la siguiente mejor opción es vender el material como chatarra. El plástico de desecho normalmente se presenta en tres formas; fardos, rollos y pellets. Para rollos, lo mejor es vender directamente a una empresa de reciclaje de plástico.
Gestión en el origen	Clasificar el residuo de acuerdo al destino. Transportar el residuo cumpliendo la normatividad vigente.	Determinar la cantidad de residuo a emplear para la combustión.	Como regla general, la segregación y la recolección de materiales reciclables deben realizarse tan cerca como sea posible del punto de generación, a fin de proporcionar el máximo valor de venta secundaria. Identificación clara de recogida de residuos contenedores de basura y áreas de recolección es fundamental para el proceso. También, tratar de minimizar la distancia de transporte de la chatarra debe recorrer antes de ser procesado.. Los costos de transporte son a menudo el aspecto más costoso de reciclar.
Gestión en el destino	Involucrar en proceso productivo	Gestión adecuada de los residuos de la combustión. Cumplimiento de las normatividad de emisiones atmosfericas	Involucrar en proceso productivo. Minimizar aspectos del proceso.

4.12. Pulpa recuperada

Tipo de residuo	Pulpa Recuperada
Descripción del residuo	La pulpa recuperada se obtiene de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, uno de estos componentes es la pulpa.
Características	Humedad: <7% Poder calorífico estimado: 4000 Kcal/Kg Celulosa: >97% (base seca) Polimero Super Absorbente - poliacrilato de sodio (SAM): <3% (base seca)
Necesidades previas de gestión	Separación y claisifcación de materiales (SAM recuperado). Este material se genera en polvo y se empaca en tulas Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en proceso papeleros	Aprovechamiento en la industria de la construccion	Aprovechamiento en agricultura
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de generación de vapor, co-generación o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Se puede reincorporar en el proceso del papel para la fabricación de pañales, de papel higiénico o de toallas para secado de manos, siempre que se tenga controlado el contenido del polimero super abosrbente (SAM) para evitar dificultades en los procesos humedos de la fabricación de papel.	Por su caracteristica de ser una fibra larga la celulosa puede ser incorporada en el proceso de fabricación de tejas de fibrocemento como fibra de refuerzo.	Este material puede usarse en procesos de compostaje mezclandolo con otros residuos de origen animal y vegetal. Ambos materiales que lo componen (pulpa y SAM) son benéficos para las actividades agricolas por su aporte de carbono y propiedades de retención de agua.
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones	Se debe prensar y embalar para optimizar su transporte y protegerlo de la humedad	Se debe prensar y embalar para optimizar su transporte y protegerlo de la humedad.	Se debe prensar y embalar para optimizar su transporte y protegerlo de la humedad.
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Almacenar protegido de la humedad hasta que se use	Almacenar protegido de la humedad hasta que se use.	Se debe realizar las mezclas de acuerdo al aporte de carbono requerido.
	El 100% puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación de los equipos de combustión.	Evaluar el contenido de SAM y de plastico para prevenir formación de depósitos en los equipos	Evaluar el contenido de SAM y de plástico para prevenir formación de depósitos en los equipos.	

4.13. Polvillo industrial

Tipo de residuo	Polvillo industrial
Descripción del residuo	El polvillo industrial es resultado del proceso de destrucción de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. En este proceso se tiene un sistema de ventilación para el control del material particulado que se genera durante el proceso de destrucción del pañal y separación de componentes (celulosa, polimero superabsrobente y telas no tejidas). De este sistema de ventilación se extrae el polvillo industrial de los colectores de polvo.
Características	Humedad: <8% Poder calorífico estimado: 4000 Kcal/Kg Celulosa: >60% (base seca) Polimero Super Absorbente - poliacrilato de sodio(SAM): <40% (base seca)
Necesidades previas de gestión	Separación y claisifcación de materiales (polvillo industrial). Este material se genera en polvo y se empaca en tulas, colectándolo de los filtros del sistema de ventilación Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en proceso papeleros	Aprovechamiento en agricultura
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de generación de vapor, cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Se puede reincorporar en el proceso del papel para la fabricación de pañales, de papel higiénico o de toallas para secado de manos, siempre que se tenga controlado el contenido del polimero súper abosrbente (SAM) para evitar dificultades en los procesos humedos de la fabricación de papel.	Este material puede usarse en procesos de compostaje mezclandolo con otros residuos de origen animal y vegetal. Ambos materiales que lo componen (pulpa y SAM) son benéficos para las actividades agrícolas por su aporte de carbono y propiedades de retención de agua.
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones.	Se debe prensar y embalra para optimizar su transporte y protegerlo de la humedad.	Se debe prensar y embalar para optimizar su transporte y protegerlo de la humedad.
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Almacenar protegido de la humedad hasta que se use.	Se debe realizar las mezclas de acuerdo al aporte de carbono requerido.
	El 100% puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación de los equipos de combustión.	Evaluar el contenido de SAM para prevenir formación de depósitos en los equipos.	Mantener almacenado protegido de la humedad.

4.14. SAM recuperado

Tipo de residuo	SAM recuperado
Descripción del residuo	El SAM recuperado proviene de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, uno de estos componentes es el polimero super abosrbente (SAM), el cual es poliacrilato de sodio.
Características	Humedad: <3% Poliacrilato de sodio: <99% (base seca) Celulosa: < 1% (base seca) Capacidadd de absorción de liquidos hastas 300 veces su peso y 1000 veces su volumen
Necesidades previas de gestión	Separación y clasificación de materiales (SAM recuperado). Este material se genera en polvo y se empaca en tulas Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en agricultura	Absorbente para derrames
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de cogeneración, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles que cuenten con las tecnologías adecuadas para la combustión controlada de poliacrilacrilato de sodio.	Este material puede ser usado en jardineria como retenedor de agua ya que la va liberando lentamente.	Este material puede usarse para la absorción de derrames de químicos por su capacidad de absorción de líquidos. Tambien pueden fabricarse tapetes para mascotas.
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones.	Entregar el material seco, limpio y correctamente embalado para su aprovechamiento.	Entregar el material seco, limpio y correctamente embalado para su aprovechamiento.
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Conocer las precauciones en su manipulación para prevenir riesgos de salud ocupacional por inhalación de este material.	Conocer las precauciones en su manipulación para prevenir riesgos de salud ocupacional por inhalación de este material.
	El 100% puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación de los equipos de combustión.	Mantener almacenado protegido de la humedad.	Mantener almacenado protegido de la humedad y empacar en las cantidades adecuadas para ser usado para absorción de derrames de químicos.

4.15. Scrap de pañal

Tipo de residuo	Scrap de pañal
Descripción del residuo	El scrap de pañal resulta de los pañales defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los pañales rechazados al final del proceso. Estos pañales son destruidos para separar sus componentes por gravedad, entre estos componentes estan las telas no tejidas, las cuales son compactadas convirtiéndose en lo que llamamos scrap de pañal que está compuesta en su gran mayoría por telas no tejidas y pequeñas partes de Pulpa y Polímero Súper Absorbente (SAM).
Características	Celulosa: < 1% Polimero Super Absorbente (SAM): < 1% Polipropileno: <98% (telas no tejidas)
Necesidades previas de gestión	Separación y claisifcación de materiales (scrap de pañal). Este material se compacta y embala Caracterización del subproducto de acuerdo con la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en la industria del plastico	Aprovechamiento en muebleria y otros
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	El residuo puede suministrarse después de un proceso de pelletización como materia prima para la fabricación de artículos de plástico (estibas plásticas, recipientes plásticos).	Puede ser usado como material de relleno en muebles, cojines, colchones, muñecos, etc. Puede usarse como material de relleno en aplicaciones que no estén en contacto con humedad.
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones que permitan la combustión de forma controlada	Entregar seco, limpio y correctamente embalado para su correcto aprovechamiento.	Entregar seco, limpio y correctamente embalado para su aprovechamiento.
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Sistema de filtros adecuados para evitar la emisión de material particulado en las maquinas aglutinadoras.	Clasificar por tamaño y color si se requiere.
	El 100% del scrap de pañal puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación a los equipos de combustión	Mantener almacenado protegido de la humedad.	Mantener almacenado protegido de la humedad para evitar que se deteriore la fibra de papel.

4.16. Protectores y toallas molidos

Tipo de residuo	Protectores y toallas molidos
Descripción del residuo	Estos materiales son las toallas y protectores femeninos defectuosos que se detectan en el proceso de producción y los rechazados al final del proceso. Estos rechazos son destruidos en un molino de cuchillas hasta un tamaño aproximado de 3 cm de diámetro.
Características	Protectores molidos Celulosa: <94% Polipropileno: <6% Polimero súper absorbente - poliacrilamida de sodio (SAM): 0% toallas molidas Celulosa: <90 Polipropileno: <6% Polimero súper absorbente - poliacrilamida de sodio (SAM): 4%
Necesidades previas de gestión	Separación y clasifcación de materiales (scrap de pañal). Este material se compacta y embala. Caracterización del subproducto de acuerdo a la alternativa a implementar.
Almacenamiento	Disposición de los residuos en un punto fijo, requiere que sea cubierto y cerrado, con condiciones adecuadas de señalización y etiquetado.

	Valorización energética	Aprovechamiento en muebleria y otros
Alternativas de gestión	Este material puede ser aprovechados para su valorización energética en una instalación de cogeneración o generación de energía, mediante co-combustión con otros residuos u otros combustibles.	Puede ser usado como material de relleno en muebles, cojines, colchones, muñecos, etc. Puede usarse como material de relleno en aplicaciones que no estén en contacto con humedad.
Gestión en el origen	Entregar al gestor adecuado con las licencias ambientales o permisos de emisiones que permitan la combustión de forma controlada.	Entregar seco, limpio y correctamente embalado para su correcto aprovechamiento.
Gestión en el destino	Las cenizas resultantes de la combustión pueden ser vendidas a la industria de la construcción.	Clasificar por tamaño y color si se requiere.
	El 100% del material puede ser aprovechado energéticamente al mezclarse con otros materiales combustibles de acuerdo con las demandas energéticas y los sistemas de alimentación a los equipos de combustión.	Mantener almacenado protegido de la humedad para evitar que se deteriore la fibra de papel.

Nota: Los datos mostrados en la presente guía se encuentran sustentados en datos reales brindados por las empresas afiliadas a la Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI, los cuales reposan dentro de los archivos de la misma para estar a disposición de quien los solicite.

BIBLIOGRAFÍA

- **Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2008).** *Guía para el manejo integral de residuos.* **Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.**
- **ASPAPEL. (2008).** Guía de gestión de residuos.
- **Barrero, D. (2013).** *Diseño de un generador de briquetas combustibles a partir de la compactación de lodos papeleros.* **Medellín: Escuela de Ingeniería de Antioquia.**
- **Bonnail, E., Aguasanta, M., Lopez, R., & Nieto, J. M. (2015).** Uso potencial de residuos de industria papelera para la recuperación de aguas ácidas en cortas mineras de la Faja Pirítica Ibérica. *Geogaceta*, 123-127.
- **Castells, X. E. (2000).** *Reciclaje de residuos industriales.* **Madrid: Ediciones Días de Santos.** Recuperado el 9 de febrero de 2016
- **Deviatkin, I., Kapustina, V., Vasilieva, E., & Isyanov, L. (2016).** Comparative life cycle assesment of deinking sludge utilization alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 3232-3243.
- **Durán, G. (2014).** Fabricación de combustibles derivados de residuos (CDR) para la industria. *Gerencia ambiental***, 24-29.**
- **Escolástico, C., Cabildo, M., & Santos, E. (2008).** *Reciclado y tratamiento de residuos.* **Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.**
- **Gottumukkala, L., Haigh, K., Collard, F.-X., Van Rensburg, E., & Görgens, J. (2016).** Opportunities and prospects of biorefinery-based valorisation of pulp and paper sludge. *Bioresource Technology.*
- **INDISA S.A. (2014).** *Estudio de alternativas de disposición de lodos papeleros.*
- **Kong, L., Hasanbeigi, A., & Prince, L. (2015).** Assessment of emerging energy-efficiency technologies for the pulp and paper industry: a technical review. *journal of cleaner production*, 5-28.
- **Martínez, C., Cotes, T., & Corpas, F. (2011).** Recovering wastes from the paper industry: development of ceramic materials. *Fuel Processing Technology*, 117-124.
- **Minessota pollution control agency. (2009).** Alternative daily cover, spray-on cover materials. *Waste and Waste Solid*, 5-11.
- **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005).** *Decreto 4741 de 2005.* Recuperado el 7 de febrero de 2016, de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718
- **Moncada, J., Cardona, C., Higuita, J., & Vélez, J. (2015).** Wood residue (Pinus patula bark) as an alternative feedstock for producing ethanol and furfural in Colombia: experimental,techno- economic and environmental assessments. . *Chemical Engineering Science*, 309-318.
- **Peralta, K., & Bonilla, L. (Septiembre de 2014).** Aprovechamiento de los residuos generados durante la elaboración de papel kraft en Papelera Nacional S.A. Guayaquil.
- **Rodriguez, O., Frías, M., & Rojas, I. (2010).** *Nuevos materiales puzolánicos a partir de un residuo papelero para la industria del cemento.* **Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.**
- **Sorrequieta, A. (2004).** Aguas residuales: reuso y tratamiento. Lagunas de estabilización: una opción para Latinoamérica.
- **Toro, D. (2012).** Riesgos ambientales y tecnológicos de las calderas de las Mipymes, ubicadas en el municipio de Itagüi, Antioquia. *Memorias Convención Internacional de Salud Pública.* **La Habana .**
- **Torres, P., Madera, A., & Martínez, G. V. (2008).** Estabilización alcalina de biosólidos compostados de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para aprovechamiento agrícola. *Facultad nacional de Agronomía*, 4432-4444.
- **Troche, L. (Septiembre de 2012).** Producción de biogás a partir de residuos lignocelulósicos: aplicación al bagazo. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- **Xu, W., Xu, J., Lui, J., & Cao, B. (2014).** The utilization of lime-dried sludge as resource for producing cement. *Journal of Cleaner Production*, 286-293.
- **Yin, D., Lin, Y., Chen, Z., Qiao, J., Xiao, M., & Wang, D. (2015).** Production of corrugating medium paper with secondary fibers from digested deinking sludge. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry***.**

ANDI
Cámara de la Industria
de Pulpa, Papel y Cartón

ANDI | MÁS PAÍS