

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

 Diagnóstico y propuesta de manejo de residuos peligrosos en una empresa transportista de Ciudad Juárez, Chihuahua **Andrea Michelle Velázquez Cruz**Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México, México,
michelle.v.c@hotmail.com; ORCID: 0009-0005-1385-5539**Recepción:** 16 de julio, 2024**Aceptación:** 23 de septiembre, 2024**Doi:** 10.36677/qret.v27i1.24352

Resumen: Ciudad Juárez es una población fronteriza con los Estados Unidos; caracterizada por el incremento de la industria maquiladora. No obstante, debido a dicho crecimiento se han tenido que llevar a cabo medidas ambientales para disminuir la huella ecológica. Los talleres mecánicos producen una gran cantidad de desechos peligrosos que, al momento de efectuar una incorrecta gestión, provocan un impacto negativo al ambiente.

En este estudio se evaluó la generación de residuos peligrosos en una empresa transportista, a través de la metodología del análisis de ciclo de vida; para esto, se identifican y cuantifican las entradas y salidas de cada uno de los procesos que genera residuos peligrosos; se evaluaron los impactos ambientales que producen esos restos, usando la matriz de CONESA; por último, se consolidó una propuesta para el control y manejo de remanentes en la empresa transportista.

El aceite usado es uno de los residuos peligrosos que más se genera anualmente. El impacto negativo moderado se presenta en el suelo y en el agua mientras que también se presenta una afectación severa positiva en la economía. A través de este análisis es posible desarrollar una gestión correcta de residuos peligrosos desde el origen hasta llegar a su disposición final, dentro de la empresa transportista.

Palabras clave: residuos peligrosos, transporte, análisis del ciclo de vida.

RESEARCH SCIENTIFIC ARTICLES



Diagnosis and proposal for the management of hazardous waste in a transport company in Ciudad Juárez, Chihuahua

 **Andrea Michelle Velázquez Cruz**Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México, México,
michelle.v.c@hotmail.com; ORCID: 0009-0005-1385-5539**Doi:** 10.36677/qret.v27i1.24352

Abstract: Ciudad Juarez is a border town with the United States, characterized by the growth of the manufacturing industry. However, due to this growth, environmental measures have had to be implemented to reduce the ecological footprint. Mechanical workshops produce a large amount of hazardous waste that, when improperly managed, hurts the environment.

This study evaluated the generation of hazardous waste in a transport company, using the methodology of life cycle analysis. To do this, the inputs and outputs of each of the processes that generate hazardous waste were identified and quantified; the environmental impacts produced by these remains were evaluated, using the CONESA matrix; finally, a proposal for the control and management of remnants in the transport company was consolidated.

Used oil is one of the most common hazardous wastes generated each year. It has a moderate negative impact on soil and water, while it also has a severe positive impact on the economy. Through this analysis, it is possible to develop proper management of hazardous waste from its origin to its final disposal within the transport company.

Keywords: hazardous waste, transportation, life cycle analysis.

Introducción

Cada año en el mundo se generan de 7 a 10 billones de toneladas de residuos, de los que de 300 a 500 millones son peligrosos. México se encuentra entre los países que presentan mayor riesgo por congestión de este tipo de residuos (Martínez *et al.*, 2022). De allí la importancia de tener un mayor conocimiento sobre su generación y su disposición final, para así poder tener una mejor gestión.

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), se definen como residuos peligrosos aquellos que poseen alguna de las características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o que contengan agentes infecciosos-biológicos). De igual forma, se consideran riesgosos los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan contenido o sido contaminados por este tipo de desechos (LGPGIR, 2003).

En el informe de la situación del medio ambiente en México, se estimó que, para el año 2017, se generaron 2.45 millones de toneladas de residuos peligrosos en el país. Al analizar la generación en el periodo de 2004 a 2017, por entidad federativa, se mostró que el mayor volumen fue generado en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) con el 29.1 %, seguido por el estado de Chihuahua, con 14.7 %. Resalta que estos lugares son los que poseen la mayor cantidad de empresas clasificadas como grandes generadoras de residuos peligrosos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2018).

Ciudad Juárez, Chihuahua, al ser una localidad mexicana que colinda directamente con Estados Unidos, ha crecido en diversos ámbitos (económico, comercial e industrial), convirtiéndose en una ciudad de suma importancia para el transporte de materiales e insumos, tanto en exportación como importación (Castellanos, 2018). México y Estados Unidos comparten 3,600 km de frontera común, lo que hace que sea una región especial de integración económica transfronteriza, considerando que se encuentra la industria maquiladora y el comercio transfronterizo al menudeo (Fuentes Flores, 2022).

En el año 2022, se identificaron y ubicaron geográficamente 24 parques industriales y 15 zonas industriales; en las cuales, se incluyen 485 establecimientos activos manufactureros y no manufactureros (Instituto Municipal de Investigación y Planeación [IMIP], 2023). Al ser tan elevada la demanda en la industria manufacturera, ha ido en aumento la industria transportista, por ende, la generación de residuos peligrosos.

En el 2018, ante el Servicio de Administración Tributaria [SAT], se registraron 33 empresas transportistas en Ciudad Juárez, de las que un 50 % se dedican

al resguardo y mantenimiento de tractocamiones, es decir, desechan residuos (SAT, 2018). Así mismo, se debe considerar a las empresas que no cuentan con un registro fiscal.

El problema de la degradación del ambiente se está agravando en México. Una de las preocupaciones de la sociedad actual es el destino de los residuos sólidos automotrices que impactan los ciclos naturales del suelo y mantos acuíferos (Clemente, 2016), esto a causa del parque automotor que existe en el país.

Por el incremento industrial, las empresas transportistas han tenido que mejorar sus estrategias para estar a la vanguardia y tener sus vehículos en buen estado; así que algunas empresas, de acuerdo con sus necesidades, han optado por construir su taller de mantenimiento, para así mejorar su funcionamiento y el del equipo de transporte. Sin embargo, esto conlleva responsabilidades ambientales, tales como la generación de residuos peligrosos derivados de las actividades que realizan; estos pueden provocar la contaminación del aire, agua y suelo al no tener una gestión adecuada (Gómez León, 2022).

Derivado del incremento de los residuos peligrosos, han surgido inconvenientes como el depósito en áreas no aptas para su disposición, rellenos sanitarios con desechos peligrosos por la mala segregación, derrames de líquidos de riesgo en descargas de agua residual, falta de atención a los derrames por falta de capacitaciones en el personal transportista, entre otros (Lara Sigüenza, 2013).

El presente estudio pretende evaluar la generación de los residuos peligrosos en sus distintas etapas, en una empresa transportista, aplicando la metodología del análisis de ciclo de vida. Para esto, se analizan y evalúan los impactos ambientales, para así, presentar una propuesta de mejora en los talleres mecánicos de la empresa transportista. Este estudio es una iniciativa para promover el manejo adecuado de residuos peligrosos entre empresas del sector transportista de Ciudad Juárez.

Metodología

Ciudad Juárez se encuentra en Chihuahua, uno de los estados más grandes de México. Al ser una localidad fronteriza con Estados Unidos, muchas personas viajan hasta ahí buscando mejorar su economía, esto ha generado un aumento del sector industrial con el paso del tiempo.

La empresa de este estudio, ubicada en Ciudad Juárez, se fundó en los años 70, iniciando con dos camiones. Sus actividades principales son el transporte, resguardo y mantenimiento de vehículos; en tanto que el transporte de carga se presenta tanto México como en Estados Unidos. Actualmente, tiene más de 100 vehículos, que deben repararse constantemente para evitar o disminuir la contaminación atmosférica. Al requerir el mantenimiento tanto de vehículos como de cajas (parte trasera de un tractor), la empresa ha implementado dos talleres

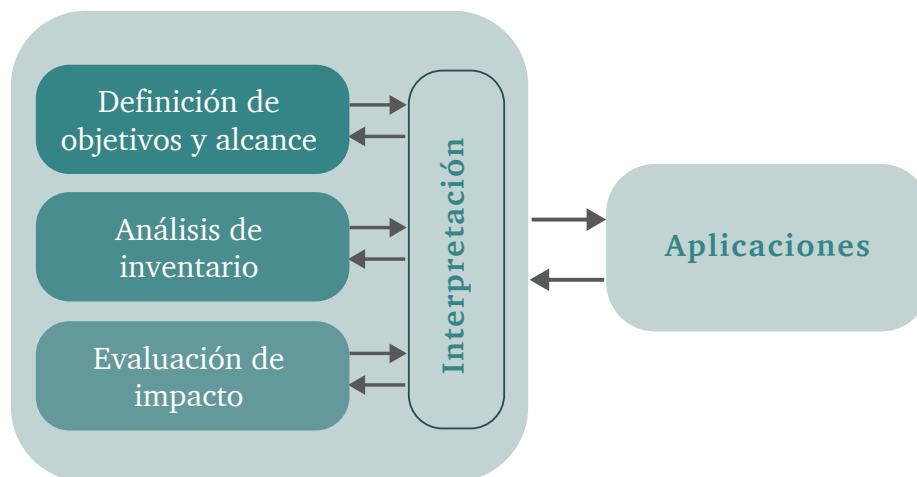
mecánicos. En el taller de mantenimiento de vehículos se reparan aproximadamente diez vehículos por día, dando alcance a las certificaciones ambientales y patrimoniales, así como al cumplimiento de las legislaciones americanas. Por otro lado, en el taller de cajas se da mantenimiento a dos o tres cajas, dependiendo el tamaño de estas, con una duración aproximada de 10 a 15 días por cada una.

De acuerdo con la clasificación de generadores de residuos peligrosos, estipulada en la LGPGIR (2003), la empresa del presente estudio se clasifica como gran generador. Por lo que, una de las estrategias de mejora es la vinculación al programa de transporte limpio. Este consiste en un proyecto voluntario desarrollado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Semarnat, en donde buscan que el transporte de carga sea más eficiente y amigable con el ambiente (SCT, 2020).

El análisis de la generación de residuos peligrosos en talleres mecánicos permite identificar áreas de oportunidad para evitar que los desechos generados contaminen el ambiente, logrando eliminar malas prácticas.

Para llevar a cabo esta investigación, se consideró la metodología del análisis del ciclo de vida como se observa en la figura 1 (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2006).

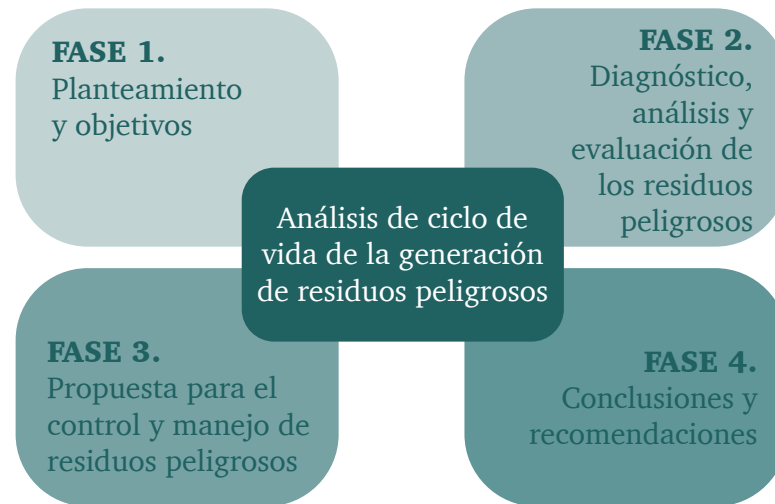
Figura 1. Metodología del análisis del ciclo de vida



Fuente: elaboración propia con base en la ISO 14040:2006

Con base en lo anterior, se plantea la siguiente metodología dividida en 4 fases (figura 2).

Figura 2. Metodología general de la investigación



Fuente: elaboración propia

Dentro de la fase 1, se hace el planteamiento del problema y los objetivos, para delimitar el tema del estudio y generar la ruta para el diagnóstico, que servirá de base para la realización de otros estudios en Ciudad Juárez.

En la fase 2, se estudia la zona de estudio, a través de la obtención de las entradas y salidas de cada una de las etapas del proceso, junto con un análisis y evaluación del impacto de los residuos peligrosos. Se observa la generación de residuos mediante bitácoras mensuales, para identificar el total de residuos generados durante un año. Los datos proporcionados no se encuentran divididos por etapa de proceso, sino por cantidad mensual.

Para la evaluación se emplea como herramienta la matriz CONESA (Vásquez Soria, 2022), ya que permite evaluar los posibles impactos que se pueden ocasionar al no realizar un adecuado tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos. Para esto, considerando la metodología valorativa se basa en las matrices causa-efecto, se identifican los impactos ambientales a partir de los sistemas que pueden llegar a verse afectados por los residuos peligrosos generados en los talleres. Posteriormente, para conocer la importancia del impacto, se asignan valores a cada impacto considerando los 11 criterios establecidos (Forcada Delgado, 2000).

Adicionalmente, se aplican entrevistas a los operadores del taller mecánico para identificar los conocimientos que tienen acerca de los residuos peligrosos generados durante el mantenimiento de los vehículos y las cajas. Los trabajadores

tienen entre 40 y 60 años, participan 32 de los 40 empleados relacionados con el manejo de residuos peligrosos.

Durante la fase 3, se redacta una propuesta dirigida a los talleres mecánicos —considerados grandes generadores de desechos— para controlar y manejar residuos peligrosos, desde que se produce hasta su disposición final, mediante la evaluación de impacto del ciclo de vida.

Finalmente, la fase 4 considera el apartado de la interpretación del análisis de ciclo de vida. En esta etapa se evalúan los resultados, presentando las conclusiones y recomendaciones.

Resultados

Para el análisis del inventario del ciclo de vida, se presentan de manera esquemática los puntos de generación de residuos peligrosos dentro de la empresa de transporte de Ciudad Juárez. Para esto, se describieron las etapas con sus respectivas entradas y salidas, que se visualizan en la figura 3. Además, como parte del estudio, se presentan las cantidades de las entradas y salidas.

Figura 3. Flujo de proceso de la generación de residuos peligrosos



Fuente: elaboración propia

En el mantenimiento preventivo (considerándose como una acción para prevenir fallas en el funcionamiento), se da un chequeo general para verificar que el vehículo circule en excelentes condiciones. El mantenimiento correctivo se realiza cuando el vehículo se encuentra en mal estado; allí se hace una revisión para diagnosticar los daños o las fallas mecánicas, y así, realizar la reparación o cambio de componentes como aceite, anticongelante, filtros, pintura y autopartes.

En el proceso de mecánica de cajas, se realiza el mantenimiento preventivo o correctivo a la caja del vehículo. En esta área, se hace un chequeo general en el que el mecánico desarma la suspensión para quitar las llantas y los valeros; en esta fase se utiliza aceite y grasa en el desmontaje, así como desengrasante para la limpieza de piezas; en este paso se reparan los patines y cajas con thinner y pintura.

En el lavado de unidades se produce agua contaminada con hidrocarburos, ya que la cajas y vehículos vienen con residuos que pueden llegar al agua. En el último proceso, el de servicios auxiliares, se incluye el cambio de luminarias en caso de que se requiera darles mantenimiento.

Para los datos de entrada, se consideraron los químicos y materiales que pueden convertirse en residuos peligrosos y que se utilizan en todos los procesos (tabla 1).

Tabla 1. Productos utilizados en el mantenimiento de vehículos y cajas

Descripción del químico	Cantidad			
	Diaria	Semanal	Mensual	Anual
Aceite	884.5 L	6191.5 L	24,766 L	297.192 L
Filtros	4.8 pzas.	34.25 pzas.	137 pzas.	1644 pzas.
Anticongelante	5.7 L	40 L	160 L	1.92 L
Desengrasante	49.3 L	345.5 L	1382 L	16.584 L
Pintura	41.17 L	288.25 L	1153 L	13.836 L
Lámparas	.3 pzas.	2.5 pzas.	10.8 pzas.	130 pzas.

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por la empresa

El aceite es uno de los productos más utilizados debido a que debe de renovarse con cierta frecuencia, conforme a los recorridos de cada vehículo. Mientras que, las lámparas son productos que no se cambian con tanta constancia debido a su amplia vida útil.

En la tabla 2, se presenta la cantidad de residuos peligrosos generados por día, semana, mes y año. Estos son datos de salida seleccionados del diagrama de flujo del proceso; se tomaron de los manifiestos que contienen el peso de los residuos de manera mensual.

Tabla 2. Generación de residuos peligrosos

Descripción del residuo peligroso	Código CRETIB	Proceso	Cantidad (T)			
			Diaria	Semanal	Mensual	Anual
Aceite usado	Tóxico inflamable	Mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones	79.30	555.5	2,222.10	26,000
Basura industrial contaminada (garras, estopas, papel, cartón)	Tóxico	Mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones	25.30	177.075	708.3	8,500
Filtros usados y contaminados con hidrocarburos	Tóxico	Mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones	13.39	93.75	375	4,500
Contenedores vacíos de metal y plástico	Tóxico	Mecánica de cajas	5.95	41.65	166.6	2,000
Agua contaminada con hidrocarburos	Tóxico	Mecánica de cajas y lavado de unidades	2.98	20.825	83.3	1,000
Anticongelante contaminado	Tóxico	Mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones	2.98	20.825	83.3	1,000
Lodo contaminado con hidrocarburos	Tóxico	Lavado de unidades	17.86	125	500	6,000
Baterías usadas	Tóxico	Mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones	0.00	0.01	0.04	0.5
Tierra contaminada con hidrocarburos	Tóxico	Lavado de unidades	0.00	0.01	0.04	0.5
Lámparas fluorescentes	Tóxico	Servicios auxiliares	0.00	0.0025	0.01	0.133

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por empresa

Según lo anterior, el aceite es lo que más se utiliza para el mantenimiento óptimo de los vehículos. Este residuo, en caso de derrame en el suelo, puede generar degradación del humus y la contaminación de cuerpos de agua tanto

superficiales como subterráneos (Padilla *et al.*, 2022). La mayoría de los residuos peligrosos que se generan en esta empresa transportista se clasifican como tóxicos.

Considerando la cantidad anual de residuos peligrosos generados, y el proceso al que se asocia, el mantenimiento preventivo y correctivo a tractocamiones es la parte más crítica de la generación de residuos. Uno de los residuos generados, el aceite usado, se entrega a una empresa autorizada para el reciclaje de residuos peligrosos, esta es la encargada de la transformación del residuo en combustible alterno. Los demás residuos los recibe otra empresa autorizada para prestar servicios para confinar residuos peligrosos y encargarse de la disposición final.

Con la información mencionada, se plantea la evaluación de los impactos ambientales que producen los residuos peligrosos de la empresa transportista por medio de la matriz de CONESA (Conesa, 2013), como se observa en la figura 4.

Figura 4. Evaluación de impactos ambientales de la empresa transportista

Sistema	Componentes	Factor Ambiental	Acciones por considerar	naturaleza	intensidad	extensión	momento	persistencia	reversibilidad	recuperabilidad	sinergia	acumulación	efecto	periodicidad	Valoración del impacto	Importancia
				N	I	EX	M	PE	RV	RC	SI	AC	EF	PR		
Abiótico	Suelo	Contaminación	Derrames en el suelo	-1	7	1	4	2	2	2	2	2	4	2	-43	moderado
			Contaminación de suelos	-1	6	2	2	2	2	2	2	2	1	1	-36	moderado
	Agua	Calidad	Contaminación de aguas superficiales	-1	3	4	2	2	2	2	2	2	4	1	-34	moderado
			Contaminación de aguas subterráneas	-1	6	2	2	2	2	2	2	2	1	1	-36	moderado
Socioeconómico	Población	Calidad de vida	Accidentes laborales	-1	5	1	2	1	2	2	2	2	4	2	-34	moderado
			Generación de empleo	1	8	4	1	2	1	1	2	2	1	2	44	moderado
	Economía	Reciclaje	Producción de combustible alterno	1	10	8	1	4	1	1	2	2	4	4	65	severo

Fuente: elaboración propia

La evaluación de impactos permite establecer que estos residuos generan una afectación negativa moderada al suelo y al agua, considerando que los residuos son tratados y dispuestos de manera adecuada. Por otra parte, generan una afectación positiva severa para la economía de la ciudad, y moderada para la población debido a que el aceite usado, uno de los residuos de mayor generación, se vuelve a utilizar para generar otro producto, lo que incentiva la generación de empleo en el área de disposición de residuos.

En las respuestas de las encuestas se obtuvo que todos los trabajadores conocen los residuos peligrosos que se generan en los diferentes procesos; el 75% sabe identificar un residuo peligroso; el 60% ha recibido capacitaciones enfocadas en residuos peligrosos. Todos los participantes conocen el lugar en donde se almacenan los desechos. También, el 100 % señala que hacen la separación de residuos, sin embargo, se evidencia que en algunos casos se presenta mezcla de estos.

Con base en los resultados del análisis de ciclo de vida y las encuestas que se realizaron a los trabajadores, se planteó la propuesta para el control y manejo de residuos peligrosos de la tabla 3.

Tabla 3. Propuesta para el control y manejo de residuos peligrosos

Nº	Estrategias de mejora
1	• Todo personal que tenga contacto con algún producto químico o residuo peligroso (área de mantenimiento, supervisiones, personal de cajas, etcétera) deberá contar con una capacitación o entrenamiento previo sobre el manejo de químicos y residuos peligrosos, con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
2	• Contar con un responsable o encargado del almacén de residuos peligrosos para llevar a cabo el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos. Esta persona deberá estar previamente capacitada para realizar esta actividad.
3	• Contar con un horario específico para la recepción de los residuos peligrosos. En este caso se consideró el horario de 6:00h a 15:30h para el primer turno; el segundo de 16:00h a 00:30h, debido a las actividades de la empresa.
4	• El responsable del área de residuos peligrosos se encargará de clasificar y separar todos los residuos peligrosos generados en las actividades de las instalaciones. Para esto, se considerará el formato de residuos peligrosos con información detallada de cada uno. • Cuando cualquier residuo peligroso ingrese al almacén, deberá registrarlo el encargado del almacén en la bitácora de entrada y salida. • Además, se realizará una revisión semanal del almacén de residuos peligrosos en donde se verificará: que la puerta tenga candado y se encuentre cerrada sin obstáculos para tránsito; que los botes y contenedores se encuentren en buenas condiciones; que no existan derrames de pintura o solventes; que todo material líquido inflamable se encuentre con tierra física.

N°	Estrategias de mejora
6	• Para la correcta segregación de los residuos peligrosos, el encargado del almacén deberá utilizar la tabla de clasificación para almacenarlos, esta deberá ubicarse en un lugar visible dentro del almacén.
7	• Los residuos generados en la empresa como basura industrial, envases vacíos e impregnados con sustancias químicas y aceite gastado se almacenarán temporalmente y se registrarán en las bitácoras de residuos por el encargado del almacén, con una etiqueta CRETIB en la que anotará el nombre del desecho.
8	• Para dar salida al material del almacén, este deberá registrarse en la bitácora de salida por el encargado del almacén temporal de residuos peligrosos; el supervisor de seguridad e higiene debe asegurarse de que el vehículo del proveedor este debidamente autorizado, cotejando las placas en el permiso de recolección vigente antes de firmar el manifiesto.
9	• Se deberá verificar que no se almacenen residuos por más de 6 meses.
10	• El supervisor de seguridad solicitará la bitácora de los residuos peligrosos, así como llevará el registro de los manifiestos y consolidados para que, con esta información, se realice la COA (Cédula de Operación Anual). Este es el principal instrumento de seguimiento, reporte y recopilación de información para la integración de la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Esta es presentada durante el primer cuatrimestre de cada año por los establecimientos de jurisdicción federal y a través de ella se informa anualmente a la Secretaría sobre procesos, emisiones y transferencia de contaminantes ocurridos en el año calendario anterior a su presentación (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA], 1988). • El reporte de la COA deberá ser revisado para verificar que los datos sean los mismos que se encuentran en los manifiestos.
11	• Cualquier depósito vacío que haya contenido algún producto químico deberá ser entregado al almacén de residuos peligrosos.
12	• Anualmente, se solicitará a las compañías prestadoras de servicios las autorizaciones de los permisos correspondientes para verificar que se encuentren vigentes.

Fuente: elaboración propia

Si los planteamientos mencionados en la tabla 3 son aplicados correctamente (durante el manejo de residuos por parte de los trabajadores, la separación dentro de la empresa transportista y el seguimiento a las empresas autorizadas del confinamiento y reciclaje) se logrará prevenir y disminuir los impactos ambientales.

Discusión

La problemática de los residuos peligrosos es compleja, debido a la intervención de intereses políticos, económicos, técnicos y sociales (Díaz-Barriga, 1996). Actualmente, existe poca documentación sobre la generación de residuos peligrosos en la industria transportista en México (García Sánchez *et al.*, 2023).

Por esto, es primordial comenzar a utilizar este tipo de investigaciones para llegar a datos reales y a un análisis exacto conforme a cada categoría: industrial, transportista, individual, etcétera.

Los datos aportados por González Cázares *et al.* (2020), respecto a su estudio realizado en Sinaloa, coinciden con lo identificado en esta investigación al señalar que, los residuos peligrosos generados en el servicio de mantenimiento y reparación a vehículos son los aceites, lubricantes usados, anticongelante, filtros de aceite, entre otros. Por otro lado, es de suma importancia identificarlos para realizar protocolos, programas o estrategias de mejora para el manejo de gestión de estos, como la propuesta que se ha planteado en este artículo.

De acuerdo con Perez Achahuanco (2021), los residuos peligrosos que se producen en un taller de mecánica automotriz son: aceite, lubricante, filtros para aceite y aire, filtros de combustible, envases de plástico y metálicos. También señala que, a través de la aplicación de la matriz de CONESA para evaluación de los impactos ambientales, se determina que el mayor impacto negativo se da en el suelo, seguido del aire y en menor proporción del agua. Para este estudio, la mayor afectación negativa se presenta en estas variables debido a la disposición final que tienen los residuos; no obstante, se presenta una afectación positiva en la economía, esto por el aprovechamiento del aceite usado al transformarlo en un nuevo producto.

Sare Calderón y Vejarano Pereda (2021) consideran que la generación de residuos peligrosos dentro de un taller mecánico es inevitable debido a las actividades que se realizan; sin embargo, se pueden minimizar su impacto por medio de la adecuada disposición, así como realizando una caracterización de estos con el fin de determinar la composición y llevar a cabo las medidas correctas. Los residuos peligrosos de la empresa transportista de este estudio se catalogaron como tóxicos y tienen una disposición final adecuada dada por las empresas autorizadas.

En las encuestas se obtuvieron respuestas similares al estudio de García Sánchez *et al.* (2023), relacionadas con el tipo de residuos que generan (77 %) y la información sobre el manejo de residuos peligrosos (55 %). Por lo tanto, las formaciones se deben continuar y enfocar en el manejo y separación adecuada de residuos.

En el manejo de residuos peligrosos es importante conocer su ciclo de vida porque existen riesgos desde el lugar donde se generan hasta el sitio en el que se tratan y disponen (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADES] *et al.*, 2020). Por lo tanto, en el presente estudio se contempla el análisis de los residuos peligrosos, considerando desde su generación a través de la cuantificación (donde el desecho de mayor generación es el aceite), hasta su tratamiento y disposición final (la evaluación de impactos ambientales donde el suelo y el agua muestran un efecto negativo; la economía, un efecto positivo). Así mismo, el análisis de ciclo de vida permite establecer mejores procesos de minimización,

reciclaje, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final, esto se evidencia en la presente propuesta de un manejo adecuado de residuos por medio de la designación de una persona encargada del almacén de residuos peligrosos y otras tareas relacionadas con el tema.

Castañeda (2009) afirma que el manejo correcto de residuos peligrosos se debe afrontar como una responsabilidad con el ambiente, no solo por el cumplimiento con las autoridades. Además, recomienda ser más exhaustivos con los programas de educación ambiental para fortalecer los conocimientos de los generadores. Por esta razón, en el presente estudio se proponen capacitaciones para el reconocimiento de los residuos peligrosos de acuerdo con la normatividad; además de la implementación de procesos de formación continua relacionados con el tema de residuos peligrosos dirigidos a todo el personal involucrado, con el fin de alcanzar una retroalimentación constante, y así, optimizar el manejo de los residuos peligrosos.

Conclusiones y recomendaciones

Tanto en Ciudad Juárez como en otras ciudades mexicanas existen graves problemas ambientales derivados de los residuos peligrosos. Mediante el análisis del ciclo de vida como herramienta de identificación de los procesos que generan residuos peligrosos, se puede lograr una correcta gestión desde su origen hasta su disposición final, para disminuir las afectaciones al ambiente.

Además, el análisis de ciclo de vida permitió reconocer los impactos ambientales derivados de estos residuos que se surgen dentro de la empresa transportista. La evaluación evidenció que la gran mayoría son impactos negativos moderados que se producen en el suelo, el agua y la población; no obstante, en la economía presenta un impacto positivo severo debido al aprovechamiento que se da al aceite usado.

Respecto a la encuesta a los trabajadores, esta revela que hay un conocimiento sobre residuos peligrosos, gracias a las capacitaciones de seguridad regulares. Sin embargo, es fundamental reforzar estas competencias a través de retroalimentación constante para optimizar la gestión de estos residuos.

El manejo inadecuado de los residuos peligrosos ha generado una gran problemática ambiental, por lo que es de suma importancia implementar legislaciones nacionales e internacionales. De igual forma, se concluye que se debe impulsar una cultura ambiental en el entorno laboral para concientizar al personal y disminuir la huella ecológica.

La propuesta de manejo de residuos peligrosos enunciada en este estudio contempla capacitaciones al personal, la correcta segregación, movilización de residuos, almacenamiento temporal dentro de la empresa y entrega a las empresas autorizadas para su disposición final.

Como recomendaciones para tener en cuenta se describen las siguientes:

- Segregar correctamente todos los residuos generados por la empresa.
- Implementar programas, protocolos y estrategias con seguimiento continuo para evitar que los trabajadores recaigan en los malos hábitos, ya que son ellos los que están en contacto directo con los desechos. El sensibilizar al personal deberá contemplarse como un elemento clave para lograr el cumplimiento de metas y objetivos.
- Ubicar en el almacén de residuos peligrosos una tabla de incompatibilidad para prevenir algún tipo de contaminación o accidente. Esta deberá modificarse cuando ingrese un nuevo tipo de residuo. De igual forma, es necesario contar con un protocolo en caso de accidentes o derrames.
- Desarrollar políticas que eviten, minimicen o disminuyan el uso de químicos y la generación de residuos peligrosos dentro de la empresa.
- Dar continuidad a la educación ambiental para todos los procesos que generan residuos peligrosos en la empresa. Para esto, se sugiere el uso de materiales visuales con los que se identifique la diferencia entre un residuo no peligroso y uno peligroso.
- Brindar seguimiento a la disposición final de los residuos peligrosos. Esto incluye gestionar auditorías a las empresas autorizadas que reciben los residuos, con el fin de asegurar el cumplimiento de sus protocolos.

Referencias

- Castañeda, J. (2009). *El manejo de residuos peligrosos y la responsabilidad ambiental en los talleres mecánicos en la ciudad Tijuana Baja California*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio UABC. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/5633>
- Castellanos, A. (2018). El papel de la industria maquiladora en Ciudad Juárez. *Vinculategica Efan*, 3(3), 555-562. <https://doi.org/10.29105/vtga3.3-1104>
- Clemente, J. R. (2016). *Implementación de plan de manejo de residuos peligrosos en las actividades operativas del taller mecánico automotriz Alvarado S.R.L. en el Distrito de Miraflores Arequipa 2014*. [Tesis de licenciatura, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio UAP <https://hdl.handle.net/20.500.12990/3921>
- Conesa, V. (2013). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Díaz-Barriga, F. (1996). Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud. *Salud Pública de México*, 38(4), 280-291. <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5936>
- Forcada Delgado, E. (2000). *El impacto ambiental en la agricultura: metodologías y procedimientos*. UNICAJA. <https://www.analistaseconomicos.com/el-impacto-ambiental-en-la-agricultura-metodologias-y-procedimientos>
- Fuentes Flores, C. M. (2022). El comercio transfronterizo al menudeo entre Ciudad Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas. *Estudios fronterizos*, 23, e093. <https://doi.org/10.21670/REF.2209093>
- García Sánchez, S., Juárez-Agis, A., Maldonado Astudillo, R., Olivier Salome, B., Zeferrino Torres, J., Torres Espino, G. y Rivas Gonzalez, M. (2023). Situación actual y cumplimiento de la normatividad sobre residuos peligrosos en talleres mecánicos en la Colonia Progreso, Acapulco, Guerrero, México. *Acta Universitaria*, 33, 1-12. <https://doi.org/10.15174/AU.2023.3747>
- Gómez León, M. A. (2022). *Análisis de factibilidad para una Mipyme gestionaora de residuos metálicos generados en talleres automotrices*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de Tesis DGBSDI. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000820593>
- González Cázares, G., Ahumada Cervantes, R., Ahumada Cervantes, B., González Márquez, L. y García Urquidez, D. (2020). El manejo de aguas residuales y residuos peligrosos en talleres mecánicos en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México. *Revista Bio Ciencias*, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e991>
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación [IMIP]. (2023). *Radiografía socioeconómica del municipio de Juárez 2022, así comenzó 2023*. IMIP <https://www.imip.org.mx/imip/node/274>

- Lara Sigüenza, C. A. (2013). *Propuesta de un plan de gestión sobre la adecuada manipulación de los residuos contaminantes producidos en los talleres automotrices de la ciudad de Azogues*. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6279>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, [LGEEPA]. Reformada. Diario Oficial de la Federación [DOF] 28 de enero de 1988, (México).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, [LGPGIR]. Diario Oficial de la Federación [DOF] 8 de octubre de 2003, (México).
- Martínez, J. H., Romero, S., Ramasco, J. J. y Estrada, E. (2022). The world-wide waste web. *Nature Communications* 13, 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28810-x>
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADES], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] y Fondo para el Medio Ambiente Mundial [FMAM]. (2020). *Guía de buenas prácticas ambientales y mejores tecnologías disponibles para el manejo de residuos peligrosos*. <https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/12/Anexo-II-Gu%C3%A1-da-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas-Residuos-Peligrosos.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (2006). *Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia* (ISO 14040:2006(es)) <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Padilla, C., Audelo, M., Buenaño, L. y Sánchez, D. (2022). Evaluación de la contaminación de aceites lubricantes en el piso de talleres y lubricadoras automotrices caso: ciudad de Riobamba. *Dominio de las Ciencias*, 8(2), 1626-1644. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2890>
- Perez Achahuanco, K. S. (2021). *Residuos peligrosos de los talleres de mecánica automotriz y los impactos ambientales Miraflores Arequipa 2021*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo] Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72301>
- Sare Calderón, N. y Vejarano Pereda, L. C. (2021). *Evaluación del impacto ambiental generado por el manejo de residuos peligrosos en talleres de mecánica automotriz, distrito de Santiago Chuco*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/20065>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2020). *Programa Transporte Limpio*. <https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/programas-y-proyectos/programa-transporte-limpio-sct-semarnat/>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2018). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Semarnat. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Servicio de Administración Tributaria [SAT]. (2018). *Listado de Empresas Autotransportistas Terrestres OEA*. SAT. http://omawww.sat.gob.mx/comext/esquema_integral/Documents/Listado_Transportistas_12062018.pdf
- Vásquez Soria, L. M. (2022). *Evaluación de impacto ambiental y propuesta del plan de manejo ambiental en la industria manufacturera Renovallanta S.A. ubicada en el Cantón Cuenca*. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23183>