

CARACTERIZACIÓN Y USO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO EN LA CIUDAD DE MANIZALES

Orlando Valencia Rodríguez¹ , Yesid Forero Páez² 

Recibido: 14 de junio de 2017, aceptado: 10 de diciembre de 2018, actualizado: 28 de diciembre de 2018

DOI: 10.17151/luaz.2019.48.5

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de la caracterización de los residuos sólidos en las empresas más importantes del sector metalmeccánico de la ciudad de Manizales. Inicialmente, se estableció la conceptualización normativa y teórica que fundamenta los aspectos relacionados con los residuos industriales, luego se hizo énfasis en los residuos sólidos del sector metalmeccánico. Se planteó, como parte de la metodología, un instrumento para la recolección de la información basado en el Catálogo Europeo de Residuos.

El instrumento permitió el registro de la información de acuerdo a la estructura básica de una empresa metalmeccánica y los posibles residuos que se pueden generar a lo largo de la secuencia del proceso productivo, además de su manejo y disposición. Se encontró que los residuos con mayor volumen de generación son los metálicos, cartón, papel y madera que, en conjunto, representan aproximadamente el 84% del total. El 67% de los residuos generados se están aprovechando directamente por las empresas, donde la donación corresponde al 12%. Finalmente, aunque se conoce la disposición de los residuos, no se sabe con exactitud el impacto, en términos del grado de aprovechamiento.

PALABRAS CLAVES: Desarrollo sostenible, residuos sólidos, industria metalmeccánica, residuos industriales, aprovechamiento de residuos

CHARACTERIZATION AND USE OF SOLID WASTE PRODUCED BY COMPANIES OF THE METALLURGICAL INDUSTRY IN THE CITY OF MANIZALES

ABSTRACT

This paper presents the results of the characterization of solid waste in the most important companies in the metallurgical industry in the city of Manizales. Initially, the normative and theoretical conceptualization that substantiate the aspects related to industrial waste was established and then, emphasis was placed on solid waste in the metallurgical sector. An instrument for the collection of information based on the European Waste Catalog was proposed as part of the methodology.

The instrument allowed the registration of the information according to the basic structure of a metallurgic industry and the possible waste that can be generated throughout the sequence of the production process, in addition to its management and disposal. It was found that the waste with the highest volume of generation are metal, cardboard, paper, and wood, which together represent approximately 84% of the total. The 67% of the waste generated is being used directly by the companies and the donation corresponds to 12%. Finally, although the disposal of the waste is known, the impact in terms of the degree of use is not known exactly.

KEY WORDS: Sustainable development, solid waste, metallurgic industry, industrial waste, waste use

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en las empresas se generan diversidad de residuos producto de sus procesos industriales y de la operación natural de sus actividades. Estos residuos son reprocesados, almacenados en determinada área de la empresa, vendidos a alguna entidad, donados a una institución de carácter social, arrojados como desperdicios o entregados al sistema de recolección de basuras o de alcantarillado de los servicios públicos. Algunos de estos “residuos”, que en muchos casos son considerados como basuras, realmente no lo son y, tal vez, podrían tener un uso potencial significativo. Por otro lado, aquellos residuos que no son útiles deben ser dispuestos adecuadamente y ser objeto de algún tratamiento previo, si así se requiere, esto con el fin de eliminar, o al menos atenuar, los efectos perjudiciales contra el medio ambiente (Ley 1672 de 2013).

Las leyes y normas relacionadas con la gestión ambiental ([Tabla 1](#)) establecen cada vez condiciones más exigentes para el desarrollo de las actividades empresariales. La frase “quién más contamina paga más” refleja el carácter impositivo y sancionatorio de dichas normas; sin embargo, no solo es el aspecto normativo o económico, esto trasciende a la responsabilidad social empresarial y, mucho más, hacia las empresas sostenibles que realmente contribuyan con la sostenibilidad ambiental. Según Aguirre de Mena et al., (como se citó en Antón, 2013) desde el punto de vista social, el propósito de una empresa es la creación de bienestar a la sociedad, mientras que desde el punto de vista económico, su objetivo es producir bienes y servicios, los cuales son vendidos para obtener beneficios.

Tabla 1. Normatividad colombiana sobre residuos

ENTIDAD	NORMA	TEXTO
Constitución Política de Colombia	Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo
	Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución
ICONTEC	Norma Técnica Colombiana GTC 24 del 2009.	Establece lo relacionado con la Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente (ICONTEC, 2009)
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Documento-2010	Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Decreto 2981 de 2013	Establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios (Decreto 2981 de 2013)
Congreso de la República	Ley 1672 del 19 de julio de 2013	Establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
	RAEE - 2017	Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.
	Decreto 284 del 15 febrero de 2018	Adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones
	Resolución 1407 del 26 de julio de 2018	Reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones
CONPES	CONPES 3874 de 2016	Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos

Fuente: los autores a partir de la normatividad colombiana

Como lo expresa David Bojanini, presidente del Grupo Sura en el Congreso de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), las empresas que no sean sostenibles están condenadas a

desaparecer, esto significa que las empresas asumen decididamente el tema del desarrollo sostenible o no podrán subsistir (La República, 2015). Hoy en día se aprecia la forma como se han estructurado algunos mercados verdes donde los usuarios sólo adquieren productos y servicios fabricados por empresas certificadas en su gestión ambiental. Las exigencias ambientales en algunos países suelen constituirse en requisitos que pueden imponer tanto a productos como a procesos productivos de otros países, incluso por encima de acuerdos comerciales previos (Foa, 2016); adicionalmente, las empresas requieren comunidades estables y prósperas que contribuyan al propio desarrollo de las mismas empresas (CECODES, 2010)

Las empresas tienen que funcionar de manera compatible con la comunidad en la que convive atendiendo las nuevas demandas de una sociedad sostenible, es decir, que aparte de maximizar sus utilidades debe impactar positivamente en su entorno (Shin, Curtis, Huisingsh & Zwetslout, 2008). Sin embargo, la sostenibilidad empresarial no riñe con la rentabilidad financiera, tal como lo afirman Severo, Ferro de Guimaraes & Henri (2017) por el contrario, estos autores en su investigación muestran una relación fuerte y positiva entre la “producción más limpia”, gestión ambiental e innovación de producto sostenible.

En este nuevo contexto, dentro de las gestiones que deben realizar las empresas está lo relacionado con la generación, manejo y disposición de residuos producidos en su actividad empresarial. Algunas empresas tienen mucha claridad en esta temática pero otras tienen un total desconocimiento sobre estos asuntos, por acción u omisión (Tamayo, Vicente y Izaguirre, 2012). De otro lado, el incremento de la demanda de productos en cuanto a cantidad y diversidad, ha traído como consecuencia un exceso en la generación de residuos sólidos, los cuales se han convertido en un factor de constante preocupación para las sociedades modernas en cuanto a la necesidad de disposición o aprovechamiento.

El Convenio de Basilea, como acuerdo internacional suscrito por 179 países, establece las directrices destinadas a controlar y regular la emisión de residuos peligrosos (PNUMA, 1989). Colombia suscribió su participación en este convenio a partir de marzo de 1989 y lo ratificó mediante la Ley de la República (Ley 253 de 1996); de otra parte, el interés gubernamental en realizar acciones y crear normatividad en torno a la regulación sobre generación de residuos sólidos, queda plasmado en diversos decretos y normas (ver [Tabla 1](#)) con las cuales se busca entrar en la dinámica mundial de respeto al medio ambiente como generador de recursos, a la vez, que se disminuya el impacto de la disposición de los residuos de los procesos desarrollados. Para el departamento de Caldas y, específicamente, para la ciudad de Manizales

El sector metalmeccánico ha sido perfilado como uno de los sectores potenciales y de mayor interés para el desarrollo económico y empresarial dentro de la ciudad. La industria metalmeccánica constituye, al día de hoy, uno de los sectores pilares de la economía de Manizales. (Alcaldía de Manizales, 2014, p. 11)

Sin embargo, como lo manifiesta García (2014), uno de los aspectos negativos en este sector secundario de la economía se dio

Por varios años ya que no se contaba con el conocimiento suficiente para definir aquel residuo que se obtenía durante o al final del proceso. En consecuencia, se desconocía si estos causaban algún daño a la salud y, por ende, se depositaban en los mismos sitios donde se disponía el resto de la basura. (p. 1)

Asimismo, el inadecuado manejo, almacenamiento y disposición de residuos provenientes de las industrias químicas y metalmeccánicas producen efectos negativos en las mismas empresas, sus trabajadores y en el medio ambiente (García, 2011). Actualmente, existen normas y documentos técnicos, tal como el Catálogo Europeo de Residuos (Comisión Europea, 2014) donde se hace una clasificación de los residuos y el manejo recomendado para los mismos.

En Manizales cada habitante generó en promedio 0,717 Kg de residuos sólidos diariamente (Alcaldía de Manizales, 2015) en el año 2014. Teniendo en cuenta una población aproximada para ese año de 394.627 habitantes (Alcaldía de Manizales, 2015), la cantidad total de residuos sólidos generados diariamente sería de 282.947 Kg, es decir, cerca de las 283 toneladas diariamente.

Frente a este panorama, las universidades en su rol como formadoras asumen la responsabilidad social que conlleva la formación de profesionales con visión crítica, con un enfoque hacia el desarrollo sostenible, la innovación y el desarrollo social. En este caso, la Universidad Autónoma de Manizales desde el programa de Ingeniería Industrial, desarrolló el proyecto de caracterización de los residuos sólidos en las grandes empresas metalmeccánicas de la ciudad de Manizales; de esta manera, se buscó identificar los residuos sólidos generados, clasificar dichos residuos, determinar el manejo actual y disposición. Los resultados obtenidos se constituyen en una línea base para el planteamiento de otros proyectos en el mediano y largo plazo.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en diferentes fases, inicialmente se identificaron las empresas objeto de estudio mediante la revisión del registro disponible de Cámara de Comercio de empresas del sector; posteriormente, se diseñó y aplicó el instrumento diagnóstico que permitió indagar sobre aspectos como tipos de residuos, volúmenes, frecuencias, métodos de disposición, entre otros. Finalmente, con base en la información recopilada en las fases anteriores, se hizo una caracterización cualitativa y cuantitativa de acuerdo a los residuos y volúmenes generados los cuales se consolidan en forma anual.

Residuos y su clasificación

La generación de residuos en los procesos productivos se debe interpretar como un síntoma de ineficacia de un proceso productivo en el que se pierde gran cantidad de materiales que pasan a ser

residuos en forma de emisiones, vertidos o desechos (Pérez, 2010). Se consideran residuos aquellos productos o elementos que han cumplido su uso u objetivo para el cual fueron elaborados. También se suele utilizar como sinónimo el término basuras, aunque no necesariamente todo residuo se puede considerar basura, ya que eventualmente se podría reutilizar. En este sentido, actualmente se considera como basuras aquellos residuos que no se pueden aprovechar y deberían ser desechados en un lugar y condiciones apropiadas para evitar problemas sanitarios (ICONTEC, 2009).

Se consideran como residuos aquellos materiales, sustancias u objetos sobrantes de cualquier operación, actividad o proceso de producción tanto en sus procesos intermedios de producción o en su consumo final (Pérez, 2010).

De acuerdo con el enfoque de la presente investigación, los residuos se clasificaron como industriales y no industriales. Los primeros son los generados en las empresas y los segundos en otras entidades tales como viviendas y zonas públicas. El presente artículo se enfoca en los primeros. De igual forma, atendiendo a un criterio general de aprovechamiento, los residuos se clasifican en aprovechables y no aprovechables, estos últimos serán considerados como basuras. Cuando se plantea el tema de residuos aprovechables, no necesariamente son por parte de la misma empresa que los genera sino por otra empresa o entidad que le interese.

Un residuo aprovechable “es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo” (Decreto 2981 de 2013, p. 5). Aunque en este decreto se refieren solamente a residuos sólidos, se hace extensivos a los demás, tal como lo asume también la Norma Técnica Colombiana GTC 24 del 2009 (ICONTEC, 2009).

Según el grado de peligrosidad, los residuos se clasifican en peligrosos y no peligrosos

El residuo o desecho peligroso es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 1076 de 2015, p. 421)

Desde el punto de vista de su composición comprende dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Los primeros abarcan aquellos residuos de tipo biológico que hicieron parte, en algún momento, de un ser vivo, como por ejemplo la comida y vegetales. Entre los inorgánicos están los plásticos y las telas sintéticas. Teniendo en cuenta su estado o condición pueden ser residuos sólidos, líquidos o gaseosos, estos últimos conocidos como emisiones. En cuanto al residuo sólido se puede decir que

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales,

institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables (Decreto 2981 de 2013, p. 5)

También se hace referencia a residuos especiales, a aquellos que requieren un manejo particular debido a su tamaño, volumen, cantidad o características, como por ejemplo una maquinaria obsoleta, escombros y llantas.

Conforme se ha presentado, los residuos pueden estar clasificados en varias categorías a la vez. Por ejemplo, un residuo puede ser sólido, aprovechable, no peligroso y requerir de un manejo especial. La Norma Técnica Colombiana GTC 24 del 2009, tiene la clasificación que se presenta en la [tabla 2](#).

Tabla 2. Tipos de residuos para la separación en la fuente

TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
Residuos no peligrosos	Aprovechable	Cartón y papel (hojas, plegadiza, periódico, carpetas). Vidrio (botellas, recipientes). Plásticos (bolsas, garrafas, envases, tapas). Residuos metálicos (chatarra, tapas, envases). Textiles (ropa, limpienes, trapos). Madera (aserrín, palos, cajas, guacales, estibas). Cuero (ropa, accesorios). Empaques compuestos (cajas de leche, cajas jugo, cajas de licores, vasos y contenedores desechables)
	No aprovechable	Papel tissue (papel higiénico, paños húmedos, pañales, toallas de mano, toallas sanitarias, protectores diarios). Papeles encerados, plastificados, metalizados, cerámicas, vidrio plano, huesos, material de barrido, colillas de cigarrillo, materiales de empaque y embalaje sucios.
	Orgánicos Biodegradables	Residuos de comida. Cortes y podas de materiales vegetales. Hojas secas
Residuos peligrosos		Pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos y electrónicos. Productos químicos varios como aerosoles inflamables, solventes, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, aceites y lubricantes usados, baterías de automotores y sus respectivos envases o empaques, medicamentos vencidos, residuos con riesgo biológico.
Residuos especiales		Escombros, llantas usadas, colchones, residuos de gran volumen como por ejemplo: muebles, estanterías, electrodomésticos.

Fuente: Norma Técnica Colombiana GTC 24 del 2009 (ICONTEC, 2009)

Residuos en el sector metalmeccánico

El sector metalmeccánico comprende las empresas que tienen como insumo fundamental el metal y las aleaciones a base de hierro. Algunas de estas empresas fabrican productos que son a su vez materias primas para otras empresas, incluso del mismo sector. También hay empresas que fabrican productos terminados como máquinas y herramientas que son base para los procesos de transformación que desarrollan otras organizaciones. “La industria metalmeccánica comprende la producción de artículos metálicos mediante la manipulación mecánica de los metales y la fabricación de máquinas eléctricas para usos industriales mediante el ensamble de piezas metálicas” (DNP como se citó en Cortés, Olaya y Leguizamón, 2012, p. 70)

En la empresa metalmeccánica existe gran cantidad de residuos, entre ellos los residuos sólidos los cuales se pueden agrupar tal como aparecen en la [figura 1](#), en la cual se han contemplado los residuos generados en las áreas de mantenimiento, preparación mecánica de las piezas y materiales – servicios al personal (restaurante, cafetería.) – administrativa – embalaje, almacenaje y expedición – limpieza previa – mecanizado – producción y otras.

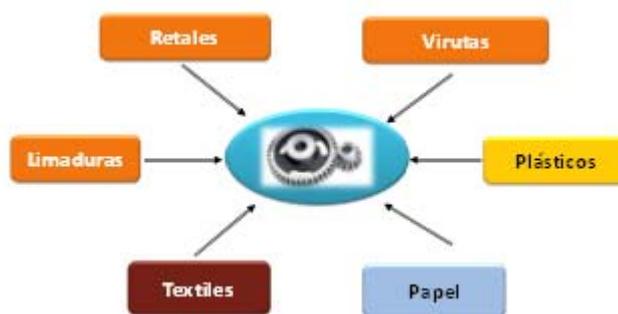


Figura 1. Residuos sólidos en empresas del sector metalmeccánico.

Fuente: Los autores.

Los retales son partes sobrantes de material que se van generando durante el proceso productivo, hasta el final del producto terminado. También se pueden generar a partir de partes o productos defectuosos. Estos residuos se pueden reutilizar o no en el mismo proceso u otro, o simplemente se venden como chatarra o se donan, incluso se almacenan por tiempo indefinido hasta que posiblemente tengan algún uso. Las virutas son residuos que se presentan por desprendimiento de material en los procesos de maquinado; de manera similar, los retales pueden tener diferentes usos, aunque si el material está mezclado con aceites u otros elementos inapropiados para el proceso, su incorporación puede ser más compleja o no se puede realizar.

Las limaduras son partículas más pequeñas que la viruta que también se producen en los procesos de maquinado y pulimento. Los textiles, como residuos, tienen que ver con las telas que se utilizan en la manipulación, limpieza y acabado de productos y de las mismas herramientas y máquinas que hacen parte del proceso. Los plásticos provienen, entre otros, de los empaques en los que vienen la

materia prima y los sobrantes empleados en el embalaje de los productos terminados. El papel se genera en las actividades propias de oficina, tanto del área de producción como administrativas.

Elementos metodológicos

- Población para el estudio: nueve (9) empresas del sector metalmecánico clasificadas como grandes de acuerdo al número de empleados (201 o más) y tienen asentamiento en el municipio de Manizales. Se seleccionaron las grandes empresas como una primera fase dentro de los objetivos estratégicos que tiene la Universidad de fortalecer los vínculos con el sector productivo, el cual se pretende extender a otros tipos de empresas.
- Enfoque: la investigación tuvo un enfoque descriptivo cualitativo y cuantitativo, en donde predominan aspectos cuantitativos.
- Alcance: descriptivo, basado en el análisis de estudios de caso
- Muestra: es un muestreo por conveniencia donde se incluyen las empresas grandes del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales.
- Criterios de inclusión: empresas del sector metalmecánico con asentamiento en la ciudad de Manizales, empresas generadoras de residuos sólidos, clasificadas como grandes de acuerdo al número de personal vinculado.
- Técnicas e instrumentos de recolección de información: se diseñó un instrumento para la recolección de la información. Cuestionario técnico para la recolección de la información relacionada con los residuos.
- El instrumento que se planteó se basó en el Catálogo Europeo de Residuos (Comisión Europea, 2014) y en la identificación y clasificación de residuos realizada por Sitjes (2003), donde se establecen las diferentes áreas de las empresas de este sector. Las áreas definidas son: mantenimiento, preparación mecánica de las piezas y materiales – servicios al personal (restaurante, cafetería) – administrativa – embalaje, almacenaje y expedición – limpieza previa – mecanizado – producción y otras.
- Las variables fueron: identificación del tipo de residuo. Volumen (cantidad generada con base en información suministrada por la empresa). Frecuencia: el periodo de tiempo que la empresa maneja para recolectar los residuos y hacer disposición de ellos (semanal, mensual, diaria). Condiciones de manejo y almacenamiento actuales. Disposición actual. Posibilidad de retorno al proceso. Impacto generado a partir de la valoración de la empresa y observación del entorno. Observaciones y comentarios finales.

Tabla 3. Instrumento de diagnóstico

Residuos generados	Volumen (cantidad generada)	Frecuencia (periodicidad, semanal, mensual...)	Disposición actual	Condiciones de manejo y almacenamiento	¿Es posible retornarlo al proceso? ¿En qué etapa?	Impacto Generado
1. Área administrativa						
1.1. Papel						
Papel bond						
Cartón						

Fuente: Los autores con información de (Comisión Europea, 2014; Sitjes, 2003)

- El instrumento se validó y ajustó mediante la aplicación de una prueba piloto en cuatro empresas del sector metalmecánico. Con base en los resultados obtenidos, se hicieron los ajustes necesarios para su mejor comprensión y aplicabilidad.
- Las empresas objeto de este estudio son codificadas como E1, E2, E3 y así sucesivamente hasta E9, como parte del compromiso en la reserva de información, siendo de interés el comportamiento general en el tema estudiado.
- Análisis de información: se realizó un análisis cuantitativo haciendo uso de las técnicas descriptivas. Se tuvieron en cuenta variables como: volumen y frecuencia de generación de residuos sólidos; en aspectos cualitativos se analizaron categorías como: tipo de residuos, clasificación, condiciones de manejo, disposición y observaciones de las personas involucradas en su manejo y tratamiento.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados teniendo en cuenta indicadores y porcentajes encontrados en el análisis (2016).

Se observa en la [figura 2](#) (sumatoria de todos los tipos de residuos sólidos) la heterogeneidad en la cantidad de residuos generados por cada una de las empresas que fueron objeto de estudio. La empresa E9 produce alrededor de 431.647 kg al año, seguida por la empresa E5 con 223.795 kg, siendo la de menor cantidad la empresa E3 con 4.311 kg. Esto significa que los residuos generados por la empresa 9 representan el 42.43% del total de los residuos (1.017.386 kg/año) de las empresas objeto de la presente investigación.

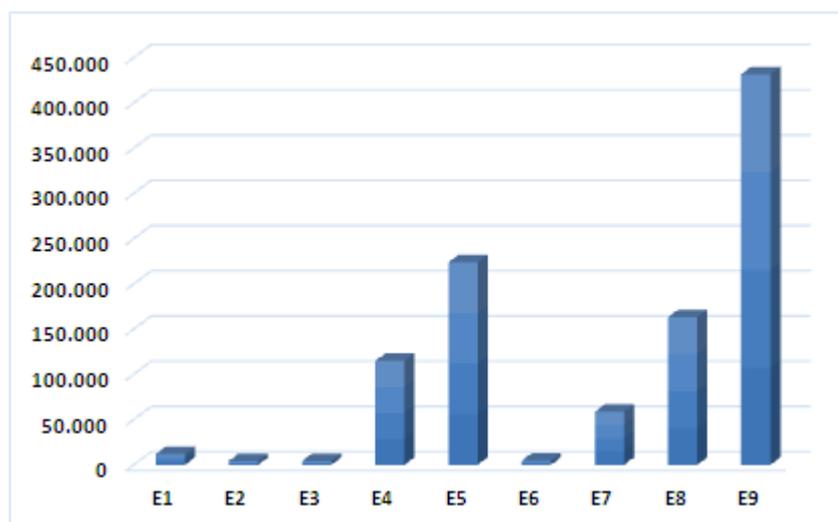


Figura 2. Residuos generados anualmente.

Fuente: Los autores

En cuanto a los residuos generados, en la [tabla 4](#) se observan 19 de los residuos que presentan la mayor cantidad de generación. Aparece en primer lugar las virutas metálicas impregnadas de aceites con 231376 kg anuales los cuales representan el 22,74% del total de residuos generados. De estos resultados, también llama la atención el cartón, el cual se encuentra ubicado en segundo lugar, seguido de los Flejes, la “chatarra, metales y piezas metálicas”, la madera y el papel bond.

Tabla 4. Residuos de mayor cantidad de generación

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (Kg/año)	%
Virutas metálicas y polvos impregnados de aceites o taladrinas procedentes de mecanizados lubricados	231376	22,74%
Cartón	202865	19,94%
Flejes	72300	7,11%
Chatarra, metales y piezas metálicas	66199	6,51%
Madera	65057	6,39%
Papel Bond	44114	4,34%
Trapos sucios, papeles sucios, absorbentes impregnados, etc., de aceites, grasas, disolventes, etc.	38330	3,77%
Alambre	32160	3,16%
Escoria	31040	3,06%
Arena de machos	30481	3,00%
Aserrines metálicos secos y virutas secas procedentes de desbastes	25488	2,51%
Trapos o papeles impregnados con aceites, grasas, productos químicos en general, disolventes, etc.	24410	2,40%
Palets	24289	2,39%
Virutas de metales ferrosos	23060	2,27%
Residuos orgánicos de todas las áreas	23040	2,26%
Plástico	15240,3	1,50%
Polvos metálicos y virutas húmedas de agua o disolventes procedentes de desbastes	10530	1,04%
Polvo de granalla	10240	1,01%
Icopor	8010	0,79%

Fuente: los autores

Ahora, si se agrupan los residuos en categorías un poco más amplias ([Figura 3](#)) se aprecia que los residuos metálicos corresponden alrededor del 51% del total de residuos generados, el papel y el cartón con el 24% y la madera con el 8.78%. También se destacan el textil y papel impregnado y la arena de machos. Los demás residuos están por debajo del 3%, lo que indica que los esfuerzos se pueden focalizar en los tres primeros grandes grupos.

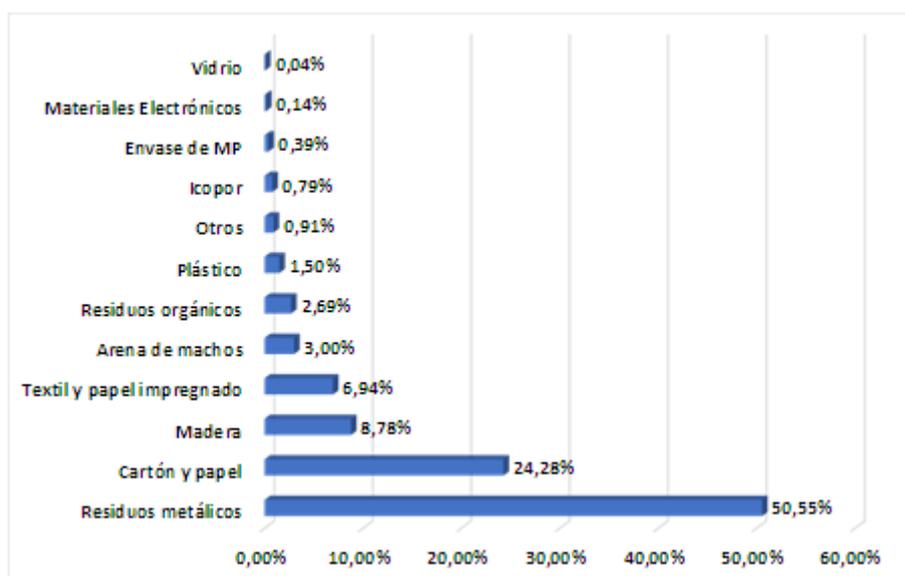


Figura 3. Residuos agrupados.

Fuente: los autores

De otro lado, también es interesante resaltar otros residuos ([Tabla 5](#)) que requieren un manejo cuidadoso, como es el caso de las baterías – pilas que representan el 0.13% y los residuos hospitalarios con el 0.11% del total de residuos generados. Estos residuos están clasificados como peligrosos (RESPEL). Los residuos hospitalarios se generan en el área de salud ocupacional o afines, entre estos se encuentran jeringas, gazas y guantes. Una estrategia que incorpore la capacitación, actualización y educación ambiental en el tema del manejo integral de RESPEL puede contribuir a la disminución del riesgo de los pequeños generadores al disponer incorrectamente sus residuos y favorecer una gestión técnicamente adecuada, ambientalmente sustentable y económicamente viable (Muñoz-Valencia, Franco-Cano, Triviño-Arbeláez y Álvarez-León, 2017).

Tabla 5. Residuos particulares

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (Kg/año)
Orgánico Animal	2002
Orgánico Vegetal	2002
Fluorescentes - Bombillas.	1415,1
Baterías - Pilas.	1334,4
Caucho	1300
Lámparas	1171,4
Residuos hospitalarios	1113,2

Fuente: los autores

Los residuos en las categorías de orgánico animal y orgánico vegetal con el 0.2% respectivamente, se generan en los servicios de cafetería y restaurante. Con respecto a residuos como las baterías y las pilas existen campañas para su correcta disposición.

Al revisar las áreas donde se generan los residuos ([Figura 4](#)), se obtuvieron los siguientes resultados. Se aprecia que la mayor cantidad de residuos, 295194 kg/año, que corresponden al 29.01% del total de residuos, se generaron en el área de mecanizado, lo cual es coherente con el tipo de empresas que se analizan.

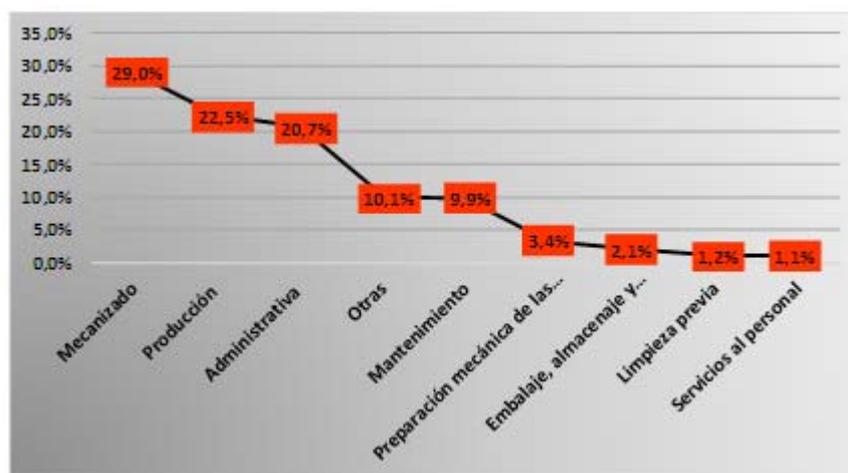


Figura 4. Residuos generados anualmente por áreas de la empresa.

Fuente: los autores.

En producción, se presentaron 229.168 Kg/ año, equivalente al 22.53%. Llama la atención que en el área administrativa se producen alrededor de 210953 kg/año, es decir, 20.73%. En estas tres áreas, mecanizado, producción y administración, se concentran el 72.27% del total de residuos generados.

En cuanto al uso de los residuos generados ([Figura 5](#)) es interesante observar que aproximadamente el 67% de ellos se están aprovechando directamente por las empresas, ya sea que se incorpore al proceso o se obtengan ingresos por su venta. Por otro lado, la donación corresponde al 12% de dichos residuos.

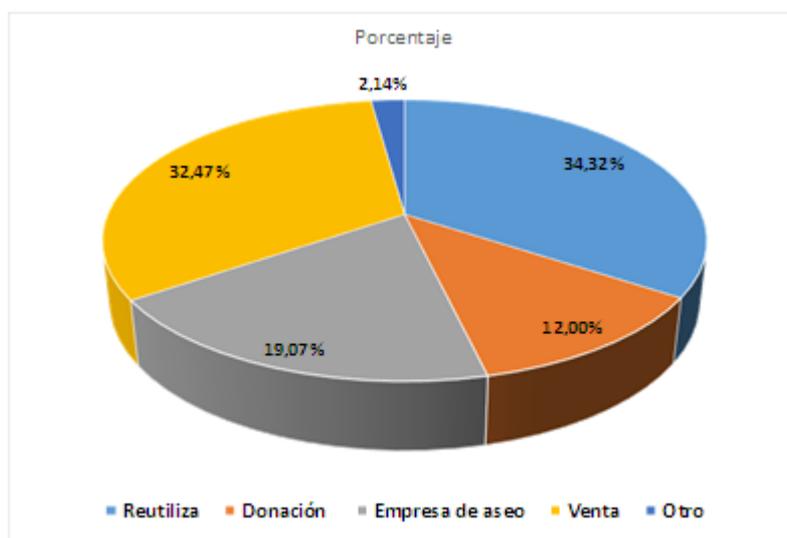


Figura 5. Destino de los residuos.

Fuente: los autores.

En el artículo “mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos en una industria metal mecánica” (Cano Giraldo y Cano Giraldo, 2008), muestra como a través de la definición de políticas claras y de capacitación al personal, estableciendo un programa para el desarrollo de las actividades, se logró disminuir significativamente el impacto negativo que generaban estos residuos en el medio ambiente, además de lograr una mayor conciencia y compromiso entre los empleados y un ingreso adicional de los recursos económicos derivados de este proceso, los cuales se reinvertían en el bienestar de ellos mismos y sus familias.

De otro lado, aunque el 19,07% se dispone a través del servicio público, es decir, se desecha, sería interesante entrar en detalle y analizar si realmente son desechos o tendrían un uso benéfico para la empresa. En la categoría “otros” hay residuos que son recolectados por los mismos proveedores como parte de los acuerdos comerciales que se han planteado, en este caso, materias primas defectuosas o productos en proceso que no cumplieron satisfactoriamente las especificaciones de calidad requeridas.

DISCUSION

Finalmente, los resultados de la investigación estuvieron sujetos a la confiabilidad de la información suministrada, por ello, la comunicación se realizó directamente con personas responsables o

relacionadas con la gestión de residuos. De igual manera, el instrumento se diseñó de forma amplia y clara con el fin de obtener información detallada. Los resultados obtenidos son satisfactorios y son una base muy interesante para consolidar y extender futuras investigaciones en este tipo de empresas y otras de mediano y pequeño tamaño no solo del sector metalmeccánico, sino de otros en los cuales es muy importante este tipo de estudio. Las empresas tuvieron la oportunidad de revisar sus propios residuos y evaluar alternativas de manejo y uso.

En algunas empresas, no se tiene un pleno conocimiento de todos los residuos generados y las posibilidades de usos complementarios, sin embargo, hubo un gran interés por el tema y una buena disposición para el análisis de la información. De otro lado, hay algunas empresas que han avanzado significativamente, incluso con certificaciones en norma ISO, en proceso de actualización. Los residuos industriales generan graves impactos en la sociedad y en el medio ambiente, pero también son una oportunidad y un reto para las empresas.

El 12% de los residuos generados tienen como destino su donación. Esto es algo positivo por el beneficio social que se puede lograr, sin embargo, este aspecto no es cuantificado por las empresas. Las empresas podrían establecer convenios para garantizar que dichos recursos puedan ser usados de manera efectiva y con mayores beneficios para quienes los reciben, de esta manera, se tendrán registros que podrán evidenciar el impacto que puedan generar en los Stakeholders o clientes externos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En las empresas analizadas se encontró que los residuos con mayor volumen de generación son los metálicos que corresponden al 51% del total. Este resultado era esperado por la naturaleza misma de las empresas metalmeccánicas, a diferencia del cartón y papel (24%), madera (8.7%) y textil y papel impregnado (6.9%) que también tienen valores altos de generación. Estos resultados tienen un comportamiento tipo **Pareto**, lo que indica que los grandes esfuerzos se pueden focalizar en estos grupos. Los demás residuos están por debajo del 3%.
- Alrededor del 34% de los residuos son reutilizados, el 12% son para donación, el 32.5% se venden, el 19% se entrega a la empresa de aseo y el porcentaje restante tiene otros usos. No se tienen datos concretos sobre el impacto que genera los residuos que se donan, o si los residuos que se venden se están negociando adecuadamente. También cabe la pregunta de si se podría tener un mayor aprovechamiento de los residuos reutilizables en el proceso.
- De igual manera, otros residuos, no muy comunes, y que se encontraron en el análisis fueron orgánico animal y orgánico vegetal con el 0.20% del total. Estos residuos surgen debido a que se tuvo en cuenta el área de servicios al personal, tales como el restaurante o cafetería. Por otro lado, llamó la atención los residuos hospitalarios con el 0.11% que se producen en las unidades de salud ocupacional por la atención de los empleados.

- Retomando la afirmación de que la generación de residuos en los procesos productivos se deben interpretar como un síntoma de ineficacia del sistema productivo en el que se pierden materiales que pasan a ser residuos en forma de emisiones, vertidos o desechos” (Pérez, 2010), una de las estrategias es mejorar la eficiencia de las empresas con el fin de disminuir la generación de residuos. Aprovechar al máximo los residuos generados y, finalmente, hacer una adecuada disposición de los residuos a los cuales no se les pueda dar un uso apropiado y que definitivamente se deban desechar. La utilización del método de las tres R, en el manejo de residuos que son reducir, reutilizar y reciclar, es una de las alternativas que utilizan las empresas, el cual contribuye a la mejor gestión de los residuos.
- Las empresas pueden diseñar sus propias metodologías para el manejo y aprovechamiento de los residuos o incorporar herramientas ya definidas como la norma ISO 14001 – 2015. El diagnóstico mediante esta norma es una buena alternativa para identificar el estado actual de la gestión de residuos y que, junto con el diseño del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, es una oportunidad para fortalecer los procesos de producción más limpia, que beneficia a la organización en la búsqueda y obtención de mejores resultados. La implementación de planes de mejoramiento permite reducir el impacto negativo que producen los residuos sólidos en el medio ambiente, además, los consumidores se están moviendo hacia los denominados mercados verdes donde los productos menos contaminantes tendrán mayor nivel competitivo.
- Los programas de gestión de residuos deben integrar los diferentes actores de la cadena productiva desde los proveedores hasta los consumidores finales, vinculando los agentes encargados de hacer el transporte y la disposición en los diferentes sitios especializados para ello. También se deben poner en marcha estrategias orientadas a la reducción de uso de materiales con difíciles procesos de degradación por materiales más amigables con el medio ambiente. Las empresas podrían revisar el funcionamiento global de su sistema, sacar sus propias conclusiones y actuar para mejorarlo uniéndolo con otros sistemas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Manizales, a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y a las empresas que participaron en la investigación.

POTENCIAL CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno por la realización y publicación de la presente investigación.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Universidad Autónoma de Manizales.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Manizales (2014). **Caracterización del Sector Metalmeccánico de la Ciudad de Manizales**. Manizales, Colombia: Secretaría de TIC y Competitividad -
- Alcaldía de Manizales. Cámara de Comercio y Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Alcaldía de Manizales. (2014). **Perfil Epidemiológico de Manizales**. Manizales, Colombia: Secretaría de Salud Pública.
- Alcaldía de Manizales. (2015). **Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Manizales 2015 - 2027**. Manizales, Colombia: Alcaldía de Manizales, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Obras Públicas y Secretaría de Planeación.
- Antón, A. (2013). **Análisis de procesos en una empresa de recogida de residuos industriales y ganaderos. Caso "Contenedores Industriales S.L"** (tesis de pregrado). Universidad de León, León, España.
- Cano Giraldo, A. M. y Cano Giraldo, J. D. (2008). Mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos en una industria metal mecánica. *Producción + Limpia*, 3(1), 111-116.
- CECODES. (2010). **Negocios Inclusivos. Una estrategia empresarial para reducir la pobreza: avances y lineamientos**. Bogotá, Colombia: C. E. Sostenible, Ed.
- Comisión Europea. (2014). **Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**. Recuperado de de <http://www.boe.es/doue/2014/370/L00044-00086.pdf>.
- Cortés, J. S., Olaya, F. A. y Leguizamón, L. A. (2012). **Relación entre la Norma Técnica Colombiana ICONTEC NTC5801 y la Gestión de la Innovación en el Sector Metalmeccánico** (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (20, 12, 2013). Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. [Decreto 2981]. DO: 49.010
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26, 5, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. [Decreto 1076]. DO: 49.523
- Foa, J. G. (2016). Lógica de la gestión ambientalmente adecuada y patrón de desarrollo sustentable en América Latina: el tema emblemático de las políticas de residuos peligrosos en Argentina en los años 90. *Revista Luna Azul*, (42), 293-318. Obtenido de [Link](#)
- García, F. Y. (2011). **Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos para la Empresa del Sector Químico y Metalmeccánico** (trabajo de pregrado). Universidad Simón Bolívar. Caracas. Venezuela.
- García, L. A. (2014). Residuos Industriales Peligrosos. *Revista Virtual Pro. Manejo de Residuos Peligrosos*, (144). Recuperado de [Link](#)

- ICONTEC. (2009). **Norma Técnica Colombiana GTC 24**. Bogotá. Colombia.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- La sostenibilidad será el motor de todas las empresas (3,6,2015). Diario la República. obtenido de: [Link](#)
- Ley 253 de 1996. (9 de enero), **por** medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989. **Diario Oficial No. 42.688**.
- Ley 1672 de 2013. (19 de julio), por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones. **Diario Oficial No. 48856**.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Política Nacional Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Bogotá, Colombia: Talleres de Editorial Nomos S.A.
- Muñoz-Valencia, A. L., Franco-Cano, C. A., Triviño-Arbeláez, H. F. y Álvarez León, R. (2017). Evaluación de la gestión de residuos peligrosos (RESPEL) y sus implicaciones en el desarrollo sostenible de las actividades productivas en cinco municipios del departamento del Quindío, Colombia. **Revista Luna Azul**, 44, 334-347. DOI: 10.17151/luaz.2017.44.20.
- Pérez, G. J. (2010). **Gestión de residuos Industriales. Guía para la intervención de los trabajadores**. Madrid, España: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud.
- PNUMA. (1989). **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Convenio de Basilea sobre el control del movimiento de los transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación**. Basilea, Suiza: PNUMA.
- Severo, E. A., Ferro de Guimaraes, J. C. & Henri, E. C. (2017). Cleaner production and environmental management as sustainable. **Journal of Cleaner Production**, 142 (1), 87-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.090>
- Shin, D., Curtis, M., Huisingh, D., & Zwetsloot, G. I. (2008). Development of a sustainability policy model for promoting cleaner production: a knowledge integration approach. **Journal of Cleaner Production**, 16(17), 1823-1837. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.006>
- Sitjes, M. (2005). Identificación, clasificación y minimización de residuos en el sector metal-mecánico. **Forum Calidad**, 17(166), 62-64.
- Tamayo, U., Vicente, M. y Izaguirre, J. (2012). La gestión de residuos en la empresa: motivaciones para su implantación y mejoras asociadas. **Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa**, 18(3), 183-250.

¹ Ingeniero Industrial, Especialista en Desarrollo Gerencial, Magíster en Investigación Operativa y Estadística, Doctor en Ingeniería. Docente Investigador Universidad Autónoma de Manizales. Departamento de Física y Matemáticas. orlandovr@autonoma.edu.co. Docente Investigador Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial, Campus la Nubia, Manizales, Código Postal 170001, Colombia. ovalenciario@unal.edu.co. ORCID: 0000-0002-7918-0723. [Link Google Scholar](#)

² Ingeniero Industrial. Especialista en Computación para la Docencia, Magíster en Ingeniería Industrial. Docente Investigador Universidad Autónoma de Manizales. Departamento de Mecánica y Producción. yforero@autonoma.edu.co. ORCID: 0000-0001-5310-9278. [Link Google Scholar](#)

Para citar este artículo: Valencia, O., Forero, Y. (2019). Caracterización y uso de los residuos sólidos generados por empresas del sector metalmeccánico en la ciudad de Manizales. *Revista Luna Azul*, 48, 90-108. DOI: 10.17151/luaz.2019.48.5

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)

