

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Ambiental

**“Residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica y sus impactos al ambiente”**

Sheyla María Rosales Calvo

CARTAGO, noviembre, 2017



**“Residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica y su impacto al ambiente”**

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

**Miembros del tribunal**



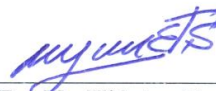
---

**PhD. Lilliana Abarca Guerrero**  
Directora



---

**Ing. Jessie Vega Méndez**  
Lectora 1



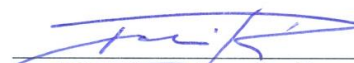
---

**Ing. Freddy Hidalgo Torrejón**  
Lector 2



---

**MS. Eng. Diana A. Zambrano**  
Coordinadora COTRAFIG



---

**PhD. Floria Roa Gutiérrez**  
Directora Escuela de Química



---

**MS. Eng. Ana Lorena Arias Zúñiga**  
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

## **DEDICATORIA**

*“Cada uno recoge lo que siembra”*

Este trabajo quiero dedicárselo a mi madre pues es gracias a ella, que hoy soy la persona que soy.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mi madre, por todo su esfuerzo para sacar adelante a la familia durante todos estos años, gracias por todos los consejos que me brindó para tomar las decisiones que he tomado en mi vida y por ser un ejemplo a seguir, sé que sin ella mi rumbo hubiera sido muy distinto.

De igual manera quiero agradecer a mi hermano por su guía y su ayuda en todo momento. A mi hermana por sus buenos deseos.

A todos los profesores, quienes, sin excepción, son excelentes personas y profesionales.

Quiero extender un agradecimiento especial a Lilliana Abarca, quien desde antes que fuera mi tutora fue muy amable y considerada con mi persona, gracias por toda su ayuda en este proceso y por todo el valioso tiempo puesto en mí.

A todos mis compañeros y a los buenos amigos que hice en estos años, las clases no hubieran sido las mismas sin ustedes, gracias por los buenos recuerdos, y espero poder seguir viéndolos y atesorando más historias.

A Florita Quesada, quien es una persona digna de admirar, y a quien aprecio un montón.

A Diego Mena, Walter Zavala, Arturo Navarro y a cada una de las personas que aportaron sus conocimientos para la realización de este trabajo.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>Resumen.....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Introducción.....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos .....	13
1.1.1 Objetivo general .....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2 Revisión de literatura .....</b>	<b>14</b>
2.1 Sector de la construcción en Costa Rica .....	14
2.2 Residuos de la construcción en Costa Rica.....	14
2.2.1 Residuos peligrosos de la construcción.....	15
2.3 Regulación actual .....	16
2.3.1 Leyes y reglamentos .....	16
2.4 Manejo adecuado de los residuos peligrosos de la construcción .....	19
2.5 Residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica.....	20
2.6 Efectos negativos en el ambiente de los residuos peligrosos de la construcción .....	26
<b>3 Materiales y métodos.....</b>	<b>36</b>
3.1 Recolección de los datos .....	36
3.2 Tratamiento estadístico .....	37
3.3 Revisión de literatura .....	38
<b>4 Resultados y discusión.....</b>	<b>38</b>
4.1 Estado de los residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica.....	38
4.1.1 Generación de residuos.....	38
4.1.2 Reutilización de los residuos peligrosos.....	40
4.1.3 Recuperación para el reciclaje de los residuos peligrosos.....	42

4.1.4	Disposición final de los residuos peligrosos.....	44
4.1.5	Otros datos importantes .....	47
4.1.6	Potencial afectación de los residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica.....	48
4.2	Buenas practicas para la gestión de los residuos peligrosos de la construcción .....	49
4.3	Manejo de los residuos peligrosos en Costa Rica .....	54
4.3.1	Inscripciones ante SIGREP .....	59
<b>5</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>63</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>72</b>
	<b>Anexo 1: Resumen del manejo de los residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica ...</b>	<b>73</b>
	<b>Anexo 2: Lista de chequeo y cuestionario aplicados en las visitas al sitio.....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Cantidad de metros cuadrados construidos en el país del 2014 - 2016.....	14
Figura 2.2. Modelo de jerarquización de los residuos. Tomado de Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 13 de julio de 2010, 2012.....	17
Figura 4.1. Residuos peligrosos generados en la construcción .....	39
Figura 4.2. Residuos peligrosos identificados durante las visitas al sitio .....	40
Figura 4.3. Residuos peligrosos reutilizados en la construcción.....	41
Figura 4.4. Residuos peligrosos reutilizados en las empresas visitadas .....	42
Figura 4.5. Residuos peligrosos recuperados para el reciclaje en la construcción.....	43
Figura 4.6. Residuos peligrosos reciclados en las empresas visitadas .....	44
Figura 4.7. Comparación entre los residuos peligrosos generados y botados .....	45
Figura 4.8. Comparación entre los residuos peligrosos generados y botados en las empresas visitadas .....	46
Figura 4.9. Respuestas a preguntas sobre el manejo de los residuos peligrosos en la construcción .	47
Figura 4.10. Pasos a seguir para gestionar residuos peligrosos en SIGREP .....	60

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Residuos peligrosos identificados en las construcciones del país. (Tomado de Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016) .....	20
Cuadro 2.2. Clasificación de los residuos peligrosos identificados según el listado de residuos inscritos en SIGREP basados en el Decreto 37788. (Adaptado de SIGREP, 2017) ....	22
Cuadro 4.1. Comparación entre la generación del envase de pintura vs. los otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.....	39
Cuadro 4.2. Comparación entre los residuos de pintura reutilizados vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.....	41
Cuadro 4.3. Comparación entre la recuperación para el reciclaje del envase de pintura vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos .....	43
Cuadro 4.4. Comparación entre el envase metálico de pintura desechado vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.....	46
Cuadro 4.5. Potencial matriz impactada por cada residuo peligroso gestionado inadecuadamente. ....	49
Cuadro 4.6. Listado de gestores autorizados por SIGREP .....	55
Cuadro 4.7. Contactos de empresas gestoras autorizadas en el SIGREP .....	57



**LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS (escriba en esta página la lista de siglas y acrónimos)**

EPA	Environmental Protection Agency
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
NFPA	The National Fire Protection Association
ppm	Partes por millón
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SIGREP	Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos

## **RESUMEN**

Históricamente el sector de la construcción ha sido uno de los contribuyentes más importantes en la economía, ya que genera gran cantidad de empleos durante y después de terminada la obra, creando de esta manera, ingresos y progreso de manera significativa a la economía local (Myers, 2013). Sin embargo, ocasiona importantes impactos ambientales pues produce gran cantidad de residuos, de los cuales algunos son considerados peligrosos. Este sector es causante, además de un alto consumo energético, de emisiones de gases de efecto invernadero, de contaminación del suelo, agua y aire (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). A pesar de esto, el país carece de controles y alternativas para gestionar apropiadamente este tipo de residuos.

Por esta razón, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales de cada uno de los residuos peligrosos generados, para de esta manera generar una guía que permita al sector de la construcción reducir dichos impactos. Para lo cual se realizaron cuatro visitas a empresas constructoras, se hicieron entrevistas y encuestas, se tomó información secundaria proveniente del proyecto “Guía para el manejo eficiente de materiales de la construcción”, se realizó una discusión con expertos, y la revisión bibliográfica correspondiente.

Entre los residuos peligrosos que se identificaron en las obras constructivas en el país destacan: ácidos, disolventes, detergentes, aditivos para el concreto, envases de aceites, lubricantes, líquido de frenos, combustibles, restos de pinturas y sus envases, desencofrantes, madera tratada con compuestos químicos, residuos de soldadura, silicón y selladores, suelo contaminado, utensilios que contienen productos químicos y tubos fluorescentes (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernandez, 2016). A cada uno de los residuos peligrosos identificados se le asocian impactos ambientales negativos ya sea en suelo, agua o aire, además, el 100% de ellos tiene efectos negativos en la calidad del agua.

A pesar de lo anterior, se encontró que menos del 40% de las empresas encuestadas recupera para el reciclaje o reutilizan dichos residuos y ninguna de las empresas encuestadas gestiona adecuadamente la totalidad de los residuos peligrosos que generan.

**Palabras clave:** Residuos peligrosos, Construcción, Impactos ambientales, Costa Rica

## **ABSTRACT**

Historically the construction sector has been one of the most important contributors in the economy, since it generates many jobs during and after the work, thus creating significant income and progress for the local economy (Myers, 2013). However, it causes significant environmental impacts as it produces a large amount of waste, some of which are considered hazardous. This sector causes, in addition, high energy consumption, greenhouse gas emissions, soil, water and air pollution (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). Despite this, in the country does not have adequate control for these wastes receives an appropriate management.

For this reason, it is intended to identify and evaluate the environmental impacts of each of the hazardous wastes generated, to generate a guide that allows the construction sector to reduce these impacts. For this purpose, 4 visits were made to construction companies, interviews and surveys were made, secondary information was taken from the project "Guide for the efficient management of construction materials", a discussion with experts was carried out, and the corresponding bibliographic review.

Among the hazardous wastes identified in construction in the country include: acids, solvents, detergents, additives for concrete, oil containers, lubricants, brake fluids, fuels, paint residue and their packaging, concrete release agent, treated wood with chemical compounds, welding residues, silicone and sealants, contaminated soil, utensils containing chemicals and fluorescent tubes (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernandez, 2016). Each of the hazardous waste identified is associated with negative environmental impacts in soil, water or air, in addition, 100% of them have negative effects on water quality.

Despite the above, it was found that less than 40% of the surveyed companies recover for recycling or reuse said waste and none of the surveyed companies adequately manages all the hazardous waste they generate.

**Key words:** Hazardous Waste, Construction, Environmental Impacts, Costa Rica

## 1 INTRODUCCIÓN

A través de los años, y tras varios estudios, se ha demostrado que existe una relación positiva entre el crecimiento del sector de la construcción y el desarrollo económico del lugar (Lopes, Nunes, & Balsa, 2011). En Costa Rica, el sector de la construcción provee alrededor del 7% de los empleos directos del país (Estado de la Nación, s.f). En el 2016 se levantaron 10 388 m<sup>2</sup> (CFIA, 2016).

Actualmente la mayoría de las empresas que se dedican a construir no realizan una separación de los residuos, quedando así una mezcla entre materiales no valorizables, los que podrían ser valorizables, y materiales que debido a su toxicidad deben de tener un tratamiento especial (CYMA & CEGESTI, 2008), con lo cual se agrava aún más el problema, ya que al estar los residuos ordinarios en contacto con los peligrosos, sin importar la cantidad, todos terminan siendo peligrosos (Pitchel, 2005). Por lo anteriormente expuesto el sector de la construcción provoca potenciales impactos ambientales al aire, el agua y el suelo (Ortiz et al., 2009).

De la revisión bibliográfica realizada, se evidenció que el país no cuenta con estudios sobre los impactos ambientales de los residuos peligrosos en el sector de la construcción.

Según PhD. Lilliana Abarca Guerrero, en Costa Rica la mayoría de las empresas constructoras no cuentan con estrategias ni protocolos para tener una buena gestión de los residuos, especialmente los peligrosos que se generan durante el proceso (L. Abarca, comunicación personal, 2 de marzo de 2016).

Por esta razón es de vital importancia identificar los residuos generados en los procesos constructivos, para de esta manera, evaluar los impactos ambientales que estos pueden ocasionar y, además, crear una guía que ayude al sector de la construcción a minimizar los impactos que la edificación provoca en el medio ambiente.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general

Desarrollar una guía que le permita al sector de la construcción gestionar adecuadamente los residuos peligrosos que se generan en sus actividades.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar los residuos peligrosos que se producen en la construcción de edificaciones y determinar cuáles son generados en las construcciones del país.
- Analizar los impactos ambientales potenciales de los residuos peligrosos generados en Costa Rica por el sector de la construcción.
- Formular una guía con buenas prácticas que contribuyan a minimizar los impactos ambientales de los residuos peligrosos generados.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA

En Costa Rica, el sector de la construcción es una de las industrias de mayor importancia en la economía del país, ya que impulsa la creación de empleos directos e indirectos. Se estima que por cada empleo directo se generan 2 empleos indirectos. Para el 2006 la cantidad de empleados directos era de casi el 7% de la totalidad de empleados, evidenciando de esta manera, la importancia de este sector en el desarrollo del país (Estado de la Nación, s.f).

Según Chinchilla (2007) el sector de la construcción se encuentra conformado principalmente por empresas pequeñas y subcontratistas y en menor escala por grandes y medianas empresas.

El área de construcción en el país ha venido en ascenso en los últimos años. El cuadro 2.1, muestra la cantidad de metros cuadrados construidos por mes desde el 2014 y hasta el 2016. Se puede apreciar que en el 2014 se construyeron 8 038 173 m<sup>2</sup> en todo el país, para el 2015 9 183 545 y ya para el 2016 se edificaron 10 388 384 m<sup>2</sup> (CFIA, 2016).

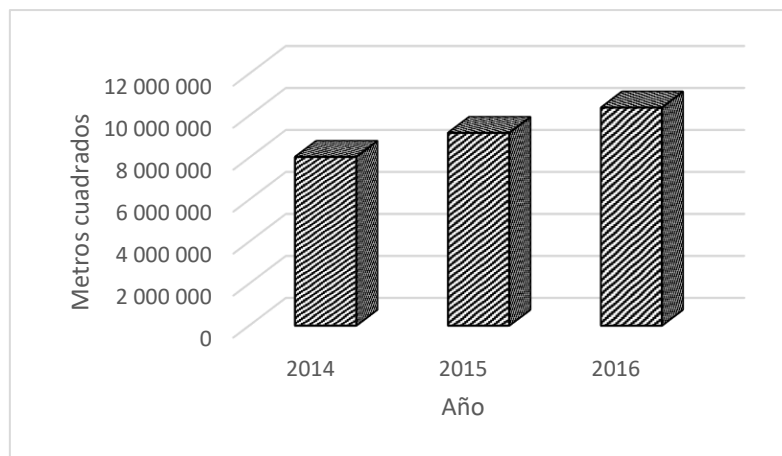


Figura 2.1. Cantidad de metros cuadrados construidos en el país del 2014 - 2016

### 2.2 RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION EN COSTA RICA

En el país existe una falta de atención hacia los residuos que se generan en las construcciones. No se cuenta con procesos normalizados ni documentos técnicos de buenas prácticas que fomenten una gestión adecuada de los residuos que produce el sector de la construcción en

sus actividades (Chinchilla, 2008). Además la falta de control en el manejo de estos residuos, por parte de las entidades responsables y las malas prácticas constructivas, provocan que en el país se produzcan más de tres veces la cantidad de residuos que se generan en países desarrollados (Mora, 2007).

El aumento en la cantidad de metros cuadrados que se construyen anualmente en el país trae como consecuencia un aumento proporcional en la cantidad de residuos que se producen (Mora, 2007). En el 2011 se estimó que el país genera 1 800 toneladas de residuos de la construcción por día (UICN, 2011) lo que equivale a 675 000 toneladas al año. Muchos de estos residuos tienen un alto potencial de ser valorizados por medio del reciclaje y la reutilización, sin embargo, actualmente son tratados como basura, los cuales son generalmente desechados en botaderos ilegales o lotes baldíos en las cercanías de la construcción (Leandro-Hernández, 2008), provocando obstrucciones en ríos y vías públicas, además de riesgos a la salud y al medio ambiente (UICN, 2011).

### **2.2.1 Residuos peligrosos de la construcción**

#### *Definición de residuos peligrosos*

El Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788 (2013) define a los residuos peligrosos como: “aquellos que, por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, ecotóxicas o de persistencia ambiental, o que, por su tiempo de exposición, puedan causar daños a la salud o el ambiente” (p.18).

#### *Situación actual*

Debido a la gran cantidad de residuos que se generan en el país y a la poca regulación que existe en la materia, los residuos peligrosos de la construcción se convierten en un problema a nivel nacional, ya que actualmente en el país los residuos de la construcción son una mezcla entre materiales valorizables, no valorizables y peligrosos (CYMA & CEGESTI, 2008). Esta situación hace que la totalidad de los residuos generados se conviertan en residuos peligrosos. (Pitchel, 2005) y deben ser tratados como tal, hasta que se demuestre que no produce efecto

dañino sobre la salud o el ambiente (Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2013).

Entre los residuos peligrosos que se generan en el sector de la construcción, destacan: ácidos, disolventes, detergentes, aditivos para el concreto, envases de aceites, lubricantes, líquido de frenos, combustibles, restos de pinturas y sus envases, desencofrantes, madera tratada con compuestos químicos, restos de soldadura, silicón y otros selladores, suelo contaminado, utensilios que contienen productos químicos que se utilizan para su limpieza y tubos fluorescentes (Abarca & Leandro, 2016).

## 2.3 REGULACION ACTUAL

### 2.3.1 Leyes y reglamentos

#### *Ley para la Gestión Integral de los Residuos*

La Ley para la Gestión Integral de los Residuos, Ley N°8839, fue creada en el 2010 con el fin de regular la gestión de los residuos y el uso eficiente de los recursos (Ley para la Gestión Integral de los Residuos, 2010).

Esta ley en su artículo 4 propone seguir el modelo de jerarquización integral de los residuos (ver figura 2.1), el cual dictamina que se debe evitar y reducir al máximo la generación de residuos en su origen, reutilizarlos, valorizarlos por medio del reciclaje, co-procesamiento, re-ensamblaje o alguna otra técnica que permita la recuperación y/o aprovechamiento energético. Adicionalmente se indica, como última alternativa, tratar adecuadamente los desechos que no pudieron ser aprovechados en las fases anteriores, para posteriormente disponer de la mínima cantidad de residuos de una manera ambientalmente adecuada (Ley para la Gestión Integral de los Residuos, 2010).





**Figura 2.2. Modelo de jerarquización de los residuos. Tomado de Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 13 de julio de 2010, 2012**

### ***Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales***

El Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales, Decreto 27001, se fundamenta en los artículos 50 y 140 de la Constitución Política, y en los artículos 60 y 69 de la Ley Orgánica del Ambiente. En estos se hablan, respectivamente de: el derecho de toda persona a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de las sanciones y de los reglamentos (artículo 140 inciso 3 y 18), de la prevención y del control de la contaminación del suelo, el cual cita lo siguiente: “Es obligación de las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, evitar la contaminación del suelo por acumulación, almacenamiento, recolección, transporte o disposición final inadecuada de desechos y sustancias tóxicas o peligrosas de cualquier naturaleza.” (Ley Orgánica del Ambiente, 1995, p.19). Esta ley también hace referencia a la disposición de los residuos contaminantes en su artículo 6, en donde se establece que: “Las actividades productivas evitarán la descarga, depósitos o infiltración de las sustancias o materiales contaminantes en el suelo” (Ley Orgánica del Ambiente, 1995, p.19).

Es importante rescatar la definición de ente generador de desechos peligrosos, en su apartado 5.1, en el cual lo detallan como: “Aquel que genere uno o más desechos peligrosos como el resultado de su actividad” (Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales, 1996).

### ***Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos***

El Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788, fue creado en el 2013 con el objetivo de establecer las condiciones y requisitos para la clasificación correcta de los desechos peligrosos, donde se especifican además las normas y procedimientos para su gestión. En su anexo 1 se presenta el listado de los residuos que se consideran peligrosos, especificando, además que también lo son aquellos que cumplen con el artículo 3 y 4 del Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales, decreto N° 27000.

Este reglamento plantea además las etapas claves que deben seguirse para un adecuado manejo de los residuos peligrosos, así como las obligaciones, prohibiciones, sanciones y responsabilidades que tiene el generador ante el tratamiento y disposición final de estos residuos.

### ***Reglamento General de Seguridad e Higiene***

El Reglamento General de Seguridad e Higiene, contiene un capítulo que menciona las sustancias peligrosas, del cual se puede rescatar el artículo 68, que indica: “Siempre que sea posible, las sustancias nocivas deberán ser sustituidas por sustancias inocuas o menos nocivas.” (Reglamento General de Seguridad e Higiene, 1967, p.15). Adicionalmente este reglamento, en su artículo 32 establece que:

Los materiales, como trapos y algodones entre otros, impregnados de aceite, grasa o sustancias fácilmente inflamables, así como los residuos de material o productos peligrosos, deberán depositarse en recipientes incombustibles provistos de cierre hermético y distribuidos adecuadamente en el local de trabajo. (Reglamento General de Seguridad e Higiene, 1967, p.9)

## 2.4 MANEJO ADECUADO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Un adecuado manejo de los residuos peligrosos puede evitar daños ambientales, proteger los recursos naturales y reducir la dependencia de las materias primas y el uso de energía (EPA, s.f). Y así lo establece la Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el país, la cual se creó con el objetivo de regular la gestión integral de los residuos y el uso eficiente de los recursos, aprovechándolos al máximo antes de que se conviertan en residuo.

Esta ley, plantea como modelo a seguir, la jerarquización en la gestión de residuos, en la cual se establecen las formas en que se debe procurar manejar los residuos, con el fin de disponer la menor cantidad de ellos.

Este modelo contiene los esfuerzos que el generador debe tener con el fin de manejar adecuadamente sus residuos, teniendo en cuenta que la parte ancha de la pirámide es lo que se desea alcanzar y así progresivamente hasta llegar al último eslabón que es lo que menos se desea. A continuación, se explica cada uno de los eslabones.

1. Prevención: Todo generador de residuos debe evitar que se produzcan en la fuente. Si esto es inevitable, se debe reducir al máximo la generación de estos (Cyma, 2012).
2. Reutilización: Una vez que se tiene el residuo, se debe buscar formas de darle un uso, ya sea volviéndolo a utilizar para el mismo propósito o bien, para otro uso distinto (Cyma, 2012).
3. Valorizar: Se refiere a las acciones que se pueden llevar a cabo en busca de recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos. La valorización incluye al reciclaje, co-procesamiento y cualquier otro procedimiento mediante el cual se pueda recuperar el material y/o aprovecharlo energéticamente (Ley para la Gestión Integral de los Residuos, 2010).

Es importante aclarar los siguientes conceptos:

- Reciclaje: consiste en reincorporar el residuo como materia prima al ciclo productivo (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernandez, 2016).
- Co-procesamiento: Se refiere al proceso de conversión del residuo a un combustible alternativo aprovechable en un proceso industrial específico (proverde, s.f). En este caso se debe tener en cuenta, que esta técnica es

considerada como tipo de valorización, una vez que se haya descartado la posibilidad de reciclaje (Geocycle, s.f).

4. Tratar: Cuando los residuos no pudieron ser aprovechados en las etapas anteriores, se debe buscar la manera de tratarlos adecuadamente. Este tratamiento busca reducir el impacto del residuo sobre el medio ambiente, mediante diversos procesos de transformación física o química (Wastech, 2015).
5. Disponer: Como última opción queda disponer adecuadamente el residuo en un sitio autorizado.

## 2.5 RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA

Tras la investigación realizada por la PhD Lilliana Abarca Guerrero y la M.Sc. Ana Grettel Leandro Hernández en el 2016, se identificaron los residuos peligrosos que se generan en las construcciones del país(Abarca-Guerrero & Leandro-Hernandez, 2016). El cuadro 2.2 muestra los resultados obtenidos.

**Cuadro 2.1. Residuos peligrosos identificados en las construcciones del país. (Tomado de Abarca-Guerrero & Leandro-Hernández, 2016)**

<b>Residuo peligroso identificado</b>	
Ácidos, disolventes y detergentes	Residuos de asbestos
Aditivos para el concreto	Residuos de asfalto
Desenconfantes	Residuos de fibra de vidrio
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles	Residuos de soldadura
Envases metálicos de pintura	Silicón y otros selladores
Envases plásticos de pintura	Suelo contaminado
Madera tratada con compuestos químicos	Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos)
Pintura	Tubos fluorescentes

El Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788 contempla explícitamente a la mayoría de los residuos señalados en el cuadro.

Los residuos de fibra de vidrio, asbestos y asfalto se excluirán de la evaluación de sus impactos ambientales, ya que:

- La fibra de vidrio no se considera un compuesto ambientalmente peligroso, sin embargo se deben tener las medidas de seguridad ocupacional pertinentes ya que es un polvo inerte que puede causar algunas molestias a los trabajadores (Ospina, 2015).
- El asfalto a temperatura ambiente es un sólido de baja movilidad en el suelo y del cual no se espera que provoque daños al medio ambiente (Hanson, 2015). Generalmente se transporta en cisternas que lo mantienen a una temperatura adecuada para que se conserve con una apariencia viscosa, de manera que facilite la aplicación del producto desde la misma cisterna. Por esta razón no se generan recipientes que contengan el material (J. Flores, comunicación personal, 17 de agosto de 2017). Se debe tener en cuenta que la actividad que se considera peligrosa es la aplicación del asfalto en caliente, debido a los riesgos a la salud ocasionados por los vapores que se desprenden durante su colocación (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2007).
- A pesar de que el asbesto es un compuesto muy tóxico para la salud, en el país ya no es agregado a los materiales de construcción que se fabrican (Maineri-Hidalgo, Putvinsky, & Mainieri-Breedy, 2006) y tampoco es importado desde otros países que todavía lo siguen utilizando (Ministerio de Salud, 2016). Se debe tener en cuenta que en el país hay edificaciones que se construyeron con este material. El asbesto puede estar contenido en paredes, techos e inclusive pisos que fueron construidos con láminas de fibrocemento y en tuberías, aislamientos, entre otros. En caso de ser derribadas, los residuos que contienen asbesto deben ser tratados como peligrosos. Sin embargo, para efectos de la presente investigación concierne únicamente los residuos peligrosos de las edificaciones en construcción.

El cuadro 2.3 muestra los residuos peligrosos identificados y sus posibles códigos para ser inscritos ante el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP) del MINAE, según el decreto 37788.

**Cuadro 2.2. Clasificación de los residuos peligrosos identificados según el listado de residuos inscritos en SIGREP basados en el Decreto 37788. (Adaptado de SIGREP, 2017)**

<b>Código según SIGREP</b>	<b>Material peligroso que contiene el decreto</b>	<b>Residuos identificados</b>
L024	Diluyentes de pintura y laca (diluyentes nitrogenados)	
P002	Lacas y pinturas viejas no endurecidas	
P085	Residuos de retardadores de flama y pintura de base	Envases metálicos de pintura
P101	Pinturas, solventes, lodos, limpiadores y residuos provenientes de las operaciones de recubrimiento, pintado y limpieza	Envases plástico de pintura
P104	Residuos de pintura	Pintura
S179	Recipientes con restos de pintura base solvente	Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos)
S038	Desechos metálicos con otras impurezas especiales (no aceites)	
P050	Desechos de plástico, con impurezas especiales	
P081	Residuos de adhesivos y polímeros	
P050	Desechos de plástico, con impurezas especiales	Silicón y otros selladores y sus envases
S182	Selladores	
S222	Residuos de detergentes, jabones y agentes dispersantes	
E035	Ácido fosfórico, dietil 4 nitrofenil ester	
L044	Soluciones ácidas	Ácidos, disolventes y detergentes y sus envases
P050	Desechos de plástico, con impurezas especiales	
L042	Residuos de solventes	
L029	Combustibles contaminados	
L027	Aceites combustibles contaminados (inclusive aceite diésel)	
L037	Aceite lubricante usado	
L040	Aceites sin contenido de bifenilos policlorados	Aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles y sus envases
L041	Residuos de aceites (hidráulico pesado lubricante)	
P050	Desechos de plástico, con impurezas especiales	
L008	Etanodiol y sus derivados (etilenglicoles)	
L025	Gasolina de lavado, éter de petróleo, gasolina diluyente	

Continuación del Cuadro 2.3

Código según SIGREP	Material peligroso que contiene el decreto	Residuos identificados
L027	Aceites combustibles contaminados (inclusive aceite diésel)	
L029	Combustibles contaminados	Desencofrantes
P050	Desechos de plástico, con impurezas especiales	
S231	Residuos de la producción y materiales caducos o fuera de especificación que contengan sustancias tóxicas al ambiente	
S001	Mercurio, lámparas de mercurio, fluorescentes	Tubos fluorescentes
S097	Desecho de madera de aserradero y fabricación con impurezas nocivas	Madera tratada con compuestos químicos
S162	Desechos de plomo	
S167	Limaduras de plomo	Residuos de soldadura
S038	Desechos metálicos con otras impurezas especiales (no aceites)	
S164	Escorias de fundición de metales no ferrosos	
S020	Masas filtrantes y de adsorción usadas con impurezas nocivas Código de la sustancia con la cual está contaminado el suelo y que sea aceptado por SIGREP bajo esa codificación.	Suelo contaminado

### Descripción de materiales que componen los residuos peligrosos de la construcción

- Ácidos: Los ácidos más utilizados en el país por la industria de la construcción son el ácido muriático (ácido clorhídrico) y fosfórico. Estos ácidos son comúnmente usados en la limpieza de restos de mortero o fragua de superficies de cerámica y ladrillo, utilizados en la obra de albañilería (Xilo, s.f) También son utilizados para cuando se quiere colocar piso sobre otro piso ya existente, para lo cual se requiere limpiar y quitarle el brillo que aporta las ceras en el piso viejo, ya que el mortero no se adhiere de manera óptima si a la superficie tiene estas grasas. Además, para oxidar los techos antes de pintar con anticorrosivo, ya que este se adhiere mucho mejor si la pieza contiene oxido. (A. Navarro, comunicación personal, 14 de abril de 2017).
- Disolventes: Los disolventes tóxicos comúnmente utilizados en el país son el aguarrás y thinner. Estos son usados para mezclar o diluir pinturas, resinas epóxicas y limpiar herramientas impregnadas con estos productos (Makler, 2006).

- Detergentes: Los detergentes son utilizados para la limpieza de los servicios sanitarios provisionales que instalan cercana al área de trabajo (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).
- Aditivos para el concreto: Los aditivos para el concreto son utilizados para modificar alguna o varias propiedades físicas del concreto. Se busca que el concreto tome las características que la obra requiere o que el constructor necesita. En el mercado se pueden encontrar amplia y variada gama de aditivos, entre los cuales se puede mencionar los incorporadores de aire, retardadores y aceleradores de fraguado, plastificantes y superplastificantes (Rivera, 2009). En la industria de la construcción en Costa Rica los plastificantes y los superplastificantes son los mayormente usados (F. Rossi, comunicación personal, 4 de agosto del 2017). Con el uso de estos aditivos se obtiene una reducción significativa del consumo de agua, lo cual incrementa la trabajabilidad del concreto fresco y un concreto seco mucho más resistente (Carrasco, 2014).
- Desencofrantes: También llamados desmoldantes, se usan para evitar la adherencia del concreto a las formaletas o encofrados, con lo cual permite que estas estructuras puedan ser reutilizadas.

Los desencofrantes pueden ser a base de hidrocarburos o agua. Los que son a base de hidrocarburos suelen utilizar diésel, queroseno, solventes y aceite minerales como vehículo para transportar el agente reactivo. Aunque no es una buena técnica, en la construcción se utiliza diésel, queroseno y aceite de motor puro para evitar la adherencia de la formaleta al concreto. Sin embargo, se debe aclarar que, aunque es común no es adecuada, ya que no le brinda las cualidades estéticas necesarias al concreto y daña los moldes (Baty & Reynolds, s.f; Bellido, 2016).

- Aceites, lubricantes, líquido de frenos y combustibles: Estos materiales son utilizados por maquinaria pesada dentro de las instalaciones, las cuales requieren cambios de estas sustancias. Además, en algunas construcciones se puede consumir combustibles para alimentar plantas generadoras de electricidad, para los casos en lo que todavía no se cuenta con el suministro de este servicio (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).



- Pintura: Se utiliza para dar acabado a las obras y proteger las superficies. Dependiendo de la clase de pintura que se utilice, impermeabiliza, detiene y/o previene la corrosión, protege del ataque de hongos, polilla, ayuda a reducir la temperatura en la edificación, entre otras (Pintuco, 2014).
- Madera tratada con compuestos químicos: Se refiere a la madera que ha sido tratada químicamente mediante productos como curadores, selladores, tintes, entre otros, para protegerlos y preservarlos de daños. En esta sección también se considera la madera impregnada con desmoldantes en el proceso de encofrado. (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).
- Soldadura: La soldadura en la construcción es importante para la elaboración de las obras de cubierta, refuerzos estructurales, reparación de piezas rotas en la maquinaria, entre otras (G.E Mathis, 2015). De este proceso se generan residuos como los extremos de los electrodos, elementos defectuosos o dañados, además de las escorias y polvos metálicos que se desprenden del proceso (Gobierno de Navarra, s.f)
- Silicón y otros selladores: El silicón y los selladores se utilizan para rellenar, aislar y sellar ranuras, huecos y/o canales en distintos materiales como madera ladrillo, concreto, vidrio, aluminio, etc (Pintuco, 2016).
- Suelo contaminado: Se refiere al suelo que ha sido expuesto con productos químicos peligrosos como los hidrocarburos, pinturas, aceites, lubricantes u otras sustancias tóxicas. (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).
- Trapos o textiles, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos): Son los materiales que se utilizan en las obras de acabado de la construcción. Como, por ejemplo: el pintado, curado de materiales, limpieza de superficies, e inclusive de la impregnación del desencofrante en la formaleta (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).
- Tubos fluorescentes: Procedentes de la instalación de lámparas en la obra constructiva. Los cuales pueden estar quebrados por una mala manipulación o por un transporte inadecuado, inclusive por un daño de fábrica (C. Petín, comunicación personal, 15 de marzo de 2017).

## 2.6 EFECTOS NEGATIVOS EN EL AMBIENTE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN

### **Ácidos, disolventes y detergentes:**

#### ➤ **Ácidos:**

El ácido clorhídrico, mejor conocido por el sector de la construcción como ácido muriático, y el ácido fosfórico, son ácidos fuertes, corrosivos, con pH inferior a 2 unidades. Esta propiedad hace que estos compuestos, si se vierten sobre aguas superficiales, causen efectos negativos sobre la vida acuática. El impacto de estos en el agua dependerá de la concentración del ácido, de la cantidad vertida y de la capacidad amortiguadora del cuerpo receptor (OPPAC, 2012). Estas sustancias, al ser inorgánicas, no son biodegradables, por lo cual no pueden ser reducidas a compuestos más simples de manera biológica (OPPAC, 2011a).

El ácido fosfórico, en grandes cantidades, puede favorecer la proliferación de ciertas algas, por consiguiente provocar eutrofización y ocasionar serios daños en el ecosistema, ya que este crecimiento desproporcional de vegetación, provoca, que al ir muriendo, los organismos aerobios descomponedores de esta materia requieran cada vez más oxígeno, lo que reduce la cantidad de este recurso en el agua, por lo tanto otras especies que también lo requieren se ven seriamente afectadas, pudiendo incluso provocar su muerte (EPA, 2004).

#### ➤ **Disolventes:**

El uso de disolventes orgánicos es uno de los mayores contribuyentes antropogénicos de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos, junto con las pinturas y los aerosoles (Ministerio de Agricultura y Pesca, s.f). En presencia de la luz solar, los compuestos orgánicos volátiles reaccionan con otros contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno, para dar lugar al ozono troposférico, el cual es el principal agente del smog fotoquímico. De esta manera los disolventes provocan múltiples afectaciones a la salud humana y daños sobre la vegetación y los ecosistemas más vulnerables (EPA, 2017d).

Los disolventes orgánicos mayormente utilizados en el país por la industria de la construcción son el aguarrás y el thinner. Dichas sustancias además pueden ser tóxicas para los organismos acuáticos, produciendo efectos negativos a largo plazo (OPPAC, 2011b).

#### ➤ **Detergentes:**

Gran cantidad de los detergentes comerciales contienen fósforo en su composición química. Debido a lo anterior, el vertido de las aguas jabonosas aumenta la cantidad de este nutriente

en el cuerpo receptor, favoreciendo el crecimiento de cierta vegetación acuática, algas y fitoplancton, causando su eutrofización. (Kundu, Vassanda Coumar, Rajendiran, Ajay, & Subba Rao, 2015).

### **Aditivos para el concreto**

Los aditivos para el concreto mayormente utilizados en la industria de la construcción son los plastificantes y los superplastificantes.

Estos compuestos pueden estar hechos a base de lignosulfonatos (sódicos o cálcicos), sulfonatos condensados de melanina formaldehído y sulfonatos condensados de naftaleno formaldehído (Carrasco, 2014). El lignosulfonato de sodio no se considera peligroso (CCI, 2017), el lignosulfonato de calcio, por su parte es fácilmente biodegradable y presenta un riesgo bajo de peligrosidad en el agua (GTM, 2014). Por lo contrario, los formaldehídos de melanina y naftaleno sulfonatados sí son considerados productos peligrosos, y por lo tanto deberán ser desechados adecuadamente bajo esta categoría. Estos compuestos poseen un bajo riesgo ecotoxicológico, sin embargo pueden contaminar el medio ambiente acuático gracias a la movilidad y persistencia de algunos de sus componentes (Ruckstuhl, 2001; Tembec, 2009).

### **Aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles y sus envases**

#### **➤ Aceites de motor:**

El aceite de motor es considerado como uno de los contaminantes más peligrosos para el medio ambiente y la salud pública. Esta sustancia, además de contener hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH) con cadenas de hasta 50 carbonos, contiene grandes cantidades de elementos tóxicos, ya que al ser usado en los automóviles se van cargando de metales pesados como hierro, cobre, plomo, níquel, cadmio, entre otros, además de compuestos nitrogenados y sulfurados, restos de gasolina, diésel, y aditivos para motor (Ramadass, Megharaj, Venkateswarlu, & Naidu, 2015).

Es insoluble en el agua y persistente en el medio ambiente, ya que no es fácilmente biodegradable (EPA, 2016).

Un litro de aceite de motor puede contaminar 3784 metros cuadrados de terreno, lo que puede provocar que el sitio deje de ser productivo por un periodo de hasta 100 años. La obstrucción de los poros del suelo por el aceite causa una mala aireación, inmovilización de nutrientes y un descenso en la acidez, factores que son los principales responsables de una baja fertilidad. Además ocasiona que mueran muchos de los animales que viven en las capas superiores (Ramadass et al., 2015) y microorganismos que participan en los ciclos biológicos del suelo (Vazquez-Duhalt, 1989).

El aceite de motor, según EPA (2016) es una fuente importante de contaminación de agua superficial. Además, cuando está en el suelo, puede filtrarse, alcanzar y contaminar fuentes de agua subterránea. Debido a la insolubilidad del aceite en el agua, un litro de aceite puede contaminar un millón de litros de agua. Un derrame de aceite en el agua forma una capa en la superficie que interfiere en el intercambio de oxígeno con el aire, lo que provoca una disminución de este recurso, afectando de esta manera, la vida acuática. También bloquea la luz solar, impidiendo la fotosíntesis por parte de las algas y demás vegetación. Se ha encontrado que el aceite de motor inhibe fuertemente el crecimiento de microorganismos sensibles como el fitoplancton, provoca importantes daños en crustáceos, moluscos y peces, ya que se considera uno de los agentes mutagénicos más importantes en el medio ambiente acuático (Vazquez-Duhalt, 1989).

➤ **Lubricantes:**

Los lubricantes, al igual que el aceite de motor, pueden penetrar el suelo, alcanzar y contaminar mantos de agua subterránea. Igualmente, debido a su insolubilidad en el agua, ocasiona una película superficial que dificulta el intercambio de oxígeno, pudiendo afectar la vida acuática (H&D Fitzgerald, 2012).

➤ **Líquido de frenos:**

El principal componente de los líquidos de frenos es el etilenglicol (Bardahl, 2014), sustancia que se considera peligrosa según el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos. El líquido de frenos tiene alta movilidad en el suelo, por lo que un derrame podría ocasionar contaminación en aguas subterráneas. Por otra parte, en el agua se disuelve y degrada fácilmente, sin

embargo, tiene compuestos que pueden persistir. Aun así, presenta baja toxicidad para los organismos acuáticos y baja capacidad para bioacumularse en ellos (Pennzoil, 2008).

➤ **Combustibles:**

De igual manera, los combustibles forman una película en el agua que impide el intercambio de oxígeno con el aire, ocasionando daños en la flora y fauna acuática. Además, son compuestos de lenta biodegradabilidad y con potencial de bioacumulación. Son volátiles, pero su parte más pesada puede penetrar el suelo, alcanzar mantos acuíferos y contaminarlos (CORPONOR, 2015).

Cuando son quemados, liberan a la atmósfera óxidos de nitrógeno y amoníaco, los cuales contribuyen al smog fotoquímico y a la lluvia ácida. Si estos compuestos se encuentran en exceso pueden ser depositados de nuevo en el suelo, en donde son lavados fácilmente por la escorrentía hacia los cuerpos de agua más cercanos. La abundancia de nitrógeno en el agua provoca un crecimiento acelerado de algas, pudiendo ser tóxico para la vida acuática, ya que disminuye dramáticamente la cantidad de oxígeno disponible (EPA, 2017e).

### **Desencofrantes**

A pesar de que en el mercado existen desencofrantes a base de agua y biodegradables, hay otros de baja biodegradabilidad y a base de hidrocarburos. Además, en la construcción es común la utilización de diésel, aceites de motor y queroseno como desmoldantes (Bellido, 2016). Debido a lo anterior se debe tener cuidado, ya que un derrame o su mala disposición puede ocasionar todos los daños ambientales señalados anteriormente para los combustibles y aceites de motor.

### **Pintura y sus envases metálicos y plásticos**

Actualmente el mayor impacto ambiental que tiene la pintura es debido a su contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV's), que al igual que los disolventes, son los principales precursores del ozono troposférico, el componente más tóxico del smog fotoquímico (Porwal, 2015). Entre los principales solventes orgánicos que pueden contener las pinturas destacan: tolueno, xileno, compuestos alifáticos, cetonas, alcoholes y esterres de glicol (WHO, 2012).

Dichos compuestos no solo contaminan el aire, pues un vertido de ellos en el agua puede causar daños a la vida acuática, debido a la toxicidad y su baja biodegradabilidad, tal es el caso del xileno y el tolueno (Dideval, s.f; IPCS, 2003). Otro compuesto orgánico volátil que pueden contener las pinturas es el formaldehído (EPA, 2017c), el cual es una sustancia química categorizada como extremadamente peligrosa para salud, ya que es cancerígeno, mutagénico y un potente corrosivo (New Jersey Department of Health, 2017), sin embargo, no se considera un contaminante probable en el medio ambiente, ya que en el aire es fácilmente eliminado y en el suelo y agua se descompone en pocos días (SEPA, s.f).

En pinturas de látex se utiliza como conservante el acetato de fenilmercurio, el cual figura como uno de los químicos más peligrosos para la salud (New Jersey Department of Health, 2009). En el pasado, las pinturas también contenían altos niveles de otras sustancias peligrosas como el cromo, benceno, ftalatos, y óxidos de plomo. Debido a la toxicidad de estos, han sido reducidos o reemplazados por compuestos menos tóxicos (WHO, 2012).

Desde 1920 en países desarrollados se prohibió el plomo en las pinturas, sin embargo en países en vías de desarrollo aún se sigue comercializando (BBC, 2016).

En el país el plomo y el mercurio en las pinturas fueron regulados desde 1995 mediante el Reglamento para la Regulación del Contenido de Plomo y Mercurio en Pinturas, en el cual se establece para el plomo un valor menor a 600 ppm y para el mercurio de 50 ppm (Reglamento para la Regulación del Contenido de Plomo y Mercurio en Pinturas, 1995). Sin embargo se debe vigilar de cerca su cumplimiento ya que pueden presentarse vacíos a nivel de exportación e importación (BBC, 2016).

El mercurio, debido a la acción de algunos microorganismos, se transforma en metilmercurio, el cual es la forma más común de encontrarlo en la naturaleza. Este compuesto y el plomo, son metales pesados con la capacidad de bioacumularse en los tejidos. Los primeros microorganismos que lo toman son el plancton y el zooplancton, el cual a su vez es digerido por peces y estos a su vez por otros de mayor tamaño, prevaleciendo de esta manera en la cadena trófica. Altos niveles de estos metales ocasionan un descenso en el crecimiento, desarrollo y fertilidad de las especies, puede provocar además comportamientos anormales y efectos neurológicos negativos e incluso la muerte. Los animales más expuestos son los pájaros que se alimentan de peces y los mamíferos que se alimentan de estos pájaros.

En los humanos también ocasiona efectos adversos en el sistema nervioso, hígado, corazón, riñones, sistema inmune, daños neuronales en los neonatos, abortos, entre otras. (EPA, s.f-a, 2017a; Lenntech, s.f).

Teniendo en cuenta que una práctica común en las construcciones es mezclar las aguas del lavado de los utensilios de pintura junto con las demás aguas residuales de la construcción, se debe tener especial cuidado con este residuo, ya que puede contaminar gravemente los cuerpos de agua (Intertek Chemicals & Pharmaceuticals, 2013).

### **Madera tratada con compuestos químicos**

Muchas veces la madera tratada con compuestos químicos que se convierte en desecho en las construcciones se regala o vende a personas que se acercan a pedir las para utilizarlas como combustible en cocinas de leña, fogones, chimeneas, parrillas, etc. Sin embargo esta práctica no es adecuada para el ambiente, ya que estos materiales pueden liberar a la atmósfera gases perjudiciales cuando son quemados (EPA, 2017b).

Además, la madera tratada que esté a la intemperie, puede lixiviar sustancias tóxicas al entrar en contacto con el agua, lo cual puede contaminar fuentes de agua cercanas, al mismo tiempo, puede contaminar el suelo y alcanzar aguas subterráneas (ATSDR, s.f).

### **Residuos de soldadura**

La principal afectación al ambiente de los residuos provenientes de las actividades de soldadura es su mala disposición y los posibles efectos sobre las fuentes de agua, ya que estos materiales contienen metales pesados que pueden degradarse y acumularse en el suelo, desde donde pueden ser lavados por las lluvias hasta cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Conarco, 2010).

Los metales pesados que se pueden encontrar en los residuos de soldadura, dependerán del tipo de electrodo que se use. Estos pueden contener: berilio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel, zinc, antimonio, vanadio, entre otros. Sin embargo el principal metal que se encuentra en los electrodos es el manganeso, ya que este recubre la mayoría de los productos de soldadura (Jane, Zang, Lu, Wu, & Zheng, 2014).

Muchos de los metales pesados anteriores tienen la capacidad de ser absorbidos por las plantas y causar efectos negativos en la salud de los herbívoros que se alimentan de ellas.

Además, pueden afectar los organismos que habitan en el suelo y alterar la actividad microbiana del mismo. De igual manera afectan la vida acuática, ocasionando daños en mamíferos, peces, crustáceos, fitoplancton, etc (Lenntech, s.f-b).

El Reglamento para la Calidad del Agua Potable, establece los valores máximos permitidos para cada metal pesado que pueda contaminar fuentes de agua para consumo humano, ya que estos pueden causar múltiples afectaciones a la salud, entre los cuales se pueden mencionar: daños cerebrales, pulmonares, respiratorios, oculares, renales, en el sistema circulatorio e inmune, cáncer, tumores, defectos de nacimientos, abortos, descenso en la fertilidad, anemia, entre otros (Lenntech, s.f-b).

### **Silicón y otros selladores**

En la actualidad se encuentran en el mercado distintas fórmulas de siliconas y selladores. Los selladores no acuosos pueden contener cantidades variadas de solventes que lo hacen tóxico para el medio ambiente, sin embargo, existen otros productos bajos en compuestos orgánicos volátiles que no se consideran peligrosos (SEPA, 2005).

El polidimetilsiloxano (PDM's) es uno de los componentes principales en la elaboración de selladores y siliconas (Stevens, s.f). La degradación de esta sustancia en el suelo es lenta, no obstante, dependiendo del tipo de suelo, puede ser degradada y sus productos de degradación no presentan efectos negativos sobre los cultivos ni los organismos que habitan el suelo. La toxicidad de esta sustancia es relativamente baja en distintos ambientes (Yang et al., 2012). A pesar de esto, se debe tener en cuenta que existen sustancias minoritarias en la formulación que pueden ser peligrosas para el ambiente. Los plastificantes, por ejemplo, son una de ellas, y pueden afectar la salud y ocasionar daños al ambiente (Danish Ministry of the Environment, 2015). Los ftalatos son los plastificantes más utilizados y son comúnmente encontrados en cuerpos de agua superficial debido a su constante liberación al ambiente. Se ha demostrado que estas sustancias causan daños en el sistema endocrino como alteración en las hormonas, trastornos en la fertilidad y aumento de peso (Oehlmann, Oetken, & Schulte-Oehlmann, 2008).

Estos productos pueden contener además disocianato de tolueno (TDI), el cual es muy tóxico para la salud, irritante y altamente reactivo, sin embargo no presenta un riesgo significativo para el medio ambiente acuático, ya que al entrar en contacto con el agua, reacciona formando



poliureas insolubles y estables, las cuales son inertes, no obstante algunos estudios señalan que estos compuestos presentan una toxicidad de baja a moderada en algunas especies acuáticas (Dow, 2015).

El clorometiloxirano es otro compuesto tóxico que pueden estar presentes en los selladores y siliconas, esta sustancia es difícilmente degradada en el ambiente y tóxica para la vida acuática (OXIQUIM, 2007)

### **Suelo contaminado**

El suelo se puede contaminar por fugas de combustibles o aceites de las maquinas; sin embargo, también se pueden contaminar por derrames de otra sustancia tóxica que mantengan en las instalaciones. Estos derrames no solo contaminan el suelo, sino también pueden infiltrarse y contaminar cuerpo de aguas subterráneos; además, pueden ser arrastrados por la escorrentía hasta cuerpos de agua superficial, contaminando de esta manera ambos cuerpos de agua y afectando la disponibilidad del recurso y la salud de quienes la consumen (Environmental Pollution Centers, s.f).

Además, como se señaló anteriormente, la descarga de ciertos residuos peligrosos al suelo puede perturbar gravemente la biología del sitio, ocasionar daños en la fertilidad del suelo, romper ciclos biológicos y enfermar animales herbívoros de la zona.

En el país existe desde el 2013 el Reglamento sobre Valores Guía en Suelos para Descontaminación de Sitios Afectados por Emergencias Ambientales y Derrames, Decreto 37757, en donde se estipulan las sustancias químicas que contaminan el suelo, así como las concentraciones preventivas y de intervención, por encima de las cuales, se podría ocasionar una alteración a la calidad del suelo y del agua subterránea o que podrían ocasionar riesgos potenciales a la salud humana. Con lo anterior se pretende controlar los efectos dañinos que puede ocasionar el suelo contaminado sobre el medio ambiente (Reglamento sobre Valores Guía en Suelos para Descontaminación de Sitios Afectados por Emergencias Ambientales y Derrames, 2013).

### **Trapos o textiles, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos)**

En el país, el desecho de las aguas de lavado de utensilios impregnados con sustancias químicas como brochas, rodillos, y accesorios de compresores y máquinas airless al alcantarillado es una práctica muy común, a pesar de que son peligrosas y que el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del país es inexistente en la mayor parte del territorio. Por lo anterior, estas aguas residuales terminarían en el cuerpo receptor más cercano, ocasionando daños en la vida acuática, plantas y en los ecosistemas en general (EPA Victoria, 2005).

De igual manera si las aguas contaminadas son desechadas en botaderos clandestinos o con poco control pueden contaminar suelos y mantos acuíferos subterráneos y superficiales, ya que el agua de escorrentía puede lavar esas sustancias tóxicas e infiltrarse en el terreno o arrastrarlos hasta el cuerpo de agua superficial más próximo (EPA Victoria, 2005).

Otra práctica común en algunas construcciones, es la quema de estos materiales, principalmente mechas y trapos impregnados con solventes, pinturas y productos químicos de limpieza, con lo cual se liberan al ambiente sustancias tóxicas contenidas en los desechos (EPA, 2017b).

### **Tubos fluorescentes**

El principal problema con los tubos fluorescentes es su contenido de metales pesados y su escasa disposición como residuo peligroso.

Los tubos fluorescentes pueden contener los siguientes metales: aluminio, antimonio, arsénico, bario, cerio, cromo, galio, cobre, hierro, plomo, mercurio, níquel, fósforo, plata, tungsteno y zinc (Lim, Kang, Ogunseitan, & Schoenung, 2013).

Si bien es cierto, estos metales se encuentran en pequeñas cantidades en cada fluorescente, se debe tener en cuenta la gran cantidad de lámparas que se desechan anualmente, ya que estos en sumatoria terminan siendo cantidades significativas.

Los metales pesados de mayor importancia encontrados en los fluorescentes son el mercurio y el plomo (Taghipour, Amjad, Asghari, Gholampour, & Nowrouz, 2014). El mercurio, puede ser transformado en metilmercurio por bacterias sulfato reductoras presentes en los sedimentos, siendo esta la forma más tóxica en la que se puede encontrar al mercurio, el cual

puede ser bioacumulado y biomagnificado a través de la cadena trófica. El mercurio es tóxico aún en muy bajas cantidades y puede ocasionar daños en el sistema nervioso central, renal, reproductivo, inmunológico, cardiovascular, perjudica el desarrollo del feto y presenta genotoxicidad en animales, plantas y humanos. Además es tóxico tanto para los ecosistemas terrestres como los acuáticos (Hu & Cheng, 2012).

De igual manera, el plomo causa efectos en la salud de la persona expuesta, como anemia, aumento de la presión sanguínea, daño a los riñones, sistema nervioso, cerebro, baja en la fertilidad masculina, abortos, disminución en el aprendizaje de los niños y perturbación en el comportamiento. Además el plomo también puede ser acumulado por organismos acuáticos y del suelo, afectando su salud y pudiendo biomagnificarse (Lenntech, s.f).

La mayor parte de las emisiones se dan cuando el fluorescente es quebrado, ya sea en la construcción o durante el transporte hacia el sitio de disposición final.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

El método de recolección de los datos se llevó a cabo mediante información de fuentes secundarias (encuestas), entrevista, observaciones en sitios de construcciones y discusiones de grupo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

##### ➤ **Información de fuentes secundarias.**

Durante el desarrollo del proyecto “Guía para el manejo eficiente de materiales de la construcción” realizado por PhD. Lilliana Abarca-Guerrero y MSc. Ana Grettel Leandro Hernández junto con la Cámara Costarricense de la Construcción en el 2015, se realizaron 52 encuestas a empresas constructoras del país, de las cuales 30 fueron micro y pequeñas, 15 medianas y 7 grandes. De dichas encuestas se obtuvo información tanto de los residuos no peligrosos de la construcción como de los peligrosos y su respectivo manejo por parte de las empresas encuestadas. Los datos obtenidos fueron facilitados por las autoras del proyecto, para ser utilizados en un análisis más detallado sobre el manejo de los desechos peligrosos por parte de las empresas encuestadas (Abarca-Guerrero & Leandro-Hernandez, 2016).

##### ➤ **Visitas a sitios de construcción:**

Se seleccionaron dos empresas grandes, dos medianas y dos pequeñas, ubicadas en el Gran Área Metropolitana, para ser visitadas y entrevistar al encargado de la obra, con el objetivo de verificar los residuos peligrosos que se generan y el tipo de manejo que le dan. Sin embargo, durante el desarrollo de esta investigación no se logró la aprobación de ninguna empresa mediana para ser entrevistada.

Durante las visitas, se verificó, mediante una lista de chequeo, los residuos peligrosos identificados por PhD. Lilliana Abarca Guerrero y MSc. Ana Grettel Leandro Hernández, con los encontrados en el sitio (Ver Anexo 2).

Además, se preparó un cuestionario, en donde se le preguntó al encargado de la empresa visitada, las siguientes preguntas:

- ¿Tiene la empresa un plan de manejo para los residuos peligrosos?

- Antes de la encuesta, ¿conocía usted cuáles eran los residuos peligrosos de la construcción?
- ¿Separa los residuos peligrosos?
- En el caso de los residuos botados, ¿Conoce de empresas que traten los residuos mencionados anteriormente?
- En caso de que hubiera una empresa que recogiera los residuos. ¿Está dispuesto a alistar el material para que se lo lleven?
- ¿Pagaría por este servicio?

➤ **Entrevista:**

Se entrevistó a Arturo Navarro Zúñiga, el cual tiene 15 años de experiencia en la venta de materiales para la construcción. La entrevista consistió en encontrar cuales eran los materiales más comunes que se utilizan en las construcciones del país.

➤ **Discusión con expertos:**

Se realizó una reunión con 50 expertos en ingeniería en construcción, ingeniería civil y arquitectos, donde se les expusieron los resultados obtenidos, con respecto a los residuos peligrosos encontrados en la construcción de edificaciones en Costa Rica. Además, los datos se encuentran a disposición del sector en la página electrónica de la Cámara de la Construcción.

### 3.2 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de las encuestas se pretendían evaluar estadísticamente, dividiendo las empresas de acuerdo a su tamaño (grande, medianas y pequeñas) y determinando si había diferencia significativa entre la gestión que daban a los residuos las empresas de acuerdo a su tamaño. Sin embargo, el tamaño de muestra, no era lo suficientemente grande para poder realizar este análisis. Por lo tanto, se decidió tomar todas las encuestas como una sola muestra y tratarla estadísticamente y así determinar cuáles son los residuos que la mayoría de las empresas generan, reutilizan, recuperan para el reciclaje y botan.

Utilizando la prueba de Tukey, que permite realizar múltiples comparaciones entre proporciones; se comparó el residuo con un porcentaje mayor, (de generación, recuperación para el reciclaje, reutilización o disposición final) contra el resto de los residuos, con lo cual se determinó si había una diferencia significativa entre la gestión de ese residuo respecto a los demás. De esta manera se determinó cuáles son los residuos peligrosos de la construcción más problemáticos en el país en términos de cantidad de empresas que los generan y gestionan inadecuadamente.

El programa estadístico utilizado para esta prueba fue Minitab 17.1.0.

El resultado completo de este análisis se encuentra en el Anexo 1.

### 3.3 REVISIÓN DE LITERATURA

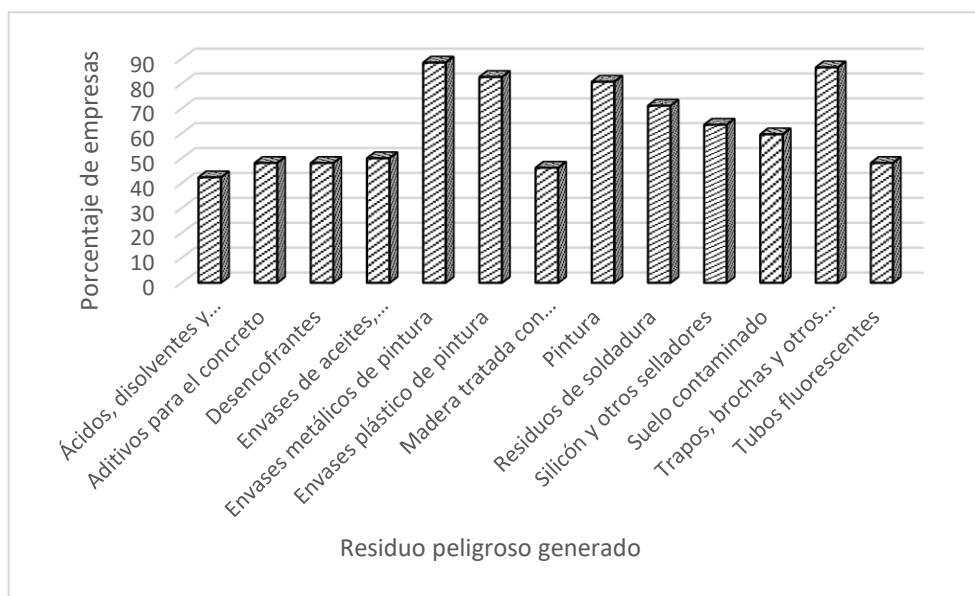
Para lograr analizar los impactos ambientales asociados a cada uno de los residuos peligrosos de la construcción, así como para formular la guía de buenas prácticas, se necesitó consultar diferentes fuentes bibliográficas, entre ellas se puede mencionar: artículos científicos, páginas web de departamentos gubernamentales y no gubernamentales de diferentes países relacionados con temas ambientales, así como fichas técnicas y de seguridad de los productos analizados.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ESTADO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA

#### 4.1.1 Generación de residuos

La figura 4.1 muestra la cantidad de empresas que generan cada uno de los residuos peligrosos. De esta manera se puede observar que el envase metálico de pintura, fue el residuo que más empresas generan, pues fue identificado en el 88% de las empresas encuestadas. Se puede apreciar que en más del 50% de las empresas se generan: silicón y otros selladores, residuos de soldadura, pintura y sus envases plásticos y metálicos, trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos y el suelo contaminado.



**Figura 4.1. Residuos peligrosos generados en la construcción**

Al comparar estadísticamente la cantidad de empresas que generan los envases metálicos de pintura con las empresas que generan los residuos peligrosos identificados en más del 50% de las empresas, se encontró que no existe diferencia significativa entre ellas. Por lo anterior se puede concluir que los residuos identificados en más del 50% de las construcciones del país son los más problemáticos, ya que la mayoría de las empresas los generan, indistintamente si son pequeñas, medianas o grandes. Los demás residuos sí presentan una diferencia significativa, siendo entonces menos probables de encontrar en cualquier construcción.

El cuadro 4.1 muestra los resultados obtenidos del tratamiento estadístico realizado

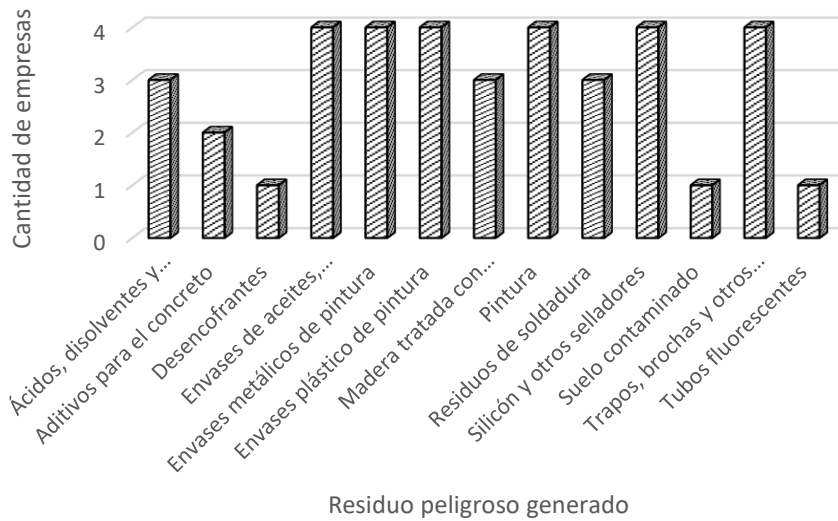
**Cuadro 4.1. Comparación entre la generación del envase de pintura vs. los otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.**

Residuo peligroso	Prueba de Tukey
Ácidos, disolventes y detergentes	Hay diferencia significativa
Madera tratada con compuestos químicos	Hay diferencia significativa
Tubos fluorescentes	Hay diferencia significativa
Desencofrantes	Hay diferencia significativa
Aditivos para el concreto	Hay diferencia significativa
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles	Hay diferencia significativa
Suelo contaminado	No hay diferencia significativa

**Continuación del cuadro 4.1**

<b>Residuo peligroso</b>	<b>Prueba de Tukey</b>
Silicón y otros selladores	No hay diferencia significativa
Residuos de soldadura	No hay diferencia significativa
Pintura	No hay diferencia significativa
Envases plásticos de pintura	No hay diferencia significativa
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de productos y equipos)	No hay diferencia significativa

Durante las visitas al campo, se corroboró que en la mayoría de las empresas se producen casi todos los residuos peligrosos identificados. Los desencofrantes, el suelo contaminado y los tubos fluorescentes fueron la excepción, ya que en tres de las cuatro visitas realizadas no se utilizan estos productos, por consiguiente no se generan estos residuos. La figura 4.2 muestra dichos resultados.



**Figura 4.2. Residuos peligrosos identificados durante las visitas al sitio**

**4.1.2 Reutilización de los residuos peligrosos**

La pintura es el residuo que más empresas reutilizan en el país. Sin embargo, se puede observar en la figura 4.3 que las empresas que reutilizan cada uno de los residuos peligrosos de la construcción es menor al 40%.

Comparando la cantidad de empresas que reutilizan la pintura con las que reutilizan los demás residuos (ver cuadro 4.2), se encontró que son igualmente reutilizados: los aditivos para el concreto, silicón y otros selladores, envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos



y combustibles, madera tratada con compuestos químicos, desencofrantes, trapos, brochas, otros utensilios impregnados con sustancias químicas, así como los envases plásticos y metálicos de pintura.

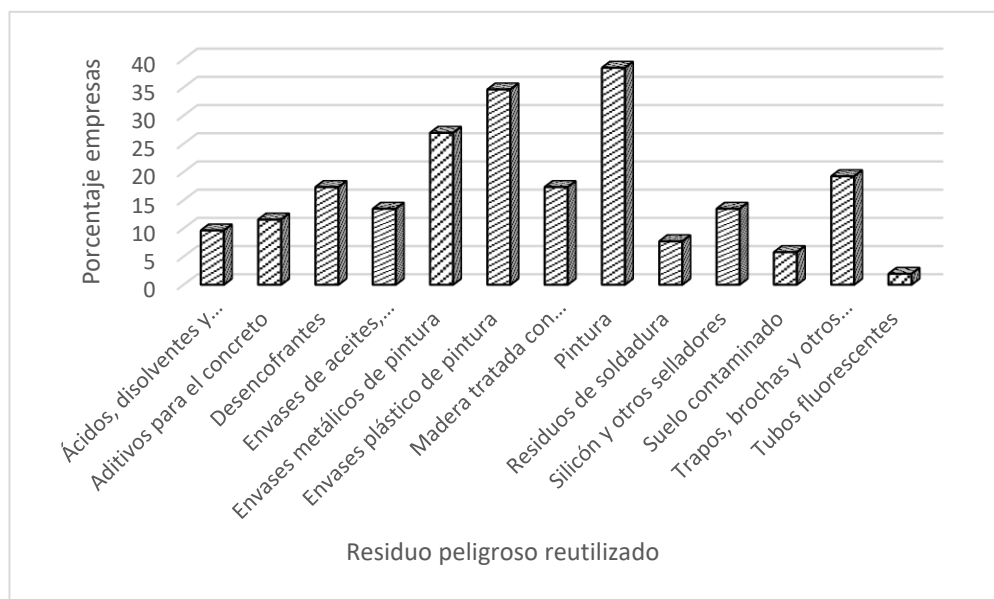


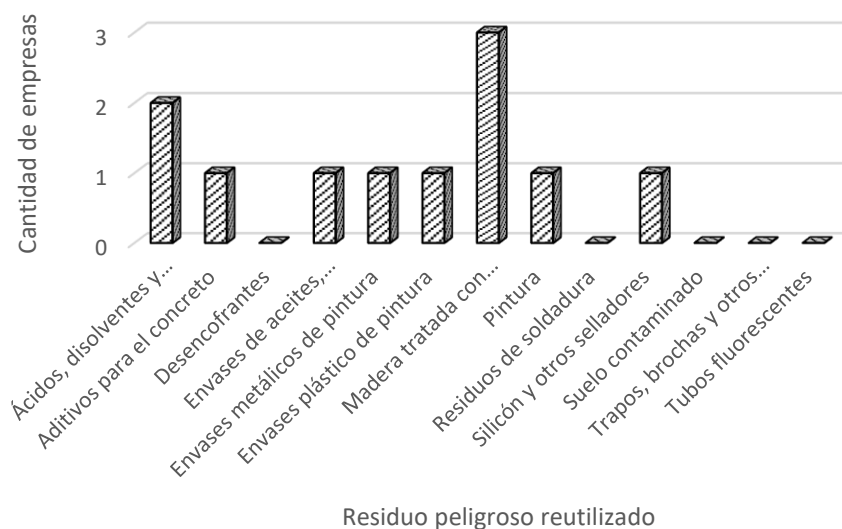
Figura 4.3. Residuos peligrosos reutilizados en la construcción

Cuadro 4.2. Comparación entre los residuos de pintura reutilizados vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.

Residuo peligroso	Prueba de Tukey
Tubos fluorescentes	Hay diferencia significativa
Suelo contaminado	Hay diferencia significativa
Residuos de soldadura	Hay diferencia significativa
Ácidos, disolventes y detergentes	Hay diferencia significativa
Aditivos para el concreto	No hay diferencia significativa
Silicón y otros selladores	No hay diferencia significativa
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles	No hay diferencia significativa
Madera tratada con compuestos químicos	No hay diferencia significativa
Desencofrantes	No hay diferencia significativa
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de productos y equipos)	No hay diferencia significativa
Envases metálicos de pintura	No hay diferencia significativa
Envases plásticos de pintura	No hay diferencia significativa

Durante las cuatro visitas al campo se determinó que los residuos que son reutilizados por la mayoría de las empresas son los ácidos, disolventes y detergentes y madera tratada con compuestos químicos.

Usualmente los residuos se reutilizan por la misma empresa en otros proyectos. En otros casos, los residuos como los recipientes de pinturas son reutilizados en la empresa para otros fines; muchas veces las cubetas de pintura las usan para acarrear mezcla de cemento, bondex, agua, escombros, basura, entre otros. Incluso se indicó que algunas veces se regalan o venden a personas que se acercan a la construcción a pedirlos, pues son muy útiles en labores domésticas. Además, muchas veces la madera tratada que se utiliza como formaleta es reutilizada hasta que deje de ser funcional.



**Figura 4.4. Residuos peligrosos reutilizados en las empresas visitadas**

### 4.1.3 Recuperación para el reciclaje de los residuos peligrosos

Los residuos peligrosos de la construcción son recuperados para el reciclaje en menos del 35% de las empresas, y para la mayoría de los residuos este número se reduce a menos del 20%, como se aprecia en la figura 4.5.

El residuo que más empresas recuperan para el reciclaje es el envase metálico de pintura. Se expone en el cuadro 4.3, que no existe diferencia significativa entre las empresas que recuperan para el reciclaje estos envases, con las que recuperan para el reciclaje: la pintura,

envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles y los envases plásticos de pintura, siendo entonces estos los residuos peligrosos de la construcción que más empresas en el país aprovechan para el reciclaje.

Los demás residuos se recuperan para el reciclaje en una escala mucho menor.



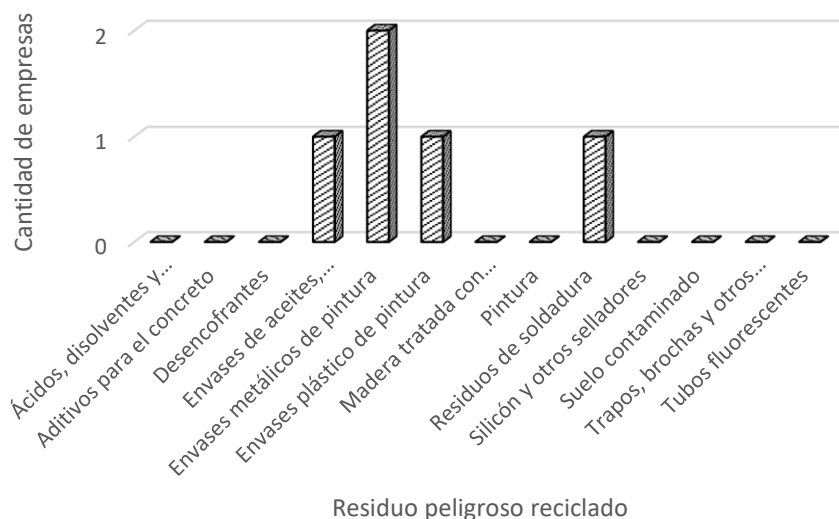
**Figura 4.5. Residuos peligrosos recuperados para el reciclaje en la construcción**

**Cuadro 4.3. Comparación entre la recuperación para el reciclaje del envase de pintura vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos**

Residuo peligroso	Prueba de Tukey
Suelo contaminado	Hay diferencia significativa
Silicón y otros selladores	Hay diferencia significativa
Madera tratada con compuestos químicos	Hay diferencia significativa
Ácidos, disolventes y detergentes	Hay diferencia significativa
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de productos y equipos)	Hay diferencia significativa
Desencofrantes	Hay diferencia significativa
Aditivos para el concreto	Hay diferencia significativa
Tubos fluorescentes	Hay diferencia significativa
Residuos de soldadura	Hay diferencia significativa
Pintura	No hay diferencia significativa
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles	No hay diferencia significativa
Envases plásticos pintura	No hay diferencia significativa

De las visitas al campo se evidenció que los únicos materiales que algunas empresas recuperan para el reciclaje son los envases de aceites, lubricantes y líquidos de frenos, los recipientes metálicos y plásticos de pintura y los residuos de soldadura.

La figura 4.6 muestra los resultados obtenidos en el campo, tras preguntar sobre la recuperación para el reciclaje de los residuos peligrosos.



**Figura 4.6. Residuos peligrosos reciclados en las empresas visitadas**

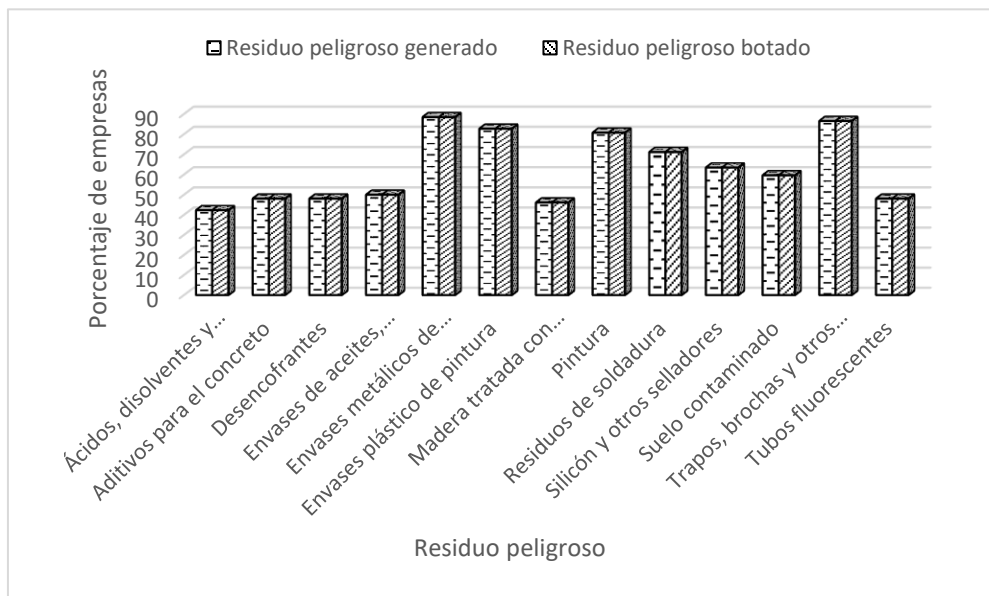
La única persona que respondió que se recuperan para el reciclaje los residuos de soldadura indica que todos los cabos de angular de las estructuras se mezclan con los residuos que quedan de la soldadura y así es como lo mandan al centro de acopio.

Todos los demás residuos no se recuperan para el reciclaje, aunque pueden ser aprovechados los envases de: ácidos, disolventes, detergentes, aditivos para el concreto, desencofrantes y además los tubos fluorescentes (latón y aluminio).

#### **4.1.4 Disposición final de los residuos peligrosos**

La figura 4.7 muestra que la totalidad de empresas que generan los residuos peligrosos de la construcción es la misma que desechan dichos residuos. Es decir, a pesar de que algunas empresas recuperan para el reciclaje y reutilizan algunos materiales, también desechan un porcentaje de ellos junto con el resto de lo que consideran basura. Se evidencia entonces, que

no existe una sola empresa encuestada que trate adecuadamente la totalidad del residuo generado.



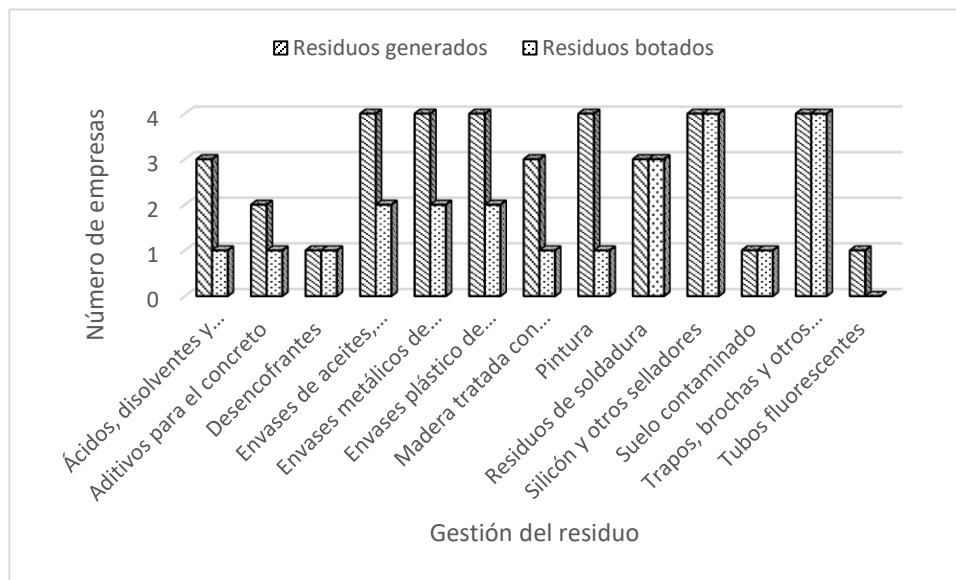
**Figura 4.7. Comparación entre los residuos peligrosos generados y botados**

Se aprecia, además, que el residuo que más empresas disponen junto con los residuos ordinarios son los envases metálicos de pintura. Se encontró (ver cuadro 4.4) que de igual manera se desechan: los residuos de silicones y selladores, soldadura, pintura y sus envases plásticos, los trapos y otros utensilios impregnados con compuestos químicos y el suelo contaminado. Se puede considerar que estos son los residuos más problemáticos del país, ya que se disponen inadecuadamente por parte de la mayoría de las empresas constructoras.

De las visitas al campo se observó que los residuos que se desechan en la misma proporción que se producen son: los residuos de soldadura, los silicones y otros selladores y los trapos, brochas y otros utensilios impregnados con compuestos químicos. La figura 4.8 muestra la cantidad de empresas visitadas que generan los residuos peligrosos y que los disponen junto con los residuos ordinarios.

**Cuadro 4.4. Comparación entre el envase metálico de pintura desechado vs otros residuos peligrosos y la diferencia significativa entre ellos.**

<b>Residuo peligroso</b>	<b>Prueba de Tukey</b>
Ácidos, disolventes y detergentes	Hay diferencia significativa
Madera tratada con compuestos químicos	Hay diferencia significativa
Tubos fluorescentes	Hay diferencia significativa
Desencofrantes	Hay diferencia significativa
Aditivos para el concreto	Hay diferencia significativa
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles	Hay diferencia significativa
Suelo contaminado	No hay diferencia significativa
Silicón y otros selladores	No hay diferencia significativa
Residuos de soldadura	No hay diferencia significativa
Pintura	No hay diferencia significativa
Envases plásticos de pintura	No hay diferencia significativa
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de productos y equipos)	No hay diferencia significativa



**Figura 4.8. Comparación entre los residuos peligrosos generados y botados en las empresas visitadas**

Además, existen empresas que queman algunos residuos peligrosos. No se consultó formalmente en la entrevista, ya que la ley prohíbe la quema de todo tipo de residuos, sin embargo, algunas de las personas entrevistadas comentaron que se queman en el sitio residuos como los envases de ácidos, de disolventes y los trapos impregnados con compuestos químicos.

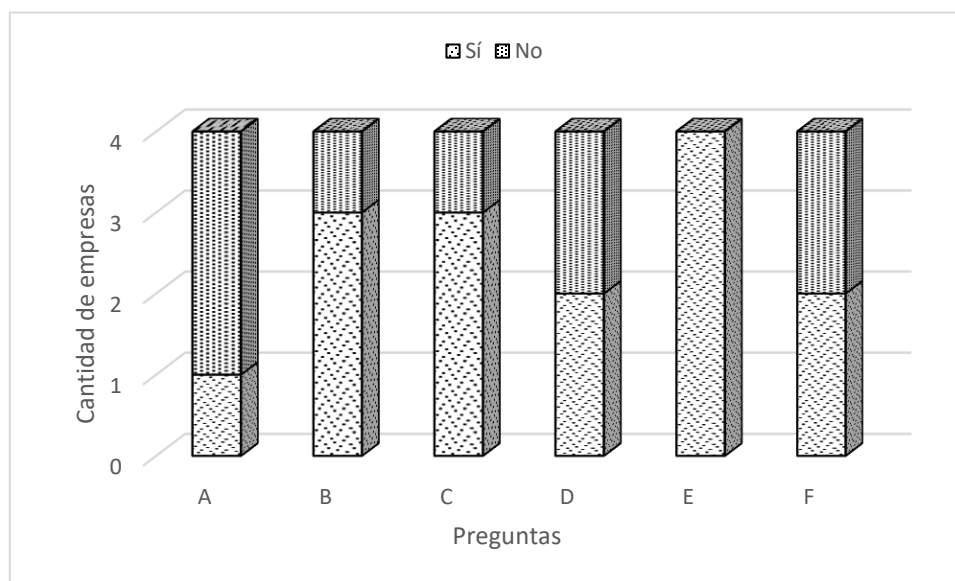
#### 4.1.5 Otros datos importantes

Del cuestionario aplicado en las visitas al sitio se obtuvo información importante sobre el manejo que se le dan a los residuos peligrosos en la construcción.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

- A ¿Tiene la empresa un plan de manejo para los residuos peligrosos?
- B Antes de la encuesta, ¿Conocía cuáles eran los residuos de la construcción son peligrosos?
- C ¿Separa los residuos peligrosos?
- D En el caso de los residuos botados, ¿Conoce de empresas que traten los residuos mencionados anteriormente?
- E En caso de que hubiera una empresa que recogiera los residuos ¿Está dispuesto a alistar el material para que se lo lleven?
- F ¿Pagaría por este servicio?

La figura 4.9 muestra la cantidad de empresas que respondieron negativa o afirmativamente a cada pregunta planteada.



**Figura 4.9. Respuestas a preguntas sobre el manejo de los residuos peligrosos en la construcción**

La mayoría de las empresas encuestadas no cuenta con un plan de gestión para los residuos peligrosos que se generan en sus actividades, a pesar de que la mayoría conocía cuáles eran los residuos que se consideran peligrosos. La única empresa que contaba con plan era una de

las empresas grandes a las que se pudo entrevistar. Dicha constructora separaba todos sus residuos y contrataba los servicios de gestores autorizados para tratarlos adecuadamente.

Las dos empresas pequeñas encuestadas no cuentan con plan de gestión para residuos peligrosos, no obstante, los separan. Sin embargo, no trata estos residuos con gestores autorizados. Las personas encuestadas mencionaron que los envases de pintura los recoge una chatarrera local. Algunas veces los envases de pintura son regalados a vecinos que se acercan a pedirlos, así como la madera impregnada con compuestos químicos ya que es usada como combustible en sus cocinas. Además, señalaron que, si nadie pide la madera, es quemadas en el sitio junto con los envases de disolventes y las mechas impregnadas con compuesto químicos.

La mitad de las empresas encuestadas conoce de otras empresas que tratan los residuos peligrosos, sin embargo, la otra mitad no.

Finalmente, todas las empresas consultadas respondieron que prepararían los residuos en caso de que una empresa gestora pasara a recoger el material, sin embargo, las empresas pequeñas respondieron que no pagarían por este servicio.

#### **4.1.6 Potencial afectación de los residuos peligrosos de la construcción en Costa Rica**

La Cámara de Comercio reportó en el 2016, la existencia de 4119 empresas constructoras en el país, de las cuales el 92% de ellas eran micro y pequeñas empresas (J. Chaves, comunicación personal, 27 de octubre del 2017). Durante el presente estudio se determinó que en ninguna de las empresas encuestadas se gestiona adecuadamente la totalidad de los residuos generados y solamente una de las empresas consultadas (empresa grande) cuenta con plan de gestión para los residuos peligrosos. Suponiendo que esta es la realidad en el resto de las empresas, se puede evidenciar la problemática, ya que la mayoría de los residuos peligrosos que se generan en las construcciones del país son gestionados inadecuadamente. Esta situación muestra la potencial afectación en la calidad de agua, aire, suelo, pudiendo afectar negativamente flora, fauna e incluso la salud.

El cuadro 4.5 muestra el o los recursos que podría afectar la inadecuada disposición de cada uno de los residuos peligrosos identificados.



**Cuadro 4.5. Potencial matriz impactada por cada residuo peligroso gestionado inadecuadamente.**

<b>Residuo Peligroso identificado/ Matriz</b>	<b>Agua</b>	<b>Aire</b>	<b>Suelo</b>
Ácidos	X		
Disolventes	X	X	
Detergentes	X		
Aditivos para el concreto	X		
Desencofrantes	X	X	X
Aceite	X		X
Lubricantes	X		X
Líquido de frenos	X		X
Combustibles	X	X	X
Pintura	X	X	
Madera tratada con compuestos químicos	X	X	X
Residuos de soldadura	X		X
Silicón y otros selladores	X		
Suelo contaminado	X		X
Utensilios que contienen productos químicos	X	X	X
Tubos fluorescentes	X		

Se aprecia que cada uno de los residuos peligrosos generados tienen asociado al menos un impacto ambiental que compromete la calidad del agua, aire o suelo. Sin embargo, todos, impactan negativamente la calidad del agua, siendo esta la matriz que se encuentra en mayor riesgo debido a la potencial contaminación por los residuos peligrosos de la construcción gestionados inadecuadamente en el país.

#### 4.2 BUENAS PRACTICAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Las buenas prácticas en la construcción y la gestión adecuada de los productos y residuos peligrosos le generará a la empresa una imagen amigable con el ambiente y una reducción en los costos, ya que se reducirá la cantidad de material que tendrá que adquirir y tendrá menos residuos que tratar (Leandro-Hernández, 2008).

Para ello se debe tener en consideración los siguientes aspectos:

- En primera instancia, se debe disminuir el uso de sustancias tóxicas y en la medida de lo posible reemplazarlas por otras menos contaminantes, idealmente amigables con el ambiente (Tribunal Ambiental Administrativo, 2010).
- Los materiales que se consideren peligrosos deben ser almacenados en un lugar aparte, fuera del alcance del tráfico de la obra, en una zona techada, protegido de la lluvia y de la humedad, cerrada, con acceso restringido y se debe llevar un control de las sustancias que entran y salen (Tribunal Ambiental Administrativo, 2010). Además deberá disponer de áreas separadas para materiales que sean incompatibles, poseer buena ventilación, pisos impermeables y resistentes, no deberá tener conexiones a la red de drenaje, a su vez deberá contar con un sistema de recolección de líquidos contaminados, suficiente espacio que permita la correcta circulación de los operarios, salidas de emergencia y todas las precauciones de salud ocupacional debidas para resguardar la seguridad de los operarios (Martínez, 2005).
- Los productos deben estar debidamente rotulados, sellados, en recipientes en buen estado y con medidas de prevención ante derrames (Tribunal Ambiental Administrativo, 2010).
- Considerar las especificaciones que el fabricante recomiende para evitar que el producto se estropee y genere de esta manera un residuo innecesario (Tribunal Ambiental Administrativo, 2010).
- Optimizar los materiales, limitando y controlando su uso. Se recomienda eliminar el empleo de técnicas de las cuales se generen gran cantidad de residuos y a su vez proponer alternativas que contribuyan a la minimización de ellos en la obra constructiva. Se debe incorporar el uso de residuos de construcciones anteriores que se puedan reutilizar (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).

**Una vez generado el residuo:**

- Nunca mezclar los residuos peligrosos con los no peligrosos, pues de esta manera se vuelve peligroso todo el lote (EPA, 2003).
- Se debe separar y almacenar en recipientes en buen estado que impida derrames y pérdidas por evaporación en los casos que amerite, además debe estar debidamente rotulado con el código del residuo, símbolo correspondiente (usualmente rombo de

seguridad del NFPA), nombre, dirección, teléfono del titular de los residuos y fecha en la que se llenó el contenedor del residuo (Díaz & Ruggeri, 2009). La bodega para residuos debe encontrarse separada del tránsito de la construcción y contar con las especificaciones antes mencionadas para el resguardo de las sustancias peligrosas (Martínez, 2005).

- Todos los residuos que se produzcan en la construcción deben ser separados de manera que se facilite la reutilización y la recuperación para el reciclaje del mismo. Se debe tener en cuenta que todos los residuos se almacenan por separado y en el momento de su generación, con el fin de agilizar el proceso de selección de los materiales valorizables y de aprovechar la mayor cantidad, ya que al estar revueltos se pueden llegar a dañar algunos residuos valorizables (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
- Inspeccionar al menos una vez a la semana el estado de los contenedores de los residuos peligrosos en busca de daños y en caso de ser necesario reemplazarlo (EPA, 2003).
- Se debe contar con información clara y debidamente rotulada sobre el manejo de los productos y residuos peligrosos en el área de trabajo (Díaz & Ruggeri, 2009).
- Contar además con un protocolo de manejo y prevención de la contaminación en caso de derrames (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
- La capacitación del personal involucrado en la generación y gestión de los residuos es de crucial importancia para el éxito de las buenas prácticas en la construcción. Se debe comprobar que todas las partes interesadas, incluyendo los subcontratistas conozcan y cumplan sus obligaciones para llevar a cabo la metodología que tiene la empresa para mitigar los impactos ambientales de su actividad (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
- Tanto el generador, transportista como el que le dará tratamiento final al residuo peligroso, deberán asegurar que estos se transporten de manera segura y adecuada hacia su destino final (Martínez, 2005).
- Nunca quemar los residuos, ya que estos pueden generar vapores tóxicos debido a las sustancias peligrosas que contienen (Díaz & Ruggeri, 2009).
- No verter ningún residuo peligroso en el alcantarillado (Díaz & Ruggeri, 2009).

### **Consideraciones especiales:**

- No todos los residuos son compatibles entre sí. Para ello se deben considerar las especificaciones de la hoja de seguridad de cada producto. La cual en su sección 7 (manipulación y almacenamiento) muestra los productos químicos incompatibles, que al mezclarse o entrar en contacto con la sustancia, puede llegar a producir calor, fuego, humos, gases tóxicos o inflamables, entre otras. De igual manera en dicha sección se deberá consultar en qué recipiente es más adecuado almacenar el producto (Martínez, 2005).
- Se recomienda recoger las escorias y demás residuos generados del proceso de soldadura y evitar mezclar estos con el resto de los residuos inertes del proceso (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
- No se deben enjugar envases que hayan contenido sustancias peligrosas sino se tiene un sistema de tratamiento que pueda tratar esas aguas (“Guía de buenas prácticas medioambientales para carpinterías de madera”, 2007).
- Los restos de pintura de color claro se pueden utilizar como base de color para otros proyectos (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
- Si las pinturas no se pueden reutilizar en la misma construcción o en algún proyecto próximo se pueden donar, como parte de la responsabilidad social de la empresa a instituciones o particulares que necesiten renovar la pintura de sus instalaciones o casas (Dirección General de Medio Ambiente, 2000a).
- Para pintar de una manera más amigable con el ambiente, se recomienda tomar las siguientes medidas:
  - No preparar más pintura de la necesaria. En dado caso, se debe devolver la mayor cantidad de pintura de los rodillos y demás herramientas al recipiente y sellarlo adecuadamente.
  - Limpiar las herramientas y recipientes con un material absorbente como periódicos o trapos viejos y dejar secar, para luego disponerlos como residuo peligroso (W. Zavala, 26 de setiembre de 2017).

- Por ningún motivo ni la pintura ni las aguas residuales provenientes de los lavados de herramientas utilizadas en el proceso deben entrar al sistema de agua pluviales.
- Las aguas de lavado de las herramientas deben ser almacenadas en un contenedor para su posterior tratamiento.
- Una vez que se han limpiado los excesos de las herramientas, se deben terminar de limpiar de la siguiente manera: si la pintura es de agua, se deben tener dos recipientes, uno para limpiar y el otro para enjuagar. El agua del segundo contenedor puede ser reutilizada. El agua de estos recipientes debe ser tratada como residuo peligroso. Si la pintura es de aceite se debe bañar varias veces la herramienta en el solvente adecuado hasta que se limpie. Este solvente puede ser utilizado hasta que se sature de pintura. El solvente con pintura puede ser filtrado y debe ser almacenado en un recipiente debidamente tapado y con la etiqueta respectiva. Una vez que ya no pueda ser reutilizado debe ser tratado como residuo peligroso.
- Cuando se haya terminado toda la pintura del contenedor, se recomienda limpiar las paredes internas con papel periódico o trapos viejos y dejar secar antes de disponer como residuo peligroso. Los recipientes limpios pueden ser reutilizados en la construcción y si no se le encuentra uso deberán ser recuperados para el reciclaje.
  - Se debe procurar que los tubos fluorescentes no se rompan, ya que al hacerlo liberan mercurio y otras sustancias tóxicas. Para que estos puedan ser aprovechados para el reciclaje y el mercurio recuperado, el residuo no debe estar quebrado. (Dirección General de Medio Ambiente, 2000b).
  - Se deben separar las tierras que han sido expuestas a contaminantes de las que no lo han sido (Díaz & Ruggeri, 2009).

**Consideraciones básicas en caso de derrame:**

1. Si cuenta con el material absorbente necesario in situ, rodee con este material para prevenir que el derrame se extienda.
2. Evitar que el derrame llegue a cursos de agua y alcantarillados.

3. En caso de que lo requiera, extinguir las llamas.
4. Evacuar el área.
5. Utilizar el kit de respuesta ante derrames.
6. Conseguir y leer la hoja de seguridad del producto derramado con el fin de conocer alguna especificación adicional sobre la manera de controlar el derrame.
7. Cubra el área del derrame con el material absorbente de afuera hacia adentro.
8. Termine de limpiar el residuo con herramientas a prueba de chispas, en el caso de que el material derramado fuera inflamable y deposite el residuo en un contenedor de plástico debidamente etiquetado.
9. Trate el residuo peligroso adecuadamente con un gestor autorizado.
10. Termine de limpiar el área con agua y jabón (University of the Fraser Valley, 2014).

En caso que el derrame no pueda ser contenido satisfactoriamente en el sitio o si se determina que la concentración de la sustancia derramada excede los valores preventivos establecidos en el Decreto 37757, se debe notificar inmediatamente al Ministerio de Salud y simultáneamente al Sistema de Emergencias 9-1-1 (Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2013).

#### 4.3 MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN COSTA RICA

En el país todo generador, gestor y transportista de residuos peligrosos debe estar inscrito ante el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP) para gestionar adecuadamente todos los residuos peligrosos que son generados en el país. Esta herramienta fue creada por el Ministerio de Ambiente y Energía y el Ministerio de Salud con el fin de ejercer control sobre el manejo de los residuos peligrosos.

Cada empresa deberá inscribir ante SIGREP el residuo peligroso a gestionar bajo el código que más se ajuste según el decreto 37788.

En el cuadro 4.5 se muestran las empresas autorizadas ante SIGREP para gestionar los residuos peligrosos de la construcción.

**Cuadro 4.6. Listado de gestores autorizados por SIGREP**

<b>Residuo Peligroso</b>	<b>Empresa Gestora</b>
Ácidos	Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.
	Fortech Química S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
	Greco Chemical Industrial S.A.
Disolventes	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	CEMEX
	Corporación FDC Técnica Industrial S.A.
	Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.
	FORTECH QUIMICA S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
	Greco Chemical Industrial S.A.
	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	Recicladora química Flexografica.sa
	Recuperadora Biológica de Solventes S.A
MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.	
SUR Química S.A	

Continuación del Cuadro 4.6.

<b>Residuo Peligroso</b>	<b>Empresa Gestora</b>
Detergentes	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
Aceites	Cemex
	Eco Trading S.A.
	Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.
	Distribuidora IONICS de Centroamérica, S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
Lubricantes	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	Cemex
	Distribuidora IONICS de Centroamérica, S.A.
	Eco Trading S.A.
	Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.
	Lubricantes Next Gen LNG, SRL
	Mohs Oil Company S.A.
	Fortech QUIMICA S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.	
Líquido de frenos	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
Combustibles	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	Cemex
	Eco Trading S.A.
	Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
Envases metálicos de pintura	Recicladora y Maquila HyO SA
	MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.
	Cemex
	MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.
	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
Envases plásticos de pintura	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
	SUR Química S.A
	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.
Pintura	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.
	GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.
	Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
	SUR Química S.A
	MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.
	Fortech Quimica S.A.



Continuación del Cuadro 4.6.

<b>Residuo Peligroso</b>	<b>Empresa gestora</b>
Aguas Residuales del proceso de pintado	SUR Química S.A Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A. Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
Silicón y otros selladores	Cemex Fortech Química S.A. Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A. Wastech Tecnología en Manejo de Residuos Greco Chemical Industrial S.A. SUR Química S.A
Suelo contaminado	Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A. Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos)	Cemex Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A. MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A. Fortech Química S.A. Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A. GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A. Wastech Tecnología en Manejo de Residuos
Tubos fluorescentes	CYMAP S.A Campos y Muñoz Asesores Profesionales SA MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A. Recuperadora Biológica de Solventes S.A SOLIRSA Soluciones Integrales en Reciclaje SA Fortech Química S.A. Geep Costa Rica SRL Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A. GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A. Recicladora y Maquila HyO SA Wastech Tecnología en Manejo de Residuos

Se encontró que no existen en el país empresas autorizadas para gestionar los residuos de soldadura como cabos de electrodos o electrodos dañados. Sin embargo, empresas como Wastech, Geep, GQS, estarían dispuestos a evaluar la posibilidad de gestionar este residuo si hubiera una oportunidad de mercado.

El cuadro 4.6 muestra el contacto de cada una de las empresas gestoras autorizadas por SIGREP.

**Cuadro 4.7. Contactos de empresas gestoras autorizadas en el SIGREP**

<b>Empresa</b>	<b>Contactos</b>	<b>Dirección</b>
CEMEX	Teléfono: 2201-2000 Correo: jorgehernan.salazar@cemex.com	Carretera el puente la amistad, 27 kilómetros al oeste del restaurante 3 Hermanas

**Continuación del Cuadro 4.7.**

<b>Empresa</b>	<b>Contactos</b>	<b>Dirección</b>
Distribuidora IONICS de Centroamérica, S.A. *	Teléfono: 2279-4430 Correo: sergio.diaz@ionicscr.com	De la plaza de deportes, 1km al oeste y 50 metros al sur, San Diego, Tres Ríos, Cartago
Corporación FDC Técnica Industrial S.A.	Teléfono: 22916212 Correo: donaldo.romero@fdcsales.com	De La Pozuelo 300 N, 100 E y 100 N, detrás de Comeca. Ofibodegas San Marino local #6
CYMAPSA Campos Muñoz Asesores Profesionales SA	Teléfono: 88362284 Correo: cymapsa@ice.co.cr	220 m Oeste del templo católico de Mercedes Norte
ECO TRADING S.A.	Teléfono: 25373264 Correo: mcruz@ecotradingcr.com	Alto de Ochomogo, Frente a RECOPE, 250 al ESTE, 25 Sur y 800 Oeste de la Casa del Tanque
Ecoway dos cuarenta y tres Internacional S.A.	Teléfono: 87079874 - 22652486 Correo: carlos.rincon@ecowaycr.com	Tacacorí de Alajuela, Calle Loría. 75 mts oeste de Tios Bar.
FORTECH QUIMICA S.A.	Teléfono: 25720078 Correo: mnunez@fortech.cr	San Nicolás, La Lima, 150 m al Sur de Pequeño Mundo
GEEP COSTA RICA SRL	Teléfono: 22019595 Correo: aarce@geepglobal.com	Complejo Industrial Z Edificio C, 150 m norte de Parque Industrial, Provincia de Cartago
GQS Multiservicios Ecológicos Nacionales S.A.	Teléfono: 2451-4635 Correo: asantamaria@multieco.cr	800 m sur del peaje de Naranja
GRECO CHEMICAL INDUSTRIAL S.A.	Teléfono: 8844-2774 , 22781179 Correo: info@grecochemical.com	200 m oeste de la estación de pesaje del MOPT, Cartago
LUBRICANTES NEXT GEN LNG, SRL	Teléfono: 47019683 Correo: andrea.mata@osdconsultores.com	350 Este y 50 Norte de Migración y extranjería San José
MADISA Manejo de Desechos Industriales S.A.	Teléfono: 25375027 Correo: mwong@madisa.cr	Alto de Ochomogo, contiguo a Transmerquim
MOHS OIL COMPANY S.A	Teléfono: 22711722 Correo: mohsoilcompany@racsa.co.cr	Limón, 500 mts este del Riteve, Liverpool
Recicladora y Maquila HyO SA	Teléfono: 8363-38-05 Correo: maquilahyo@gmail.com	San Rafael de Alajuela, 500 metros sur del matadero de Pipassa
Recuperadora Biológica de Solventes S.A	Teléfono: 25373900 Correo: info@rebiosol.com	Cartago, San Nicolás, Ochomogo 100 metros al oeste de la Fabrica Larissa
Servicios Ambientales Geocycle SAG S.A.	Teléfono: 25508276 Correo: lorena.campos@geocycle.com	Lourdes Aguacaliente, 4 km al sur de los tribunales de Cartago
SOLIRSA Soluciones Integrales en Reciclaje SA	Teléfono: 22960086 Correo: gerencia@solirsa.com	De Ferretería Capris, 400 metros norte, 75 metros oeste. Av 45, San José
SUR QUIMICA S.A.**	Teléfono: 22113827 Correo: scervantes.r@gruposur.com	Calle 38 contiguo a cementerio de la Uruca


Empresa	Contactos	Dirección
Wastech Tecnología Manejo de Residuos	Teléfono: 22837595 Correo: diego.mena@osdconsultores.com	100 metros sur y 100 metros suroeste del servicentro el Guarco

\*Sólo gestiona residuos IONICS \*\* Recibe gratis los residuos de sus clientes y cobra por recibir los residuos de productos que no poseen su marca

### 4.3.1 Inscripciones ante SIGREP

Para inscribirse como empresa generadora ante SIGREP, es necesario ingresar al siguiente enlace [http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario\\_crear\\_solicitud.php](http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario_crear_solicitud.php) y llenar los espacios requeridos. Una vez completados, se deben guardar los datos. El SIGREP le enviará al correo suministrado una clave y una contraseña. Con estos datos debe ingresar a [http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario\\_login.php](http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario_login.php) e iniciar sesión. Seguidamente subir la patente municipal y el permiso sanitario de funcionamiento al día. De esta manera se queda inscrito como empresa generadora.

El primer paso para poder inscribir el residuo peligroso es contar con la ficha de emergencia para transporte de residuos peligrosos. La plantilla y la guía de llenado de esta ficha se puede encontrar en el siguiente enlace: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/tramites-ms/transporte-de-materiales-peligrosos>. Esta ficha contiene información importante e instrucciones de prevención en caso de accidente durante el transporte del residuo. Debe ser elaborada por un Químico o Ingeniero Químico y referendada por el colegio respectivo. Una vez que se tiene esta ficha se puede proceder a registrar el residuo. Para ello se debe iniciar sesión. En la pestaña de residuos se debe dar clic en el ícono editar. Se desplegará una pantalla denominada actualizar generador residuos. Se selecciona el archivo de la ficha de transporte del residuo y se completa la información solicitada. Finalizado la incorporación de los residuos, se da clic en la flecha de regresar. En el apartado información privada, se selecciona: **Anexo 1: Identificación de residuos**. El residuo agregado aparecerá en color anaranjado, el cual indica que se debe completar información adicional. Se selecciona el símbolo editar y se termina de completar la información solicitada. El residuo agregado aparecerá en color celeste, el cual indica que está pendiente de envío para revisión. Se selecciona la casilla

**Generadores**, seguidamente se da clic en el símbolo  para enviar el residuo a revisión. Una vez enviado, el sistema emitirá una notificación. Si el residuo permanece en celeste implica que no lo han revisado, si cambia a rojo quiere decir que lo rechazaron y habría que hacer las modificaciones correspondientes para su aprobación, las cuales se especifican en las notificaciones de la plataforma, se debe volver a enviar para revisión. Cuando el residuo sea aprobado, cambiará a color negro y se recibirá una notificación.

Una vez que el residuo es aprobado, y se desee gestionar el residuo acumulado, se debe ingresar el plan de gestión. Para lo cual se debe seleccionar la casilla **Plan de Gestión** y dar clic en **Agregar**. Se selecciona el generador, residuo, gestor y empresa transportista. De esta manera se genera el plan de gestión, el cual tiene una vigencia de 30 días y debe realizarse cada vez que se desee coordinar la gestión de los residuos.

Seguidamente se debe indicar el personal que despachará los residuos. Para lo cual se debe seleccionar la casilla **Personal despacha residuos**, dar clic en **Agregar**. Se procede a completar los datos y se da clic en guardar.

Por último, se debe hacer el manifiesto de transporte. Para ello se debe ingresar a [http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario\\_login.php?c=1](http://sigrep.minae.go.cr/pag/formulario_login.php?c=1) y seleccionar la casilla **salida de residuos**. Se inicia sesión con el usuario del personal que despacha los residuos. Se seleccionan los residuos a gestionar y se completa la información solicitada. Se selecciona la casilla **enviar** y se imprime y firma el documento. El cual debe ser portado por el conductor del vehículo que transportará los residuos peligrosos.

La siguiente imagen muestra, de manera resumida, el diagrama de los pasos a seguir

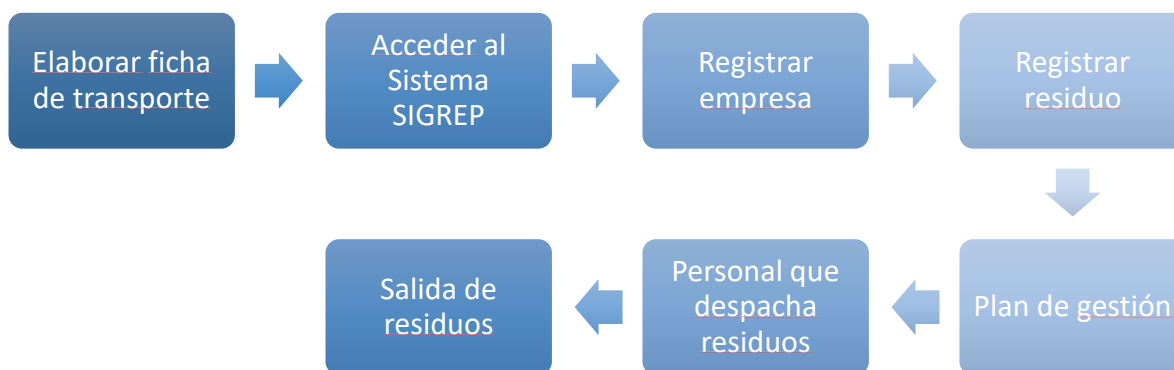


Figura 4.10. Pasos a seguir para gestionar residuos peligrosos en SIGREP

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Para cada uno de los residuos peligrosos identificados se le asocian impactos ambientales negativos ya sea en suelo, agua o aire. Todos los residuos peligrosos identificados pueden impactar negativamente la calidad del agua, por lo cual la gestión adecuada de los residuos peligrosos de la construcción es de crucial importancia para proteger ese recurso.
- Menos del 40% de las empresas encuestadas reutilizan los residuos peligrosos identificados y menos del 35% los recuperan para el reciclaje. Esto denota la importancia de buscar opciones para aumentar la reutilización de los residuos y el establecimiento de programas de reciclaje. Modelos ya existentes en el país de responsabilidad extendida del productor podrían proponerse para los residuos de la construcción y así estar acordes con la obligatoriedad de la Ley N° 8839.
- Los residuos más problemáticos en término de la cantidad de empresas que los gestionan inadecuadamente son: los envases metálicos y plásticos de pintura, pintura, siliconas, selladores, residuos de soldadura, brochas y otros utensilios impregnados con sustancias químicas y el suelo contaminado.
- Las empresas constructoras del país no poseen una cultura ambiental que concientice a minimizar los impactos ambientales que su actividad genera en el ambiente, pues muy pocas empresas cuentan con plan de gestión de residuos peligrosos, existen empresas que queman algunos residuos y no existe en el país ninguna empresa que gestione adecuadamente la totalidad de los residuos peligrosos que generan.
- Los generadores de los residuos peligrosos deben estar inscritos ante SIGREP, así como, los transportistas, el residuo que se vaya a transportar y el ente con quien lo vayan a gestionar. En el país existen 19 empresas autorizadas por SIGREP para gestionar los residuos peligrosos de la construcción identificados.
- Actualmente no existe ninguna empresa autorizada en el país, para gestionar los residuos de soldadura, sin embargo, hay empresas autorizadas que podrían evaluar la posibilidad de gestionarlo si hubiese un mercado prometedora. Lo cual sería un gran

logro, ya que la totalidad de estos residuos no reciben ningún tratamiento y es producido y desechado inadecuadamente en el 71% de las empresas encuestadas.

## **Recomendaciones**

- El 92% de las empresas constructoras en el país son micro y pequeñas empresas. Estas en muchos casos tienen desconocimiento y falta de recursos para analizar y disminuir los impactos de sus acciones. Es recomendable que a nivel país se tomen medidas para incentivar la gestión adecuada de los residuos peligrosos generados. La Cámara Costarricense de la Construcción, el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos y la Asociación de Maestros de Obra, podrían ser las plataformas para diseminar las buenas prácticas de gestión de estos residuos.
- Cuantificar la cantidad de residuos peligrosos que se generan por metro cuadrado de construcción. Lo cual permitirá hacer una aproximación de la cantidad de residuos peligrosos que se generan anualmente en el país, y comparándolo con la cantidad de residuos inscritos en SIGREP, se podrá tener una visión más real de la magnitud del problema en términos numéricos. Además, estos datos podrían llamar la atención de empresas gestoras o emprendedores que vean en los residuos peligrosos de la construcción un mercado prometedor.
- Identificar posibles demoliciones de tal manera que se puedan hacer valoraciones de las posibles sustancias tóxicas no evaluados en este estudio
- Durante este estudio no se identificó la presencia de residuos peligrosos tales como aerosoles ni lechada de concreto portland, sin embargo, se recomienda evaluar si en algunas construcciones del país, se están utilizando estos residuos y de qué manera se están gestionando

## 6 REFERENCIAS

- Abarca-Guerrero, L., & Leandro-Hernandez, A. G. (2016). *Guía para el manejo eficiente de materiales de construcción. Cámara Costarricense de la Construcción e Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Cartago. Recuperado a partir de [http://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA\\_MANEJO\\_MATERIALES\\_CONSTRUCCION.pdf](http://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf)
- ATSDR. (s.f). CCA-Treated Wood. Recuperado a partir de [https://www.atsdr.cdc.gov/CCA-Treated\\_Wood\\_Factsheet.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/CCA-Treated_Wood_Factsheet.pdf)
- Bardahl. (2014). Hoja de datos de seguridad Bardahl líquido para frenos. Recuperado a partir de <http://www.bardahl.com.mx/pdf/hoja-de-seguridad/bardahl-liquido-frenos-DOT4-hs.pdf>
- Baty, G., & Reynolds, R. (s/f). Aditivos desmoldantes. Recuperado a partir de [http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Aditivos\\_Generales/Revista/4\\_Aditivos\\_desmoldantes.pdf](http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Aditivos_Generales/Revista/4_Aditivos_desmoldantes.pdf)
- BBC. (2016). Los países de América Latina donde todavía se vende pintura con plomo tóxica. Recuperado a partir de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-36679728>
- Bellido, R. (2016). Los agentes desencofrantes o desmoldantes. Conocemos realmente sus características y diferencias? Recuperado a partir de <https://es.linkedin.com/pulse/los-agentes-desencofrantes-o-desmoldantes-conocemos-sus-roger-bellido>
- Carrasco, F. (2014). Aditivos químicos para hormigones. En *Tecnología del hormigón* (pp. 1–20). Recuperado a partir de [http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes\\_Tecnología\\_del\\_Hormigón\\_UTN\\_FRSF/Unidad\\_5\\_-\\_ADITIVOS\\_QUIMICOS\\_PARA\\_HORMIGONES.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes_Tecnología_del_Hormigón_UTN_FRSF/Unidad_5_-_ADITIVOS_QUIMICOS_PARA_HORMIGONES.pdf)
- CCI. (2017). Safety Data Sheet Sodium Lignosulfonate. Recuperado a partir de [http://www.columbuschemical.com/MSDS/SDS/Sodium\\_Lignosulfonate\\_5181.pdf](http://www.columbuschemical.com/MSDS/SDS/Sodium_Lignosulfonate_5181.pdf)
- CFIA. (2016). Indicadores CFIA de la Construcción Costa Rica En metros cuadrados Comportamiento del periodo : Enero – diciembre 2013-2014., 1. Recuperado a partir de <http://www.cfia.or.cr/estadisticas.htm>
- Chinchilla, L. (2008, enero). Manejo de Residuos en la obra constructiva. *Revista Del Colegio Federado de Ingenieros Y Arquitectos de Costa Rica.*, 28–29.
- Conarco. (2010). Hoja de seguridad. Recuperado a partir de

- <http://www.esab.com.ar/ar/sp/support/documentation/upload/conarco-18rh.pdf>
- CORPONOR. (2015). Hoja de seguridad gasolina automotor. Recuperado a partir de [http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/Hojas de Seguridad/HS Gasolina 2015.pdf](http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/Hojas%20de%20Seguridad/HS%20Gasolina%202015.pdf)
- Cyma. (2012). *Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 13 de julio de 2010*.
- CYMA, & CEGESTI. (2008). *Plan de Residuos Sólidos Costa Rica (PRESOL). Plan de Residuos Sólidos Costa Rica*.
- Danish Ministry of the Environment. (2015). *Alternatives to MDI in Consumer Products with focus on coatings, adhesives and sealants*. Recuperado a partir de <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/05/978-87-93352-22-3.pdf>
- Díaz, M., & Ruggeri, P. (2009). Guía de buenas prácticas ambientales para obras de construcción. Argentina.
- Dideval. (s/f). XILENO Ficha de Datos de Seguridad. Recuperado a partir de [http://ge-iiic.com/files/fichas productos/Xileno.pdf](http://ge-iiic.com/files/fichas%20productos/Xileno.pdf)
- Dirección General de Medio Ambiente. (2000a). *Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Catalunya. Recuperado a partir de [https://itec.es/servicios/librospdf/pdfs/Proyecto Life. Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición\\_ITeC\\_2000.pdf](https://itec.es/servicios/librospdf/pdfs/Proyecto%20Life.%20Manual%20de%20minimizaci3n%20y%20gesti3n%20de%20residuos%20en%20las%20obras%20de%20construcci3n%20y%20demolici3n_ITeC_2000.pdf)
- Dirección General de Medio Ambiente. (2000b). *Plan de gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Catalunya. Recuperado a partir de [https://itec.es/servicios/librospdf/pdfs/Proyecto Life. Plan de gestión de residuos en las obras de construcción y demolición\\_ITeC\\_2000.pdf](https://itec.es/servicios/librospdf/pdfs/Proyecto%20Life.%20Plan%20de%20gesti3n%20de%20residuos%20en%20las%20obras%20de%20construcci3n%20y%20demolici3n_ITeC_2000.pdf)
- Dow. (2015). Product Safety Assessment Toluene Diisocyanate. Recuperado a partir de [http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh\\_096d/0901b8038096dac2.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00286.pdf&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_096d/0901b8038096dac2.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00286.pdf&fromPage=GetDoc)
- Environmental Pollution Centers. (s/f). Construction sites pollution. Recuperado a partir de <https://www.environmentalpollutioncenters.org/construction/>
- EPA. (s/f-a). *Mercury Bioaccumulation Tag*. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/mercury.pdf>
- EPA. (s/f-b). Regulatory Exclusions and Alternative Standards for the Recycling of Materials, Solid Wastes and Hazardous Wastes. Recuperado a partir de



<https://www.epa.gov/hw/regulatory-exclusions-and-alternative-standards-recycling-materials-solid-wastes-and-hazardous>

- EPA. (2003). Manejando sus Residuos Peligrosos: Una guía para empresas pequeñas.
- EPA. (2004). The Disposal of Soaps and Detergents. Recuperado a partir de [http://www.epa.sa.gov.au/files/8431\\_soaps\\_detergents.pdf](http://www.epa.sa.gov.au/files/8431_soaps_detergents.pdf)
- EPA. (2016). Used oil management program. Recuperado a partir de <https://archive.epa.gov/wastes/conservation/materials/usedoil/web/html/index.html>
- EPA. (2017a). Basic information about lead in air. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/lead-air-pollution/basic-information-about-lead-air-pollution#how>
- EPA. (2017b). Burn Wise Best Burn Practices. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/burnwise/burn-wise-best-burn-practices>
- EPA. (2017c). Facts About Formaldehyde. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/formaldehyde/facts-about-formaldehyde>
- EPA. (2017d). Ozone Pollution. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/ozone-pollution>
- EPA. (2017e). The Sources and Solutions: Fossil Fuels. Recuperado a partir de <https://www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions-fossil-fuels>
- EPA Victoria. (2005). Reducing stormwater pollution a guide for painters. Recuperado a partir de <http://www.epa.vic.gov.au/~media/Publications/981.pdf>
- Estado de la Nación. (s/f). Estado De La Nación Evolución Y Estado Actual Del Sector Construcción : Impacto En La Economía, 31.
- G.E Mathis. (2015). Welding Capabilities for the Construction Industry. Recuperado a partir de <https://www.gemathis.com/welding-capabilities-construction-industry/>
- Geocycle. (s/f). ¿Qué es co-procesamiento? Recuperado a partir de <http://www.geocycle.co.cr/soluciones-y-beneficios/que-es-co-procesamiento.html>
- Gobierno de Navarra. (s/f). Soldadura. Recuperado a partir de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/manuales/BuenasPracticasAmbientales-Soldadura.pdf>
- GTM. (2014). Lignosulfonato de calcio. Recuperado a partir de [http://www.gtm.net/images/industrial/1/LIGNOSULFONATO\\_DE\\_CALCIO.pdf](http://www.gtm.net/images/industrial/1/LIGNOSULFONATO_DE_CALCIO.pdf)

- Guía de buenas prácticas medioambientales para carpinterías de madera. (2007). Recuperado a partir de [https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1030524](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1030524)
- H&D Fitzgerald. (2012). Material Safety Data Sheet. Recuperado a partir de <https://density.co.uk/wp-content/uploads/2012/02/MSDS-Lube-oils-2012.pdf>
- Hanson. (2015). Asphalt Material Safety Data Sheet ( MSDS ). Recuperado a partir de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&act=8&ved=0ahUKEWjm5\\_vsk9\\_VAhXELyYKHaLKDkAQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.hanson.co.uk%2Fen%2Fsystem%2Ffiles\\_force%2Fassets%2Fdocument%2Fc9%2Fee%2Fsafety-data-sheet-hanson-asphalt.pdf%3Fdownload%3D1&usq=AFQjCNHrV\\_wabpFGcocbbOUVa-pfXZ2A0Q](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&act=8&ved=0ahUKEWjm5_vsk9_VAhXELyYKHaLKDkAQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.hanson.co.uk%2Fen%2Fsystem%2Ffiles_force%2Fassets%2Fdocument%2Fc9%2Fee%2Fsafety-data-sheet-hanson-asphalt.pdf%3Fdownload%3D1&usq=AFQjCNHrV_wabpFGcocbbOUVa-pfXZ2A0Q)
- Hu, Y., & Cheng, H. (2012). Mercury risk from fluorescent lamps in China : Current status and future perspective. *Environment International*, 44, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.01.006>
- Intertek Chemicals & Pharmaceuticals. (2013). Mercury Safety Data Sheet. Recuperado a partir de <https://www.bethlehemapparatus.com/pdf/MSDS.pdf>
- IPCS. (2003). Fichas Internacionales de Seguridad Química. Tolueno. Recuperado a partir de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0078.pdf>
- Jane, G., Zang, L.-L., Lu, L., Wu, P., & Zheng, W. (2014). Occupational Exposure to Welding Fume among Welders: Alterations of Manganese, Iron, Zinc, Copper, and Lead in Body Fluids and the Oxidative Stress Status. Recuperado a partir de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4126160/>
- Kundu, S., Vassanda Coumar, M., Rajendiran, S., Ajay, & Subba Rao, A. (2015). Phosphates from detergents and eutrophication of surface water ecosystem in India. *Current Science*, 108(7), 1320–1325. Recuperado a partir de <http://www.currentscience.ac.in/Volumes/108/07/1320.pdf>
- Leandro-Hernández, A. G. (2008). Manejo de desechos de la construcción. *Tecnología en*

*Marcha*, 21(4), 60–63.

Lenntech. (s/f-a). Chemical properties of lead - Health effects of lead - Environmental effects of lead. Recuperado a partir de <http://www.lenntech.com/periodic/elements/pb.htm>

Lenntech. (s/f-b). No Title. Recuperado a partir de <http://www.lenntech.com/periodic/elements/index.htm>

Lenntech. (s/f-c). Propiedades químicas del Plomo - Efectos del Plomo sobre la salud - Efectos ambientales del Plomo. Recuperado a partir de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>

Lim, S.-R., Kang, D., Ogunseitan, O., & Schoenung, J. M. (2013). Potential Environmental Impacts from Metals in Incandescent, Compact Fluorescent Lamp (CFL), and Light-Emitting Diode (LED) Bulbs. *Environmental science & technology*, 47, 1–25. <https://doi.org/10.1021/es302886m>

Lopes, J., Nunes, A., & Balsa, C. (2011). The long-run relationship between the construction sector and the national economy in cape verde. *International Journal of Strategic Property Management*, 15(1), 48–49. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2011.565909>

Maineri-Hidalgo, J. A., Putvinsky, V., & Mainieri-Breedy, G. (2006). Mesotelioma pleural en Costa Rica. *Scielo*, 48(1). Recuperado a partir de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-60022006000100005](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022006000100005)

Makler. (2006). Disolventes en la construcción. Recuperado a partir de <http://www.maklerseguros.com.ar/newsletter/FICHA-4-AGO-2006.pdf>

Martínez, J. (2005). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Recuperado a partir de [http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia\\_para\\_la\\_gestion\\_integral\\_residuos/gestion\\_respel01\\_fundamentos.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf)

Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y M. A. (s/f). NMVOC (COVDM COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DISTINTOS DEL METANO). Recuperado a partir de <http://www.prtr-es.es/NMVOC-COVDM-Compuestos-Organicos-Volaticos,15594,11,2007.html>

Ministerio de Salud. (2016). Registro de productos de interés sanitario. Recuperado a partir de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/registro-de-productos-de-interes->

sanitario?id=643

- Mora, G. (2007). Gestión y manejo de desechos de la construcción. 229, 20–21.
- Myers, D. (2013). *Construction economic a new approach* (Tercera). Londres. Recuperado a partir de <https://books.google.co.cr/books?id=1tthsJzvA3UC&pg=PA265&dq=turin+relations>
- New Jersey Department of Health. (2009). Derecho a Saber Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas. Recuperado a partir de <http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1502sp.pdf>
- New Jersey Department of Health. (2017). Derecho a Saber Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas. Formaldehído.
- New Jersey Department of Health and Senior Services. (2007). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. Recuperado a partir de <http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0170sp.pdf>
- Oehlmann, J., Oetken, M., & Schulte-Oehlmann, U. (2008). A critical evaluation of the environmental risk assessment for plasticizers in the freshwater environment in Europe, with special emphasis on bisphenol A and endocrine disruption. *Environmental Research*, 108(2), 140–149. Recuperado a partir de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935108001606>
- OPPAC. (2011a). Ácido clorhídrico al 32%. Recuperado a partir de [http://www.oppac.es/fds/Acido clorhidrico 32.pdf](http://www.oppac.es/fds/Acido%20clorhidrico%2032.pdf)
- OPPAC. (2011b). Aguarrás puro, 1–9. Recuperado a partir de <http://www.oppac.es/fds/Aguarras.pdf>
- OPPAC. (2012). Ácido fosfórico al 75%. Recuperado a partir de [http://www.oppac.es/fds/Acido fosforico 75.pdf](http://www.oppac.es/fds/Acido%20fosforico%2075.pdf)  
[http://www.oppac.es/fds/Acido](http://www.oppac.es/fds/Acido%20fosforico%2075.pdf) [fosforico 75.pdf](http://www.oppac.es/fds/Acido%20fosforico%2075.pdf)  
[WAhVFPiYKHT5HDqQQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.oppac.es%2Ffds%2FAcido%2520clorhidrico%252032.pdf&usg=AOvVaw1Hutwj8U47zHRZ1mfqno2y](http://www.oppac.es/fds/Acido%20fosforico%2075.pdf)
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012>
- Ospina, C. (2015). Manejo seguro de la fibra de vidrio. Recuperado a partir de

- [http://www.ridssso.com/documentos/muro/1868\\_1444224780\\_56151f0cb0932.pdf](http://www.ridssso.com/documentos/muro/1868_1444224780_56151f0cb0932.pdf)
- OXIQUIM. (2007). Hoja de seguridad de producto. Recuperado a partir de <http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Epiclorhidrina.pdf>
- Pennzoil. (2008). Pennzoil DOT Super Heavy Duty Breake Fluid. Recuperado a partir de [http://www.sfm.state.or.us/cr2k\\_subdb/MSDS/BRAKE\\_FLUID.PDF](http://www.sfm.state.or.us/cr2k_subdb/MSDS/BRAKE_FLUID.PDF)
- Pintuco. (2014). Pintuco. Recuperado a partir de <http://www.pintucocentroamerica.com/bienvenido>
- Pintuco. (2016). Siliconas, selladores y adherentes. Recuperado a partir de <http://www.pintuco.com/index.php/productos-construccion/linea-de-productos/siliconas-selladores-y-adherentes>
- Pitchel, J. (2005). *Waste managment practices: Municipal, hazardous and industrial* (Primera). New York.
- Porwal, T. (2015). PAINT POLLUTION HARMFUL EFFECTS ON. *International Journal of Research - Granthaalayah*, 3, 0–4.
- proverde. (s/f). ¿Qué es el coprocesamiento? Recuperado a partir de <https://www.proverde.com.gt/index.php/que-es-el-coprocesamiento>
- Ramadass, K., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., & Naidu, R. (2015). Ecological implications of motor oil pollution Earthworm survival and soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 85, 72–81.
- Reglamento para la Regulación del Contenido de Plomo y Mercurio en Pinturas. (1995). Reglamento para la Regulación del Contenido de Plomo y Mercurio en Pinturas. Recuperado a partir de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=28441&nValor3=30092&strTipM=TC#ddown](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=28441&nValor3=30092&strTipM=TC#ddown)
- Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames. (2013). Recuperado a partir de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos125679.pdf>
- Rivera, G. (2009). Aditivos para mortero y concreto. En *Tecnología del concreto* (pp. 231–255). Recuperado a partir de [ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC\\_y\\_GEOTEC SEM 2 de 2010/Tecnologia del Concreto - PDF ver. 2009/Cap. 11 - Aditivos](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC_y_GEOTEC_SEM_2_de_2010/Tecnologia_del_Concreto_-_PDF_ver._2009/Cap.11_-_Aditivos)

para morteros o concretos.pdf

- Ruckstuhl, S. (2001). *Environmental exposure assessment of sulfonated naphthalene formaldehyde condensates and sulfonated naphthalenes applied as concrete superplasticizers*. ETH Zürich. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-004320247> Rights
- SEPA. (s/f). Formaldehyde. Recuperado a partir de <http://apps.sepa.org.uk/spria/Pages/SubstanceInformation.aspx?pid=57>
- SEPA. (2005). Adhesives and sealants, (July), 3–4. Recuperado a partir de <https://www.sepa.org.uk/media/62538/swan06-adhesives-and-sealants.pdf>
- SIGREP. (2017). Lista de residuos peligrosos. Decreto 37788. Recuperado a partir de [http://sigrep.minae.go.cr/pag/lista\\_residuos.php](http://sigrep.minae.go.cr/pag/lista_residuos.php)
- Stevens, C. (s/f). Silicones and Their Impact on the Environment. Recuperado a partir de <https://www.dowcorning.com/content/publishedlit/Chapter21.pdf>
- Taghipour, H., Amjad, Z., Asghari, M., Gholampour, A., & Nowrouz, P. (2014). Determining heavy metals in spent compact fluorescent lamps ( CFLs ) and their waste management challenges : Some strategies for improving current conditions, *34*, 1251–1256. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.010>
- Tembec. (2009). Material safety data sheet Melamine Formaldehyde Resin Spray Dried Power.
- Tribunal Ambiental Administrativo. (2010). Manual de buenas prácticas ambientales en Costa Rica Manual de buenas prácticas ambientales en Costa Rica. San José.
- UICN. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, 13–18. Recuperado a partir de [http://cmsdata.iucn.org/downloads/guia\\_escombros\\_baja.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/guia_escombros_baja.pdf)
- University of the Fraser Valley. (2014). Chemical Spill Response Guideline. Recuperado a partir de <http://www.ufv.ca/media/assets/occupational-health-safety/UFV-Chemical-Spill-Response-Guideline-revised.pdf>
- Vazquez-Duhalt, R. (1989). Environmental impact of used motor oil. *Science of the Total Environment*, *79*(1), 1–23. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(89\)90049-1](https://doi.org/10.1016/0048-9697(89)90049-1)
- Wastech. (2015). Tratamiento de Residuos Peligrosos. Recuperado a partir de <http://wastechcr.com/servicios/tratamiento-residuos-peligrosos/>
- WHO. (2012). Occupational exposure as a painter. En *Chemical Agents and Related*

*Occupations.* Lyon, Francia. Recuperado a partir de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304433/>

Xilo. (s/f). Ácido Muriático. Recuperado a partir de [http://www.grupoxilo.com/app/files/chemicalproducts/files/39\\_techfile\\_cidomuritico.pdf](http://www.grupoxilo.com/app/files/chemicalproducts/files/39_techfile_cidomuritico.pdf)

Yang, S., Li, X., Yang, J., Shen, C., Yu, H., & Lu, K. (2012). Environmental behavior and ecological effect of polydimethylsiloxane: a review. Recuperado a partir de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23189715>

## **ANEXOS**



## ANEXO 1: RESUMEN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN COSTA RICA

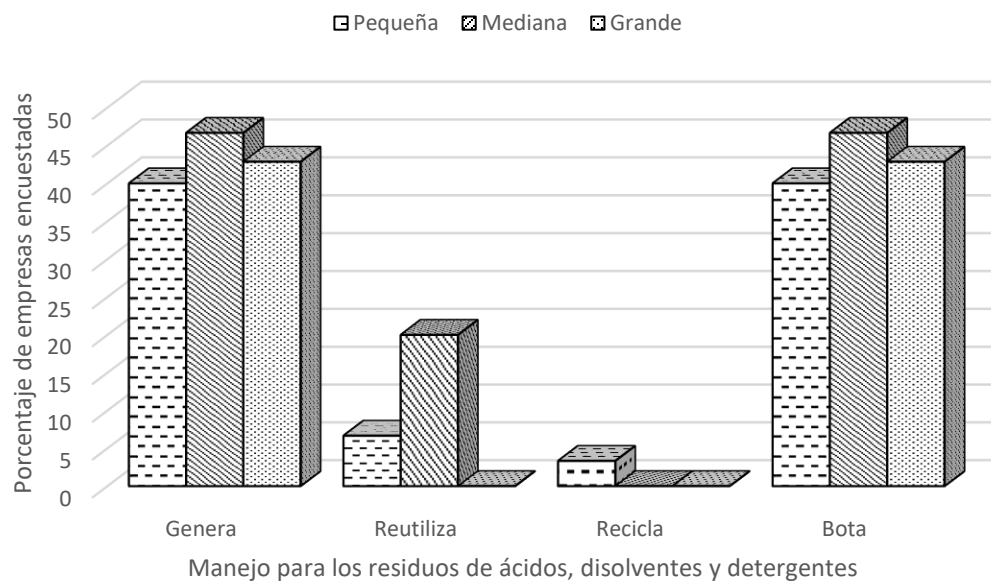


Figura A.1. 1. Manejo de los residuos de ácidos, disolventes y detergentes por tamaño de empresa

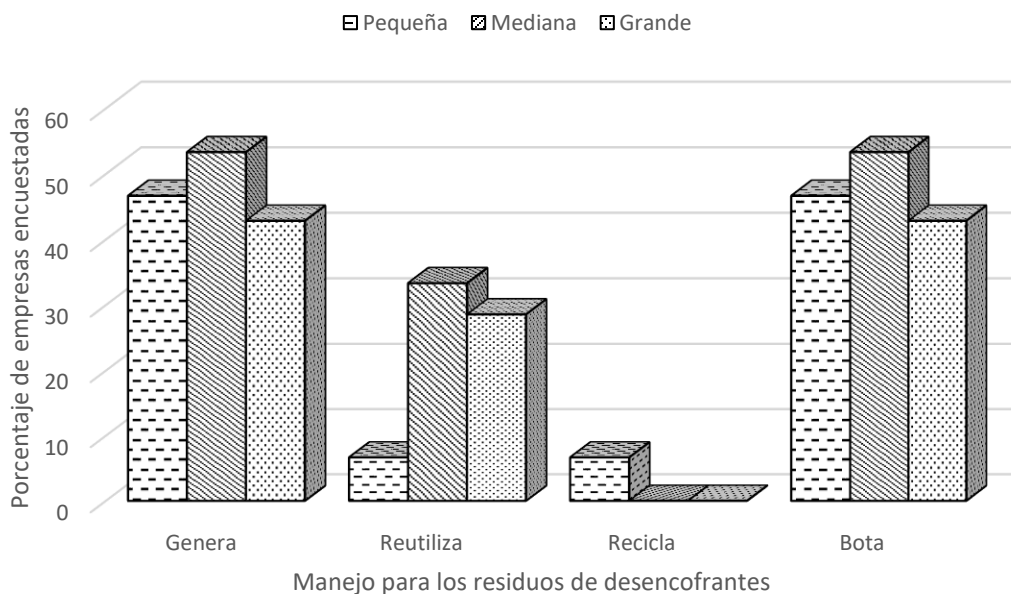
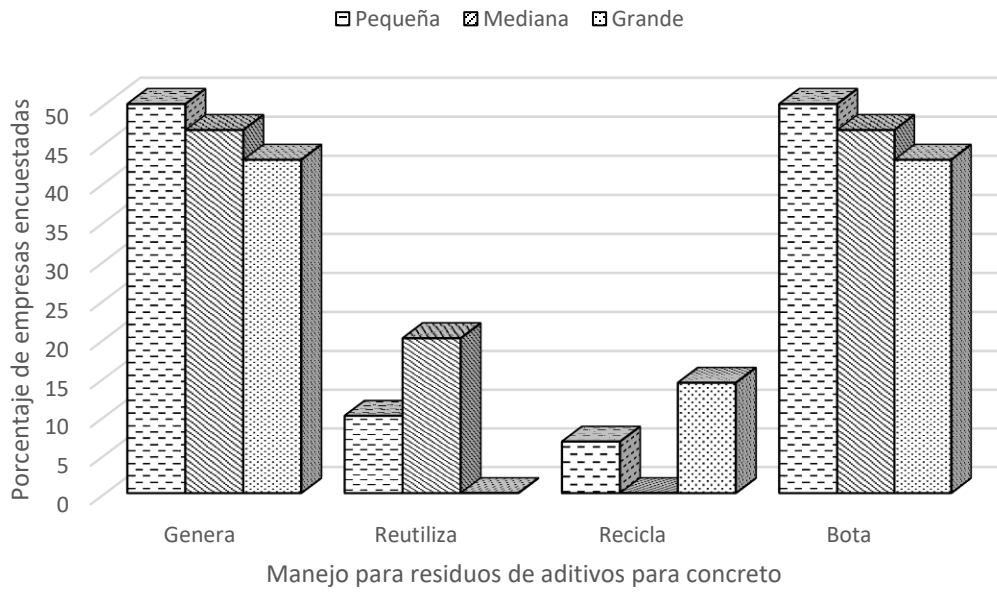
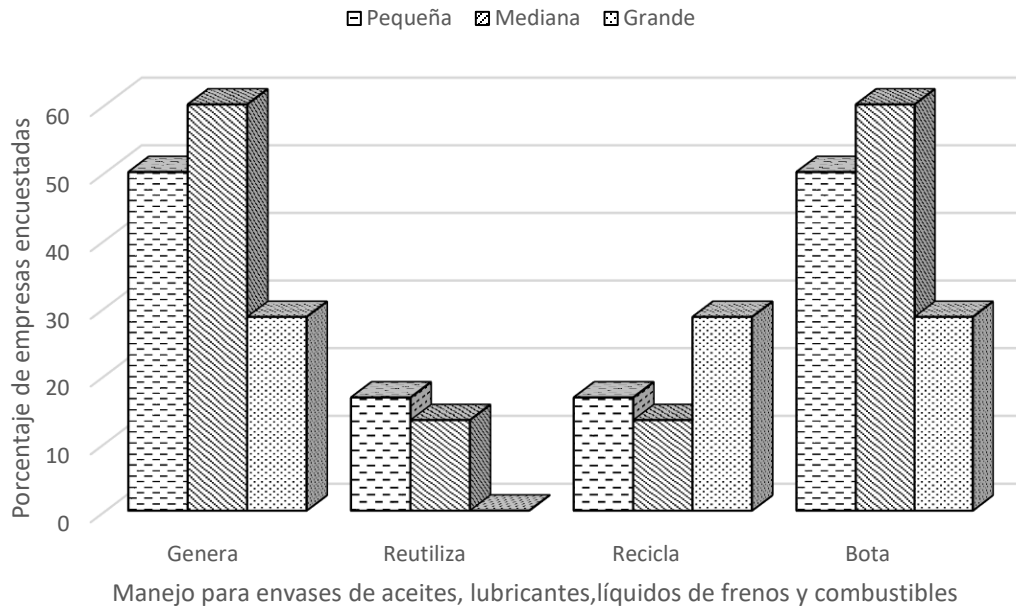


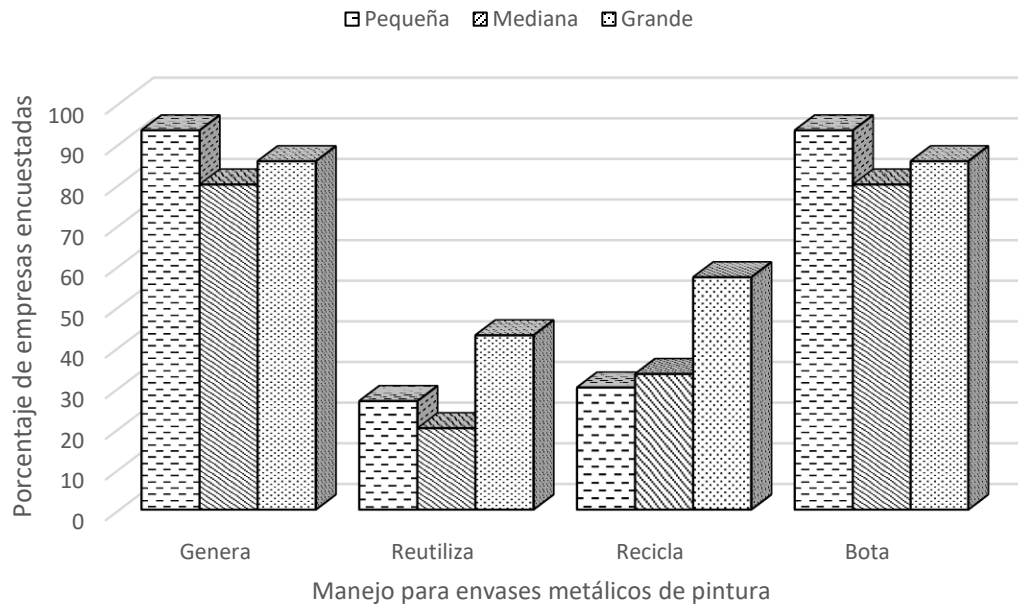
Figura A.1. 2. Manejo de los residuos de desencofrantes por tamaño de empresa



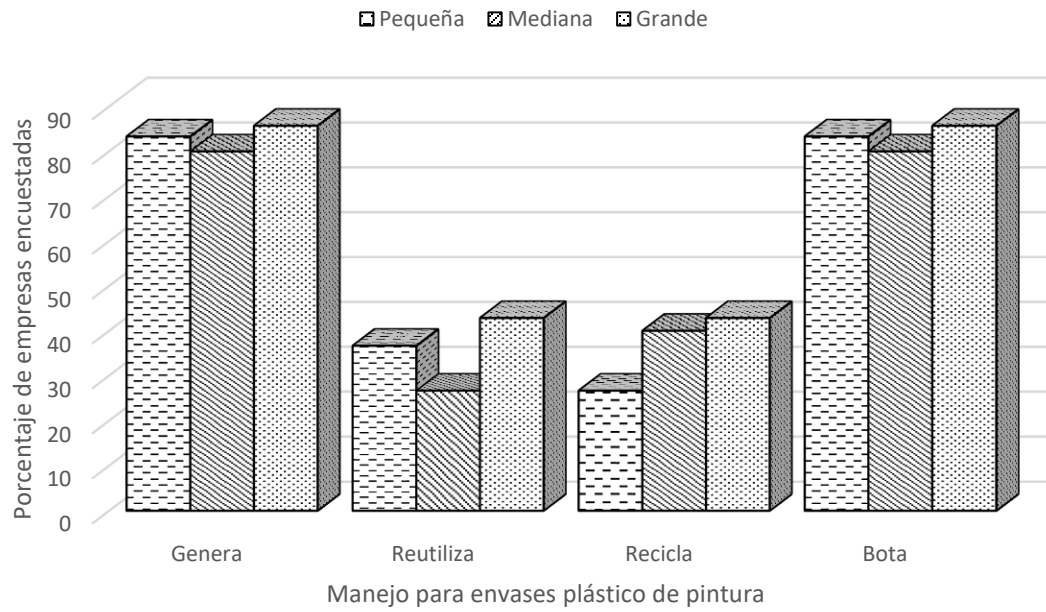
**Figura A.1. 4. Manejo para los residuos de aditivos para el concreto por tamaño de empresa**



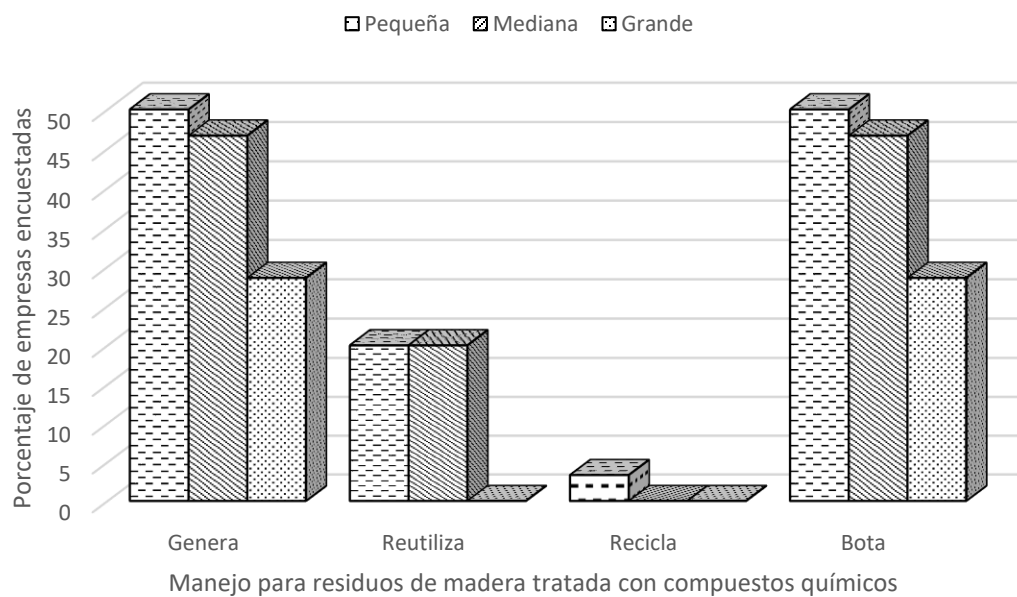
**Figura A.1. 3. Manejo de los de envases de aceites, lubricantes, líquido de frenos y combustible por tamaño de empresa**



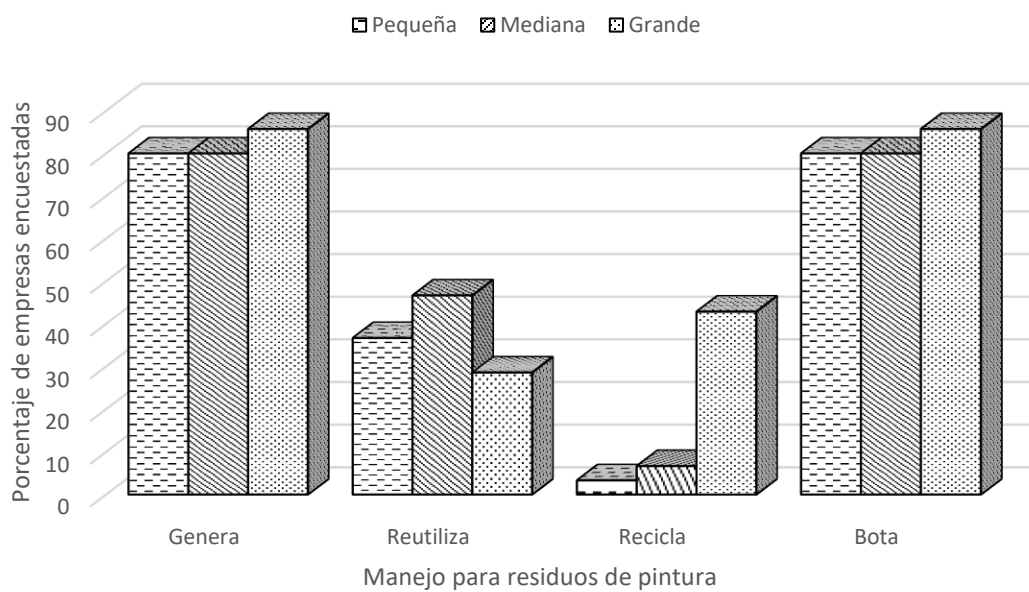
**Figura A.1. 5. Manejo de los envases metálicos de pintura por tamaño de empresa**



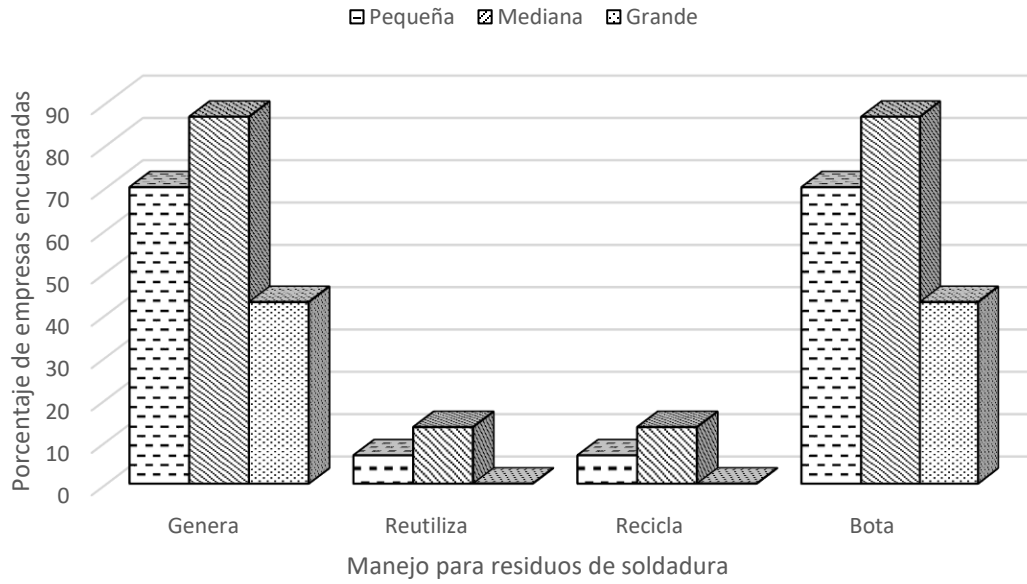
**Figura A.1. 6. Manejo de los envases plásticos de pintura por tamaño de empresa**



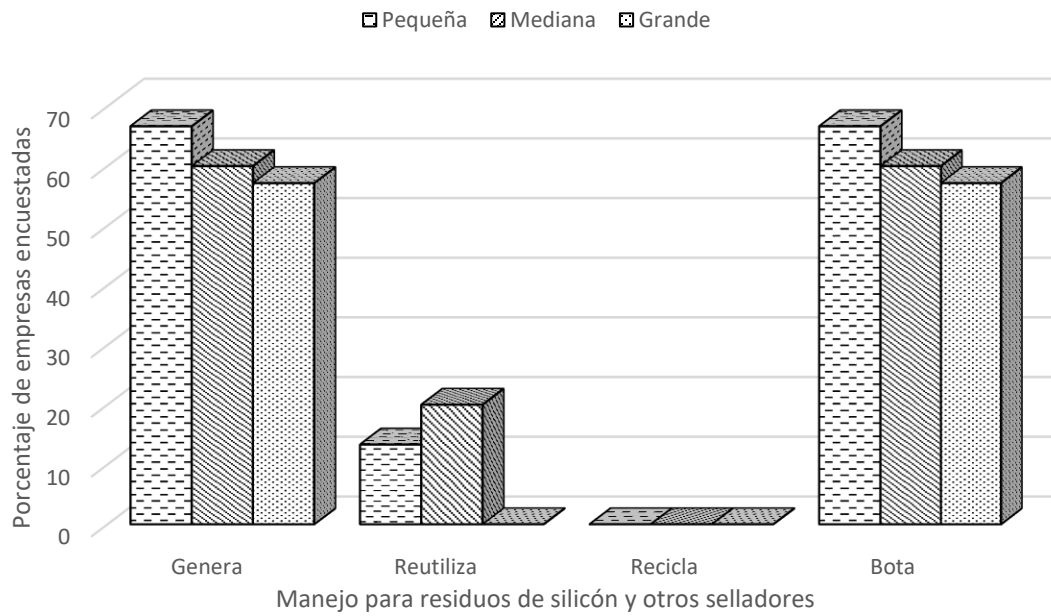
**Figura A.1. 7. Manejo de los residuos de madera tratada con compuestos químicos por tamaño de empresa**



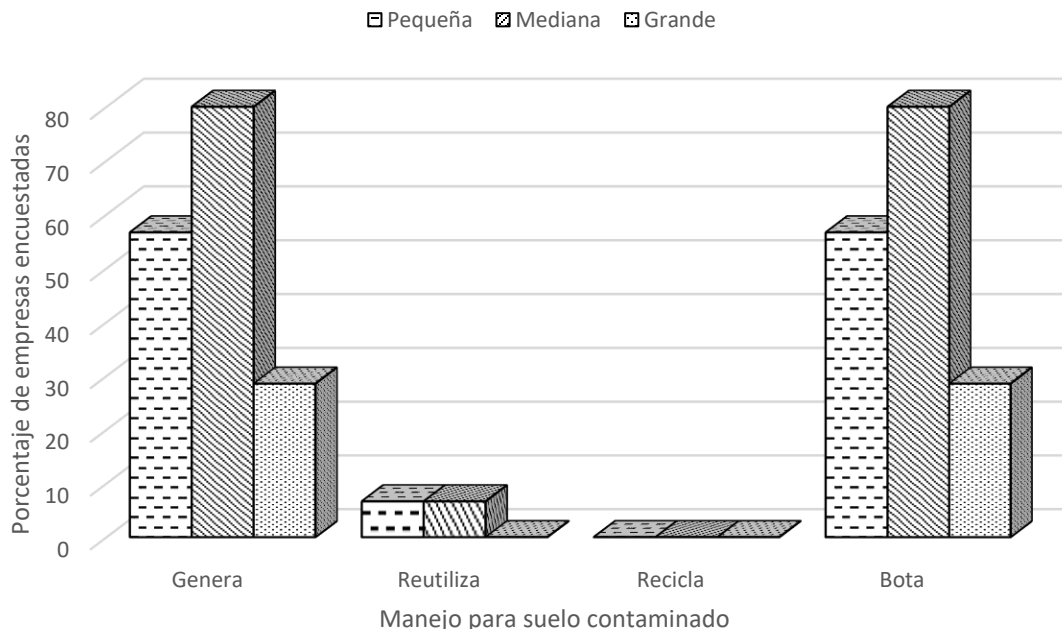
**Figura A.1. 8. Manejo de los residuos de pintura por tamaño de empresa**



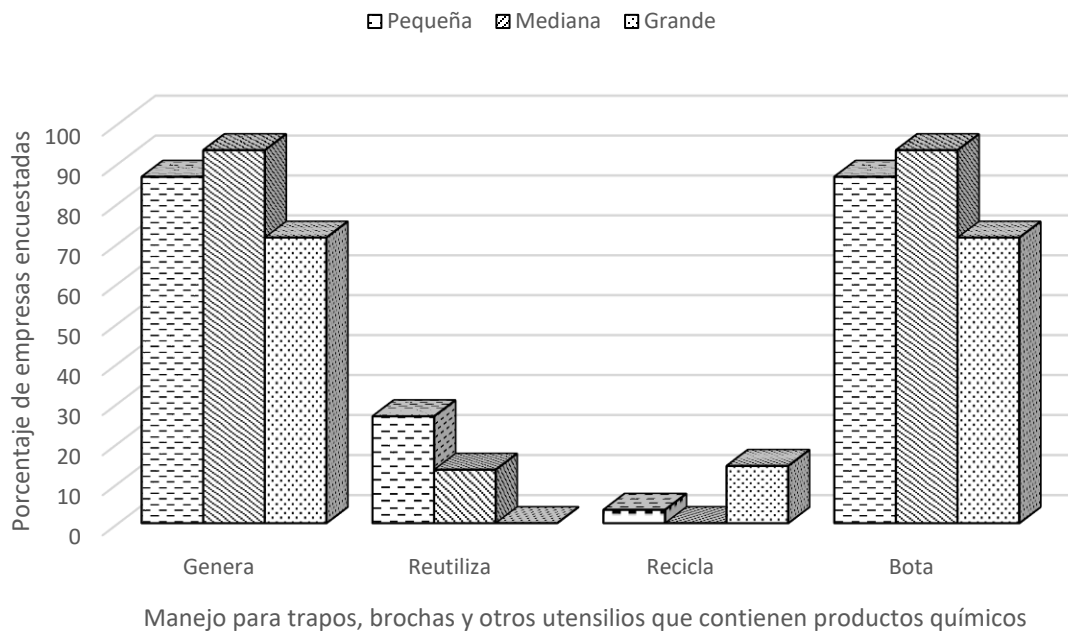
**Figura A.1. 9. Manejo de los residuos de soldadura por tamaño de empresa**



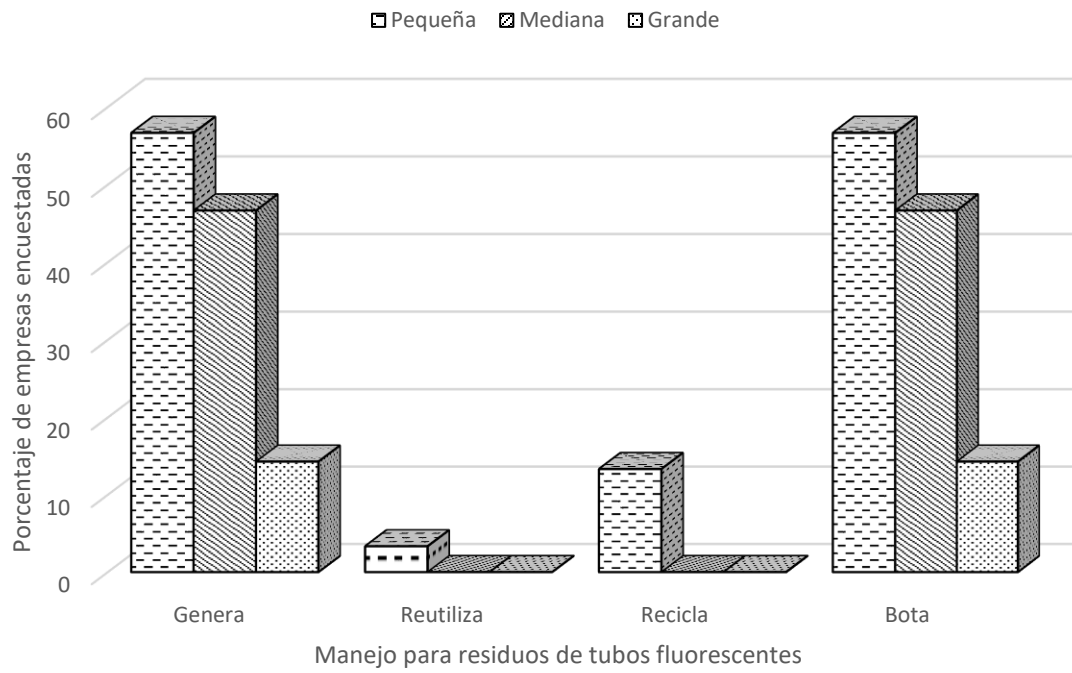
**Figura A.1. 10. Manejo de los residuos de silicón y otros selladores por tamaño de empresa**



**Figura A.1. 11. Manejo del suelo contaminado por tamaño de empresa**



**Figura A.1. 12. Manejo de los trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos por tamaño de empresa**



**Figura A.1. 13. Manejo de los residuos de tubos fluorescentes por tamaño de empresa**

## **ANEXO 2: LISTA DE CHEQUEO Y CUESTIONARIO APLICADOS EN LAS VISITAS AL SITIO**

### **ENCUESTA SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS PRODUCIDOS EN LOS PROYECTOS CONSTRUCTIVOS**

Estimado(a) señor(a),

Esta encuesta se realiza con el objetivo de suministrar información sobre el estado actual de los residuos peligrosos generados en el sector de la construcción, con el fin de evaluar los impactos ambientales que ellos provocan. La información suministrada será utilizada con estricta confidencialidad.

Nombre de persona que da la información:

\_\_\_\_\_

Años de laborar para la empresa: \_\_\_\_\_

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Dirección de la empresa:

\_\_\_\_\_

Número de empleados:

\_\_\_\_\_

1. De los residuos que se presentan en el siguiente cuadro, marque con una X si el residuo es generado, así como su posterior procesamiento, sea este la reutilización, reciclado o su desecho en la basura. (Puede marcar con X más de una opción). Además del tipo de residuo y de cómo se procesa. Ejemplo: ácido → generado → botado → tipo: ácido muriático → ¿Cómo se procesa?: se bota por el caño.



Material	Generado	Reutilizado	Reciclado	Botado	Tipo de residuo	¿Cómo lo procesan? / ¿Quién se lo lleva?
Ácidos, disolventes y detergentes						
Aditivos para el concreto						
Desenconfantes						
Envases de aceites, lubricantes, líquidos de frenos, combustibles						
Envases metálicos de pintura						
Envases plásticos de pintura						
Madera tratada con compuestos químicos						
Pintura						
Residuos de asbestos						
Residuos de soldadura						
Silicón y otros selladores						
Suelo contaminado						
Trapos, brochas y otros utensilios que contienen productos químicos (para limpieza de superficies y equipos)						
Tubos fluorescentes						

2. ¿Tiene la empresa un plan de manejo de los residuos peligrosos generados en la construcción?

Sí ( )

No ( )

3. ¿Antes de esta encuesta, sabía cuales residuos de la construcción son peligrosos?

Sí ( )

No ( )

4. ¿Separa los residuos peligrosos en el proceso de construcción?

Sí ( )

No ( )

5. ¿En el caso de los materiales que son botados, sabe usted si existen empresas dispuestas a tratar algunos de los materiales mencionados anteriormente?

Sí ( )

No ( )

6. En caso de que hubiera una empresa que recoge los residuos ¿Está dispuesto(a) a alistar el material para que se lo lleven?

Sí ( )

No ( )

7. ¿Pagaría por este servicio?

Sí ( )

No ( )

***¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!***

---