

# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Minas

Maestría en Ingeniería Urbana



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

## Trabajo Escrito

**“ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN HERMOSILLO SONORA DE  
ACUERDO DEL PUNTO DE VISTA DE SUS CONSTRUCTORAS  
(2021).”**

**Que para obtener el Grado de Maestría en Ingeniería Urbana**

Línea Terminal Construcción

Presenta

**Erwin Rivera Cantú**

Director

**Dr. Israel Miranda Pasos**

Hermosillo, Sonora

Octubre del 2022

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess





## RESUMEN

La NOM-161-SEMARNAT-2011, especifica que es obligatorio para quienes generen más 80 m<sup>3</sup> de residuos, la formulación y desarrollo de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD), que es el caso de la mayoría de las empresas constructoras, de ahí que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo conocer el uso y destino de los RCD en Hermosillo Sonora por medio de una encuesta realizada a constructores en Hermosillo Sonora, así mismo, se analiza la legislación vigente sobre RCD, se aplica un cuestionario on line a constructores de casas habitación de Hermosillo, sobre el uso y destino de los RCD que se generan en sus obras y se proponen usos de los RCD en la construcción de casa habitación en la zona urbana de Hermosillo,

Esta investigación es un estudio de caso, no experimental, se aplica un cuestionario a constructoras de Hermosillo a través del programa Google Forms, los resultados obtenidos indican que los principales residuos generados son concretos. Las constructoras están conscientes de la contaminación producida y preocupadas por tal situación, varias realizan gestión de residuos, como el reúso de RCD, contribuyendo a la economía circular, reduciendo el impacto ambiental y minimizando el costo final de la obra. De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se propone la implementación de un centro de acopio y/o transferencia de materiales, para la separación selectiva de los residuos para facilitar su aprovechamiento lo cual contribuirá a minimizar los costos de construcción y su impacto ambiental y se implementaría la económica circular en construcciones sustentables.

**Palabras clave: RCD, Gestión de Residuos, NOM-161-SEMARNAT-2011, Economía Circular.**

## ABSTRACT

NOM-161-SEMARNAT-2011 specifies that it is mandatory for those who generate more than 80 m<sup>3</sup> of construction and demolition waste, the formulation and development of a Management Plan for Solid Waste from Construction and Demolition (CDW), which is the case of most construction companies, that is why, the present research work aims to know the use and destination of CDW in Hermosillo, Sonora through a survey of builders in Hermosillo, likewise, current legislation on CDW is analyzed, an online questionnaire is applied to builders of dwelling houses in Hermosillo, on the use and destination of CDW generated in their works and uses of CDW are proposed in the construction of dwelling houses in the urban area of Hermosillo.

This research is a case study, not experimental, a questionnaire is applied to construction companies in Hermosillo through the Google Forms program, the results obtained indicate that the main CDW generated is concrete. The construction companies are aware of the pollution produced and concerned about such a situation, several carry out waste management, such as the reuse of CDW, contributing to the circular economy, reducing the environmental impact and minimizing the final cost of the work. According to the results obtained in the investigation, the implementation of a collection center and / or transfer of materials is proposed, for the selective separation of waste to facilitate its use, which will contribute to minimizing construction costs and its environmental impact, and the circular economy would be implemented in sustainable constructions.

**KeyWords: Waste from Construction and Demolition (CDW), CDW Management, NOM-161-SEMARNAT-2011, Circular Economy.**

## **DEDICATORIAS**

Dedico esta tesis a Dios, porque es mi fortaleza y la luz que guía mi camino.

A mi familia por su apoyo incondicional, en cada meta que me he trazado.

A los maestros de la Maestría en Ingeniería Urbana, por los conocimientos brindados para mi formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme permitido alcanzar esta meta académica y profesional.

A mi familia y en especial a mi madre por todo el apoyo brindado.

De manera especial, mi agradecimiento a todos mis maestros de la Maestría en Ingeniería Urbana, de manera especial al Dr. Israel Miranda Pasos, Dr. Jesús Quintana Pacheco, Dr. Arturo Ojeda de la Cruz, M.A. Jesús Fernando García Arvizu, M.A. Bernabé Córdova Meyer por el aprendizaje obtenido y por su apoyo durante el desarrollo de la presente tesis.

Agradezco a la Universidad de Sonora (UNISON) por la oportunidad de realizar un posgrado con el más alto nivel académico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico brindado, para la continuidad de mis estudios.



## Índice

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1  |
| 1.1 Generalidades.....  | 1  |
| 1.2 Planteamiento del Problema. ....  | 4  |
| 1.3 Objetivos.....  | 5  |
| 1.3.1 Objetivo General: .....   | 5  |
| 1.3.2 Objetivos específicos: .....  | 5  |
| 1.5 Preguntas de investigación:.....  | 6  |
| 1.6 Hipótesis .....   | 7  |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....  | 9  |
| <b>3. MARCO TEORICO</b> .....   | 13 |
| 3.1 Antecedentes.....   | 13 |
| 3.2 Teorías relacionadas con los Residuos de la construcción y la demolición. ....                  | 15 |
| 3.3 Problemática de los residuos de construcción y demolición. ....                                 | 17 |
| 3.4 Normatividad mexicana, relacionada con el manejo de residuos de la construcción en Sonora. .... | 23 |
| 3.5 Limitantes para una buena gestión de los RCD no peligrosos.....                                 | 25 |
| <b>4. METODOLOGÍA</b> .....   | 29 |
| 4.1 Generalidades.....  | 29 |
| 4.2 Estudio de caso. ....   | 29 |
| 4.3 Diseño del método de recolección de datos.....  | 30 |
| 4.4 Análisis de la información .....  | 30 |
| <b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....  | 37 |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....  | 53 |
| 6.1 Conclusiones.....   | 53 |
| 6.2 Recomendaciones. ....   | 56 |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | 59 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.-</b> Tipos de generadores y la cantidad generada.....                                   | 18 |
| <b>Tabla 2.-</b> Alternativas de gestión de uso de residuos.....                                    | 22 |
| <b>Tabla 3.-</b> Especificaciones para el manejo de los RCD de acuerdo a NTEA-011-SMA-RS-2008. .... | 24 |
| <b>Tabla 4.-</b> Análisis FODA.....   | 28 |
| <b>Tabla 5.-</b> Propuestas de las constructoras encuestadas sobre los usos de los RCD .....        | 45 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Problemas en la ciudad de Hermosillo por los RCD. ....                | 5  |
| <b>Figura 2</b> Coordinación entre diversas instancias para el manejo de los RCD..... | 27 |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades.

El sector de la construcción es uno de los principales impulsores en el crecimiento económico de cualquier país, está relacionado con el crecimiento de la población, contribuyendo en su seguridad y comodidad, a través de edificación de viviendas, escuelas, hospitales, iglesias, cines, parques, entre otras obras civiles.

La construcción es una de las actividades económicas que mayor impacto tiene en el medio ambiente. Las estimaciones del Worldwatch Institute indican que la industria de la construcción consume el 40% de la arena y piedra del mundo, el 25% de la madera original, el 16% del agua y el 40% de la energía. El impacto ambiental de tales proyectos varía en formas, dependiendo de la implementación del proyecto. (Worldwatch, 2018)

Las actividades de la construcción y demolición generan residuos sólidos de manejo especial, denominados “Residuos de la Construcción y Demolición” (RCD), los cuales son materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción, tanto en obras pública como privada; así como el producto proveniente de la excavación cuando este se haya alterado en sus condiciones físicas, químicas y biológicas originales. Su problemática radica en su gestión y disposición, lo cual genera costos de: separación, recolección, valorización, transporte, almacenamiento y disposición final al ser desechados.

El Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) ha indicado que la construcción a nivel mundial demanda del 50% de los recursos naturales y un informe del Banco Mundial (2018) señala que la cantidad de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) fue de 2010 millones de toneladas en 2017. La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018) menciona que los residuos de la construcción y demolición carecen de manejo apropiado y son fuente de contaminación, por lo cual, se requiere que se tenga atención de manera especial y urgente.

La industria de la construcción es el mayor consumidor de materias primas a nivel mundial, ha trabajado bajo el modelo tradicional de producción lineal que consiste en la extracción de

la materia prima, fabricación del producto, utilización y posteriormente el desecho, generando impactos negativos debido a la contaminación ambiental siendo este sector, uno de los que más contribuye en la debilitación y deterioro de los ecosistemas.

Los residuos que son generados en la construcción y demolición, resultan de las actividades de la modificación de construcciones, construcción y demolición del espacio público y de obra civil; los que son considerados no peligrosos, inertes, tienen un alto nivel de aprovechamiento y valorización. (Suárez et al, 2019)

El alza de precios de los materiales nos obliga a ser más sensibles y críticos en relación al reaprovechamiento de los RCD, su reúso depende de la concientización y manejo adecuado para mejorar el medio ambiente y por consiguiente la salud pública, puesto que, estos desechos son causantes de la contaminación del suelo y aire, por ser reubicados en calles, callejones, lotes baldíos, barrancas, etc., en México la actividad de la construcción y demolición registra un promedio de 13,130 toneladas diarias de residuos, lo cual representa el 21% del total de residuos sólidos urbanos (Instituto Nacional de Ecología, 2019).

A nivel mundial, los desechos de la construcción y demolición están aumentando más rápido que la tasa de urbanización; lo cual se debe a que los países se urbanizan, su riqueza económica aumenta, se eleva el nivel de vida de su población, con el consecuente consumo de bienes y servicios, lo cual se traduce en la multiplicación de la cantidad de residuos generados (Pacheco Bustos et al., 2017)

De acuerdo a Barrientos (2016), el sector de la construcción contribuye en muchos de los impactos medioambientales porque, la industria de la construcción es la principal consumidora de recursos en el mundo. Se estima que el 40% de la energía total y el 30% de emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de dicha industria.

La construcción debe de ser considerada como una actividad sustentable, bajo criterios de responsabilidad, respeto y cuidado del medio ambiente.

En el sector de la construcción, se deben fomentar procesos circulares que cambiará y mantendrá la productividad de los materiales durante el ciclo de vida y a su vez reduzca la pérdida de materiales no renovables, trayendo consigo beneficios sociales, económicos y medioambientales (Giesekam et al., 2018).

Pacheco y otros investigadores (2017), han indicado que, países como Alemania, España y Bélgica, se encuentran a la vanguardia en el tratamiento y aprovechamiento de estos residuos, adelantando una política que incluye separación en la fuente, tratamientos específicos y aprovechamientos en diferentes áreas de la construcción, disminuyendo el porcentaje de material residual, aminorando problemas de contaminación de agua, tierra y aire, la afectación en los ecosistemas y en la salud humana.

La NOM-161-SEMARNAT-2011, establece los criterios para clasificar a los residuos, en la cual los residuos de construcción y demolición son considerados residuos de manejo especial, los cuales deben de estar sujetos a un plan de gestión/manejo. Así mismo especifica, que es obligatorio para quienes generen más 80 m<sup>3</sup> de residuos en sus obras, la formulación y desarrollo de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición; cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social; está diseñado con los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, considerándose un conjunto de acciones, procedimientos y medios viables; involucrando los tres niveles de gobierno.

Acorde a las metas ambientales establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018–2024, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) firmaron un convenio de concertación donde se destaca la elaboración del Plan Nacional de Manejo de Residuos de la Construcción, como parte fundamental de la implementación de la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.

La norma ambiental: NADF-007-RNAT-2013, establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el Distrito Federal, la cual tiene el proyecto de actualización de norma PROY-NADF-007-RNAT-2019 que establece la clasificación y especificaciones de manejo integral para los residuos de la construcción y demolición en la Ciudad de México.

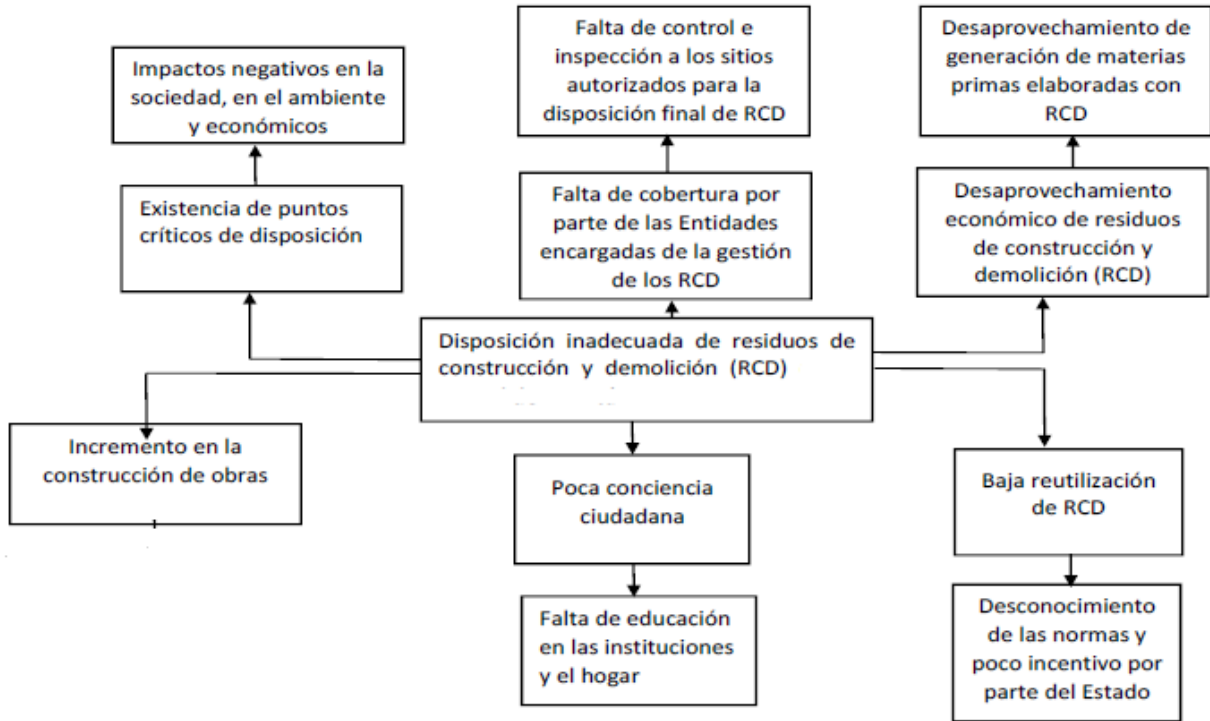
El presente trabajo de investigación considera la relevancia de la construcción de un Centro de Acopio y/o Transferencia, en Hermosillo Sonora, por la gran cantidad de personas que pueden resultar beneficiadas, puesto que en el año 2020, se reformó el artículo 41 de la Ley

del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) especificándose que el derechohabiente tendrá el derecho de elegir el terreno para la construcción de su vivienda, la compra de una vivienda nueva o usada con las características de su preferencia y poder reparar o ampliar su vivienda; por lo cual, la construcción de un Centro de Acopio y/o Transferencia de materiales, podría beneficiar y en su caso, abatir los costos de construcción, reparación o ampliación de la vivienda de los trabajadores (Ley INFONAVIT, 2021:23).

## **1.2 Planteamiento del Problema.**

La industria de la construcción en México tiene un impacto positivo en su economía, porque es generadora de empleo, sin embargo, es generadora de contaminación por residuos, tales como: escombros por demolición, tierra producto de excavación y demolición de construcciones de adobe, los residuos de concreto y la compra de mayor cantidad de materiales que los necesarios.

Se elaboró de una forma gráfica el problema que se presenta en la ciudad de Hermosillo Sonora, como se muestra a continuación:



**Figura 1** Problemas en la ciudad de Hermosillo por los RCD.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.3 Objetivos.

#### 1.3.1 Objetivo General:

Conocer el uso y destino de los RCD en Hermosillo Sonora, por medio de una encuesta realizada a constructoras de casas habitación en zona urbana.

#### 1.3.2 Objetivos específicos:

- 1.- Analizar la legislación aplicable en materia de RCD para el Municipio de Hermosillo Sonora.
- 2.- Determinar los usos y destinos de los RCD en la construcción de casa habitación en la zona urbana de Hermosillo Sonora, mediante la aplicación del instrumento denominado encuesta.

#### **1.4 Justificación.**

Son diversos los aspectos que justifican esta investigación, entre ellos se encuentran: El crecimiento poblacional de Hermosillo, que implica nuevas colonias y construcciones, el cambio de infraestructuras y los cambios de construcciones antiguas por nuevas y modernas, los cuales producen un impacto en la generación de residuos.

El sector de la construcción ha traído impactos negativos al medio ambiente, siendo por ello, que es de suma importancia conocer y analizar los potenciales que presentan los RCD para tener un entorno amigable con la población y el medio ambiente, a través de la concientización ambiental y la economía circular, que buscan aprovechar cada residuo que se genera.

Los beneficios de realizar una gestión en los RCD son entre otros: la reducción de costos de su disposición final, reducción de gastos de transporte, menos escombreros o botaderos clandestinos, reducción de riesgos en la salud de la población y menos contaminación ambiental.

La adecuada disposición de residuos de construcción en Hermosillo, va a contribuir a dar una belleza paisajística al lugar y una mejor impresión a los visitantes, porque se debe de tener una ciudad limpia y ordenada.

#### **1.5 Preguntas de investigación:**

- 1.- ¿Tener en Hermosillo, un centro de acopio y/o transferencia de materiales, es la solución para la problemática del destino final de los residuos de construcción y demolición?
- 2.- ¿Un centro de acopio y/o transferencia beneficiaria a la población de escasos recursos que quiera construir o ampliar su vivienda?



## **1.6 Hipótesis**

La implementación de un centro de acopio y/o transferencia de materiales, en Hermosillo, es una alternativa favorable que podría minimizar los costos de construcción y su impacto ambiental.

Nota: Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

De acuerdo al censo de INEGI (2020), la población en México es de 126,014,024 de habitantes y el número de viviendas particulares es de 35,219,141. La población del estado de Sonora es 2,994,840 habitantes, el total de viviendas particulares habitadas es de 876,333. En México el 75% del uso del suelo corresponde al uso de vivienda. La vivienda es considerada como el principal patrimonio de una familia. Las actividades secundarias representan en México el 30% del Producto Interno Bruto, tomando en cuenta este porcentaje, industria de la construcción participa con un 23.8% aproximadamente según datos de INEGI, lo que al final deja a la construcción en un porcentaje neto de aportación al PIB total de un 7.2%. La principal actividad económica en Sonora durante los últimos 10 años ha sido la industria manufacturera (24% del total del PIB Sonora), seguido de la minería y el comercio al mayoreo, la industria de la construcción ocupa el 4° puesto en la participación del PIB total estatal con un 9% en el mismo periodo (INEGI, 2020).

Según datos de enero de 2019 sobre la perspectiva de producción industrial en México, el crecimiento real de la construcción muestra un 0.7% del PIB en 2018; una disminución marginal de 0.3% en el 2019, se esperó un pequeño repunte no mayor del 1.3% para el 2020 (CEFP, 2019).

La industria de la construcción utiliza insumos provenientes de otras industrias como el acero, hierro, cemento, arena, cal, madera, vidrio, aluminio, etc., siendo uno de los principales motores de la economía y detonador principal en el desarrollo de las zonas metropolitanas y de cualquier espacio territorial (Chavira, et al, 2020).

Todos los procesos productivos originan residuos, siendo la construcción una de las industrias con mayor generación. Este tipo de residuos reciben internacionalmente el nombre de Residuos de la Construcción y Demolición. (Maciel et al, 2016).

Los residuos de construcción y demolición son materiales resultantes de las actividades de construcción, demolición y modificación de las construcciones. (Pacheco, et., al, 2017)

Los RCD se definen como los desechos causados por trabajos realizados durante la edificación, mantenimiento, demolición y reconstrucción de cualquier tipo de edificación, obra civil, o durante desastres naturales (Gálvez-Martos e Istrate, 2020).

Kabirifar y su grupo de investigadores (Kabirifar et al., 2020), definen los residuos de construcción y demolición como residuos generados en edificios, concreto, acero, madera, escombros, tierra y una composición de materiales generados a partir de diversas actividades en sitios de construcción, como la excavación de terrenos, la construcción de estructuras y edificios, limpieza de obra, actividades relacionadas con la demolición, obras viales y rehabilitación de edificios.

Los RCD son producto de: remodelación, derrumbe, errores de construcción, errores en el presupuesto de los materiales, errores de los proveedores, daños ocurridos durante su transporte, almacenamiento incorrecto, errores de los trabajadores en el manejo de los materiales, funcionamiento incorrecto de los equipos, inclemencias del clima, corte de material mal realizado, entre otros.

Conislla (2014), ha considerado que los residuos de construcción pueden ser clasificados según su origen y naturaleza. Por su origen, los residuos pueden generarse como consecuencia de la limpieza del terreno, por ejemplo, troncos, ramas de árboles, materiales de excavación, piedras, residuos de obras viales, como trozos de losas o asfalto y residuos de renovación o reparación de estructuras. Por su naturaleza, se tienen residuos inertes, sin peligro de contaminación al agua, suelo o aire; pueden presentarse como residuos no peligrosos; residuos domésticos y residuos especiales, tales como sustancias inflamables o tóxicas.

En México, La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, ha indicado que se generan, alrededor de 17,000 toneladas de RCD diarios, los cuales tienen una inadecuada disposición final y causan graves impactos ambientales, sociales y económicos, los residuos de la construcción, son los materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada (CMIC, 2014).

La Agenda 21 es un instrumento internacional donde se especifican los lineamientos para la sostenibilidad, engloba aspectos de tipo económico, social, cultural y protección medioambiental, abordándose temas relacionados al manejo de residuos, dejando claro que la gestión de los residuos debe ir más allá que la simple disposición final. En su capítulo 21 se manejan 4 líneas de acción: a) Reducción al mínimo de los desechos, b) Aumento máximo de reaprovechamiento y reciclado ecológicamente racionales de los desechos, c) Promoción de la eliminación y tratamiento ecológicamente racionales de los desechos, d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos; reconociéndose que, debido a los modelos de producción y consumo actuales, la cantidad y variedad de residuos va en aumento; el manejo de los residuos debe enfocarse al cambio de estilos de vida, modelos de producción y consumo, asimismo, se señala que el reciclaje y la recuperación de los residuos se convierten en alternativas sumamente rentables, siendo necesario la implementación de un monitoreo del impacto causado. (Schneider et al, 2018).

Para la reducción de RCD, es necesario su inventario, evaluación y monitoreo, para tener las bases del conocimiento a fondo de la problemática, y así poder elaborar legislaciones y políticas públicas (programas y proyectos), para poder reducir al máximo los RCD.

En cuanto a los objetivos marcados en la Agenda 2030 para el sector de la construcción, se hace imprescindible construir de forma sostenible para poder alcanzar un futuro socialmente justo, un medioambiente regenerado, cultural y económicamente viable dentro del contexto actual del cambio climático (ONU, 2015).

El impacto ambiental es la alteración causada por la actividad humana en su entorno. Existe impacto ambiental cuando se realiza una acción que genera un resultado que puede ser beneficioso o perjudicial. El sector de la construcción, debido a sus actividades, ocasiona impactos ambientales, por diversas razones, pero en particular por la generación de RCD que, en su mayoría, son de naturaleza inerte y de gran volumen (Chen, 2021).

La contaminación realizada por la industria de la construcción está presente desde la extracción, fabricación de los materiales y todas las diferentes actividades desarrolladas en la construcción de las obras civiles; provocando el agotamiento de recursos no renovables, la contaminación del agua y aire y el excesivo consumo de energía (Pacheco, et al, 2017).

El uso de RCD tiene múltiples beneficios, entre los cuales se resalta la devolución a un estado satisfactorio del medio biótico correspondientes al suelo, fauna, hábitats naturales y paisaje (Alberruche, 2018).

La falta de verificación en el manejo de los RCD, es lo que genera contaminación puesto que quienes generan los residuos son quienes deben gestionarlos; es necesario tener un lugar específico para ello y así poder realizar una óptima disposición final de los mismos.

La disposición final, es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevengan afectaciones a la salud de la población, a los ecosistemas y sus elementos (Pacheco, et., al, 2017).

Los residuos pueden ocasionar graves problemas ambientales, porque si no se tiene un lugar específico donde colocarlos en cada municipio, se depositan en lugares no apropiados para ello, es decir, de forma clandestina; la alternativa consiste en disminuir los residuos de la construcción para disminuir los impactos negativos en el ambiente.

El impacto generado por los RCD no solo se circunscribe a la esfera ambiental, sino también en lo económico y social, debido a las actividades e inversiones que estas demandan como los costos de limpieza en las ciudades, porque son dispuestos en lugares públicos, ocasionando contaminación visual del paisaje, así como los problemas de salud y la generación de plagas de insectos y fauna nociva. (Flechas y González, 2016).

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 Antecedentes.

Alvarado, D. (2019). En su investigación, **“Gestión de proyectos de construcción bajo una perspectiva de Economía Circular”**. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Su objetivo, fue investigar las aplicaciones y beneficios de la economía circular en el sector de la construcción, concluyendo que : “Sería viable incorporar a la gestión de proyectos algunos principios, conceptos e ideas del modelo de la economía circular con la finalidad de mitigar el daño producido al medio ambiente, y obtener beneficios a las empresas, generando mayor eficiencia en los procesos, mayor productividad, nuevas fuentes de ingreso, mayor responsabilidad social y sostenibilidad ambiental en sus proyectos”.

Lomelí Ana Laura (2022) en su tesis de maestría de nombre, **“Estrategias para la sostenibilidad de áreas naturales protegidas mediante la reducción del impacto de tiraderos clandestinos de residuos de construcción y demolición sobre los servicios ecosistémicos: caso ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México”**. Se indica que en la Ciudad de México, se genera hasta 14,000 ton/día de Residuos de Construcción y Demolición (SEDEMA, 2020). Estos residuos son pobremente aprovechados para el reciclaje y generalmente dispuestos en rellenos sanitarios fuera de la entidad o en tiraderos clandestinos, estos últimos, más de la mitad se localizan en suelos de conservación; tal como es el caso del Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (ANP-EXSGA), en donde se concentra hasta el 80% de las denuncias por tiraderos de RCD de la ciudad de México. El ANP-EXSGA alberga un remanente de humedal con una gran importancia ecológica y cultural a nivel nacional e internacional (Patrimonio Natural y Cultural por la UNESCO, sitio RAMSAR y patrimonio agrícola por la FAO). Está sujeta a las presiones de la expansión urbana circundante. El objetivo de la investigación fue encontrar formas de reducir el impacto sobre los servicios ecosistémicos del suelo del ANP-EXSGA derivados de los RCD. Para localizar y evaluar el impacto de los tiraderos clandestinos de los RCD se usaron imágenes satelitales y sistemas de información geográfica (QGIS 3.10), en conjunto con el Proceso Analítico Jerárquico y un Análisis Multicriterio de combinación lineal ponderada. Para generar una propuesta específica para el área, se realizaron entrevistas con algunos ejidatarios del ANP-EXSGA y

funcionarios públicos. Como resultado se obtuvieron mapas de unidades de paisaje y polígonos de componentes sociales, el primero para determinar los impactos ambientales y el segundo para los impactos sociales. Se localizaron un total de 116 tiraderos clandestinos de RCD, 60% de los cuales se ubican en zona agrícolas y de protección, especialmente en el Ejido de San Gregorio Atlapulco, mientras que el resto se ubicó en áreas urbanas que están cambiando informalmente su uso de suelo por asentamientos humanos irregulares. Las estrategias incluyen la rehabilitación de los suelos sellados por RCD en el área rural, mediante el aprovechamiento de los RCD en la implementación de tecnosoles y, para los RCD urbanos, el reúso de RCD para la producción de adoquines y mobiliario urbano para uso en jardines y parques de la Alcaldía Xochimilco.

A nivel estatal-local, Miranda Pasos et., al (2016) en su trabajo realizado, **“Estudios de la generación de residuos especiales de la construcción del fraccionamiento Portal de Romanza en Hermosillo, Sonora”**. Los residuos sólidos municipales (RSM) urbanos provienen de diferentes fuentes de generación como viviendas, comercios, tiendas de conveniencia, supermercados, parques, construcción de obra civil, entre otras. Esta última fuente es el sector que genera una importante cantidad de residuos clasificados como De Manejo Especial según la norma Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, por lo que no deben ser depositados en rellenos sanitarios municipales. En la ciudad de Hermosillo Sonora, los residuos de construcción comienzan a ser un serio problema, por lo que este trabajo intenta participar en su solución. Se realizó una medición piloto en el Fraccionamiento Portal de Romanza cuya construcción es del tipo de interés social, con la finalidad de obtener información preliminar técnica que permita determinar su impacto en términos de generación, manejo y costo. En los resultados, los de mayor cantidad corresponden al enjarre, seguido por el block y posteriormente el concreto. En el caso del papel y cartón no se pudieron convertir a unidad equivalente porque no se tienen elementos de mampostería cuya base de fabricación sean estos materiales; sin embargo, pueden ser vendidos para su reciclaje a empresas de esa industria. El impacto económico de los volúmenes de residuos y desperdicios generados y en las cantidades de mamposterías equivalentes se determinó por costo directo de mercado sin aplicar mano de obra ni costos indirectos. Concluyendo que los volúmenes de los cinco materiales considerados como residuos y/o desperdicios que se generaron representan cantidades considerables en términos de nuevos elementos de



mampostería, en particular, el estudio se realizó para un lote de 12 viviendas de interés social, con los siguientes resultados de residuos en unidades equivalentes: 16.87 m<sup>2</sup> de muro de block, 14.16 m<sup>2</sup> de piso de concreto de 10 cm de espesor, 99.20 m<sup>2</sup> de enjarre grueso de 1.50 cm de espesor, 1.05 rollos de poliducto naranja de ½ de diámetro. Económicamente, representan el costo directo de materiales aproximadamente de \$5,847.5 pesos, costos de mercado a la fecha de reporte. El manejo adecuado de los materiales en la construcción es un factor importante para la disminución de la generación de residuos y desperdicios, aunado a la disminución del impacto al ambiente y la menor generación de residuos que tienen que ser dispuestos en lugares especiales. Además, representa ahorros económicos en materiales, disposición de ellos y mano de obra, por lo que debe ser valorada la implementación de procesos que garanticen el control y manejo de la generación de los residuos en la construcción.

### **3.2 Teorías relacionadas con los Residuos de la construcción y la demolición.**

Las teorías que se toman como base en esta investigación son las siguientes: La Teoría de la Sostenibilidad, la Teoría de la Economía Circular y el enfoque de La Gestión de Residuos de la Construcción y la Demolición.

La Teoría de la Sostenibilidad tiene el propósito de satisfacer las necesidades presentes protegiendo y preservando los recursos naturales para que también se satisfagan las necesidades de las generaciones futuras y en la búsqueda de ese propósito se plantea indispensablemente un equilibrio entre aspectos económico, ambiental y social. La sostenibilidad genera la posibilidad de reutilizar los materiales, sugiriendo ser usados por segunda vez, esta característica de reúso se define como residuo, se elimina la definición de desecho pasando al ciclo continuo entre la producción y el reciclaje. En las obras se producen residuos, procediendo a clasificarlos con el fin de aprovecharlos, este aprovechamiento le da un valor convirtiéndolo en un material reutilizable sin alterar su forma y características o convertirlos a través de técnicas, modificándolo para generar productos con un nuevo uso. El constructor elige el material desechado para darle un nuevo uso, estimulando la reducción de residuos en las obras generando sosteniblemente su disposición final (Fonseca, 2019).

La Organización de las Naciones Unidas aprobaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales tienen una proyección al año 2030, motivo por el que, también son conocidos como la Agenda 2030.

La Agenda 2030 de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) es un nuevo acuerdo ético entre las naciones y las personas. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), representan una visión del futuro y trazan compromisos claros para hacerle frente a los desafíos pendientes y son un instrumento para lograr el mundo que queremos.

Los RCD que se encuentran asociados a los Objetivos del Desarrollo Sostenible son los siguientes.

- a) Objetivo N°6. Trata sobre agua limpia y saneamiento.

Gran cantidad de los RCD son depositados de manera irregular cerca de lugares donde hay fuentes de agua, tuberías, etc., lo cual, al reducirlos, ayudará a mejorar la calidad del agua reduciendo su contaminación.

- b) Objetivo N°9 habla, sobre la industria, innovación e infraestructura inclusiva y sostenible.

Con una buena articulación entre el buen manejo de los RCD, aunada a la innovación y la infraestructura, se pueden disminuir los costos de inversión en materiales. Los RCD pueden ser reutilizados y reciclados, disminuyendo costos y evitando la contaminación ambiental.

- c) Objetivo N°11 trata sobre ciudades y comunidades sostenibles.

Este objetivo nos indica que se debe de priorizar la gestión de los RCD para poder tener ciudades sostenibles, con un equilibrio económico, ambiental y social.

- d) Objetivo N°12, especifica la producción y consumo responsables.

Lo cual indica que se debe de tener un consumo responsable en los materiales de la construcción, preservando el medio ambiente, no desperdiciándolos y minimizando la cantidad de RCD.

- e) Objetivo N°15, nos habla sobre la vida de los ecosistemas terrestres.

Los RCD, hace que proliferen insectos dañinos, así mismo contamina el medio ambiente afectando la salud de los seres humanos y el buen desarrollo de las especies animales y vegetales. (ONU, 2016)

La Teoría de la Economía Circular, es un modelo, que tiene como propósito producir bienestar económico, proteger el medio ambiente y evitar la contaminación, contribuyendo al desarrollo económico. (Prieto, Jaca y Ormazabal, 2018)

El enfoque sobre la Gestión de Residuos de la Construcción y la Demolición generados en las obras, indica que los beneficios de una correcta gestión de residuos corresponden a las acertadas medidas para ejecutar la recolección, conducción a los espacios de acumulación o lugares de tratamiento habilitados y los procedimientos finales para recuperarlos o eliminarlos. “Hoy en día, la gestión integral de los residuos de construcción y demolición ha cobrado mayor importancia y se ha convertido en un proceso obligatorio en las obras de construcción” (Páez y Pacheco, 2019).

### **3.3 Problemática de los residuos de construcción y demolición.**

En la medida en que se incrementa el reúso en las obras de los RCD, se disminuye el volumen de los mismos, se reducen los costos de disposición y los impactos ambientales negativos.

De acuerdo con Laguna y su grupo de investigadores (2019), los problemas ambientales que se presentan por la disposición inadecuada de los RCD, son los siguientes:

- Obstrucción de arroyos, cañadas y barrancas
- Afectación al drenaje
- Azolve de las partes bajas e inundación de zonas aledañas en temporada de lluvias
- Afectación al medio físico y medio biótico (flora y fauna)
- Focos de contaminación por mezcla de residuos, incluso peligrosos
- Contaminación del suelo, subsuelo y acuíferos
- Afectación de zonas de recarga de agua subterránea
- Impacto visual negativo del entorno
- Proliferación de polvo, provocando enfermedades respiratorias y visuales

- Proliferación de fauna nociva
- Asentamientos clandestinos de RCD.

(Laguna, et al, 2019)

Para fines del manejo de los residuos de la construcción y demolición, los generadores de los mismos tendrán las siguientes categorías, conforme el volumen o su equivalente en masa según el tipo de material, de residuos que generen sus actividades por proyecto al año.

De acuerdo a la NADF-007-RNAT-2004, En sus Disposiciones Generales señala que: “Para efectos de la presente norma ambiental, los generadores de residuos de la construcción se clasifican de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 1** Tipos de generadores y la cantidad generada.

| <b>Categoría</b>                | <b>Requerimientos</b>   |
|---------------------------------|---|
| Mayor o igual a 7m <sup>3</sup> | Presentar un plan de manejo de residuos, de acuerdo con lo establecido en las disposiciones jurídicas aplicables.   |
| Menor de 7m <sup>3</sup>        | Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o de la delegación correspondiente.<br><br>Sin presentación de un plan de manejo de residuos. |

**Fuente:** NADF-007-RNAT-2004

Los residuos peligrosos son de competencia federal, pero, dada la posibilidad que en el proceso de demolición se tengan residuos peligrosos, estos deberán ser debidamente identificados y separados y darles el manejo conforme lo que indica la ley.

La problemática de la generación de los RCD es más crítica en ciudades que superan 2 millones de habitantes, sin embargo, en ciudades más pequeñas esta problemática es cada vez más notoria debido al gran dinamismo que presenta el sector de la construcción. (Robayo et al., 2015).

A nivel mundial, se estima que aproximadamente el 35% de RCD se destinan a sitios de disposición final. Sin embargo, esto puede variar de un país a otro. En Australia, por ejemplo,

se generan aproximadamente 19,5 millones de toneladas de RCD anuales. Un tercio de estos residuos son dispuestos directamente a vertederos (Manegaki y Damigos, 2018). En la mayoría de ciudades de China, el porcentaje de la tasa de tratamiento de los RCD está entre 3% y 10%. En Taiwán, la tasa de reutilización de RCD se encuentra entre 64%-80% y en Corea del Sur y Japón alcanza el 97% (Manegaki y Damigos, 2018).

Los residuos aprovechables, son cualquier material u objeto que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero por sus características es susceptible de ser aprovechado o reincorporado para que se le dé un nuevo uso (Díaz et al, 2019).

El modelo circular de un sistema consiste en tener siempre presente al implementar algún proceso el impacto que pueda generar. La importancia de la economía circular parte de la utilización mínima de cantidad de recursos naturales, la minimización de los recursos no renovables, la gestión eficiente de los recursos usados, manteniéndolos y recirculándolos en la construcción, minimizando los impactos ambientales, económicos y sociales.

La economía circular descansa en tres principios: El primer principio trata sobre la preservación y mejora del capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables: este principio consiste en desmaterializar la utilidad del producto desechado, para que cuando sean necesitados, puedan pasar por un proceso en el que se crean nuevos recursos renovables, generándose condiciones para la regeneración y evitando la extracción de la materia prima. El segundo principio es optimizar los rendimientos de los recursos, distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclo técnicos como biológicos. (Prieto et al, 2017).

Ghisellini, et al (2018) han indicado que el segundo principio consiste en la aplicación de las 3R (refabricar, reacondicionar y reciclar) el primer paso es recuperar el producto sin cambiar su función reparándolo para volver a ser empleado, en el caso que no pueda ser recuperado, este puede reciclarse para la creación de un nuevo producto. Finalmente, el tercer principio es promover la eficacia de los sistemas, detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos: esto trata de reducir los daños, minimizando las pérdidas; busca disminuir la dependencia de los recursos y aumentar la capacidad de recuperación (Moscoso et al, 2019).

En la aplicación de la economía circular en la construcción de edificaciones, se deben de tener en cuenta los aspectos del sistema circular que se relacionan con el ciclo de vida de los edificios, iniciando desde el diseño; indicando el residuo y especificando los materiales recuperados y reciclados; la siguiente etapa es la fabricación y suministro, con los siguientes aspectos: principios del diseño ecológico, optimizar el uso de materiales, aumentar la vida útil, diseño para estandarización y uso de materiales secundarios. En el mantenimiento, se debe minimizar el desperdicio, emplear materiales reciclados y reutilizables; en la etapa de renovación o remodelación, también se procura minimizar el desperdicio y por último se encuentra el fin de vida, donde se hace una demolición selectiva, reutilizar productos y el reciclaje. (Adams et al, 2017).

Paradowska (2016) menciona que, la cultura del reciclaje en las edificaciones, no debería afectar la economía del país, ni el empleo en las empresas de la industria, porque el sistema circular reemplaza el ciclo de vida del edificio por un nuevo ciclo circular.

Los RCD para que sean aprovechados, se necesita hacer un plan de gestión que contenga los procedimientos que se deben cumplir en la obra de edificación: 1. Contenedores específicos para evitar que los RCD aprovechables se contaminen con residuos peligrosos; 2. Selección de los materiales que se generan en el proceso de demolición. Después de la recolección se procederá al transporte de los residuos sólidos de construcción, el traslado de los RCD puede ser de modo convencional mediante el uso de equipos como dompes, o el no convencional con el uso de carretillas, en distancias cortas; siendo así como los residuos son llevados a las plantas donde serán seleccionados, separados y tratados, la distancia de transporte variará dependiendo la ubicación de los centros de acopio (Bao, et al, 2019).

Para la correcta cuantificación y caracterización de RCD se han desarrollado diferentes metodologías:

- 1.- Método visita de obra directo o indirecto.
- 2.- Método de cálculo de índice de generación.
- 3.- Método del ciclo de vida.
- 4.- Método de clasificación de Sistema, método de acumulación.

5.- Método de modelación de variables.

6.- Modelo de cuantificación de RCD mediante BIM.

De acuerdo con Tapias (2017), el procedimiento de una demolición selectiva es el siguiente:

**Procedimientos en demolición selectiva:**

- Separar los residuos sobrantes y las molduras.
- Desmontar, retiro de puertas, ventanas, tejas, montajes de agua, energía, y demás.
- Derribar la distribución del edificio y seleccionar materiales.

Mientras se realiza la demolición en una obra se hace gestión de separación estratégica, a fin de que la demolición selectiva traiga consigo más rentabilidad a diferencia de los métodos tradicionales se tienen beneficios económicos porque se aumenta la condición de materiales de demolición y al realizarse la separación en obra, se disminuyen costos en trasportes y procesos de aislar y confinar residuos (Tapias, 2017).

Con la Finalidad de generar elementos de control de gestión de los RCD, se deben de incluir formatos en los que se deberán de registrarse los datos del promotor y el responsable de la aplicación de la gestión de RCD, asimismo, la cantidad de residuos generados, su manejo en la obra, su traslado y cuales son y la cantidad de los que se aprovecharán y cuáles son los que se enviarán a disposición final, todo esto en cumplimiento con los indicadores de reúso, reciclaje en obra, fuera de obra y su disposición.

La economía circular busca cambiar los sistemas de producción y consumo, con el modelo de sistemas generativos y restauradores con el fin de conservar el valor de los recursos como: minerales, fuentes hídricas, suelos, energías y productos, impulsando la innovación, competitividad y sostenibilidad.

Este modelo busca el valor límite y uso de las materias primas, productos y residuos, para beneficiar el medio ambiente, por el cual se reducen costos para la sociedad y genera rentabilidad a los recursos; apostar a la sostenibilidad, genera crecimiento económico, mejora la biodiversidad y recursos naturales, buscándose no deteriorar los recursos, cero contaminación, y el no deterioro paisajístico entre otros (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

El objetivo de la economía circular es mantener la integridad del producto durante múltiples ciclos de uso por medio de reparación, renovación y al mismo tiempo implementar un nuevo producto que sea económicamente viable (Hollander et al., 2018).

Los desechos de construcción y demolición han venido interviniendo en las emisiones de los gases efecto invernadero, por lo cual, es fundamental brindar materiales y soluciones de construcciones ecoeficientes, acorde a la Economía circular y lograr la eficiencia en los recursos naturales, que se han venido deteriorando y afectando directamente por la urbanización y crecimiento de la población (Mercader-Moyano y Esquivias, 2020).

En el sector de la construcción, el Acuerdo de Paris exige la descarbonización global para el 2050, para evitar el aumento en la temperatura mundial. Los informes de la situación global publicados anualmente por la ONU- Medio Ambiente, la Agencia Internacional de Energía (AIE) se concentran en el sector de edificación, construcción y progreso. En el año 2018, el informe destacó que el 36% de construcción y operaciones de edificios representan a nivel global el 39% de la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (PNUMA, 2019).

A continuación, se muestra en la tabla 2, las distintas alternativas para el uso de materiales obtenidos en el proceso de demolición de acuerdo a los investigadores, Bustos et al (2017).

**Tabla 2.** Alternativas de gestión de uso de residuos.

| <b>Residuos</b> | <b>Alternativas</b>  |
|-----------------|--|
| Concretos       | Relleno de obras<br>Suelo de vías o carreteras<br>Reciclar para producir morteros y cemento<br>Aprovechar como piedras |
| Cerámicos       | Reutilizar en fachadas<br>Incorporar en acabados<br>Utilizarlos en rellenos  |



|  |   |
|--|---|
|  | Reciclar como adoquín   |
| Metales<br>(Cobre, bronce, latón, Aluminio, Plomo, Hierro, acero, metales mezclados) | Utilizar como masas para rellenar<br>Reutilizar como asfalto<br>Reutilizar en el vallado y linderos |
| Madera   | Reciclada en carpintería  |
| Vidrios  | Reciclado para ventanas, cuadros, botellas, entre otros.  |
| Plásticos  | Para productos sintéticos,  |
| Residuos de excavación   | Para rellenos y recuperar taludes<br>Para darle estabilidad al suelo, tapar socavones.              |

**Fuente:** Bustos et al., (2017).

### **3.4 Normatividad mexicana, relacionada con el manejo de residuos de la construcción en Sonora.**

Federal:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.
- Ley General de Cambio Climático y su reglamento.
- Ley de la Economía Circular.

Estatat:

- Ley Ambiental del Estado de Sonora y su reglamento.
- Ley del Estado de Sonora de Residuos y su reglamento.
- Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora y su reglamento.

Normas Oficiales Mexicanas

NOM-161-SEMARNAT-2011.

NOM-083-SEMARNAT-2003.

NMX-AA-164-SCFI-2013.

NTEA-011-SMA-RS-2008

Estrategias: Fomentar la elaboración de planes de manejo de residuos, enlistados en las normas correspondientes, estableciendo acciones de los actores en la Cadena de Valor para mejorar su control. Integrar a la Sociedad Civil, empresas y organizaciones de profesionistas (ingenieros civiles y arquitectos) en las acciones de gobierno para el manejo de los RCD con el objeto de poder generar sinergias y poder tener mejores resultados.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) entró en vigor el 5 de enero de 2004, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a un ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable mediante la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial.

La NTEA-011-SMA-RS-2008, establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción, para el Estado de México. En la Tabla 3. Se indican sus especificaciones para el manejo de los RCD.

**Tabla 3** Especificaciones para el manejo de los RCD de acuerdo a NTEA-011-SMA-RS-2008.

| NORMA                | ESPECIFICACIONES   |
|----------------------|--|
| NTEA-011-SMA-RS-2008 | a) Separación en la fuente<br>b) Almacenamiento<br>c) Recolección y transporte<br>d) Aprovechamiento<br>e) Disposición final<br>f) Instrumentos de control |

**Fuente:** NTEA-011-SMA-RS-2008.

En México desde agosto de 2013 los constructores deben de cumplir con la formulación de un plan de manejo de residuos de construcción y demolición conforme a la norma NOM-161-SEMARNAT-2011, la cual establece que los residuos de la construcción se clasifican como residuos de manejo especial, lo que obliga a realizar acciones para su reutilización y reciclaje o su correcta disposición final.

La NOM-161-SEMARNAT-2011, especifica que es una obligación para los constructores que generen más de 80 m<sup>3</sup> de residuos en cada una de sus obras, la formulación y desarrollo de un plan de manejo de residuos, con el objeto de promover estrategias que contribuyan al cumplimiento de la normatividad vigente. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) firmaron un convenio para coadyuvar en el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.

De acuerdo con lo citado en la NOM-161, los Planes de Manejo son instrumentos de Política Ambiental establecidos en la LGPGIR, para inducir a los actores de la cadena de valor, a minimizar la generación de residuos y maximizar su aprovechamiento a través de la aplicación de estrategias generales y el desarrollo de acciones específicas.

La construcción sostenible, se enfoca en la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin interferir en la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, tomando en cuenta la capacidad de la naturaleza para producir recursos, así como las posibilidades para asimilar los residuos generados (Angulo, 2020).

Es importante señalar a la Economía Circular, como parte importante en la gestión de residuos de la construcción puesto que la economía circular, nos indica que se deben de utilizar eficazmente los recursos, donde debe de primar la reducción, reutilización y reciclaje de las materias primas (Sandoval, 2017).

### **3.5 Limitantes para una buena gestión de los RCD no peligrosos.**

Huang et al., (2018), considera que una de las limitantes, es la falta de una buena planificación urbana de los municipios y lineamientos para la reducción de los RCD. Las

limitantes existentes para la reutilización de estos residuos son: la falta de orientación para la recolección y clasificación efectiva de los RCD, la falta de conocimiento y estándares para la reutilización de los RCD y la existencia de un mercado poco desarrollado para la reutilización de los mismos.

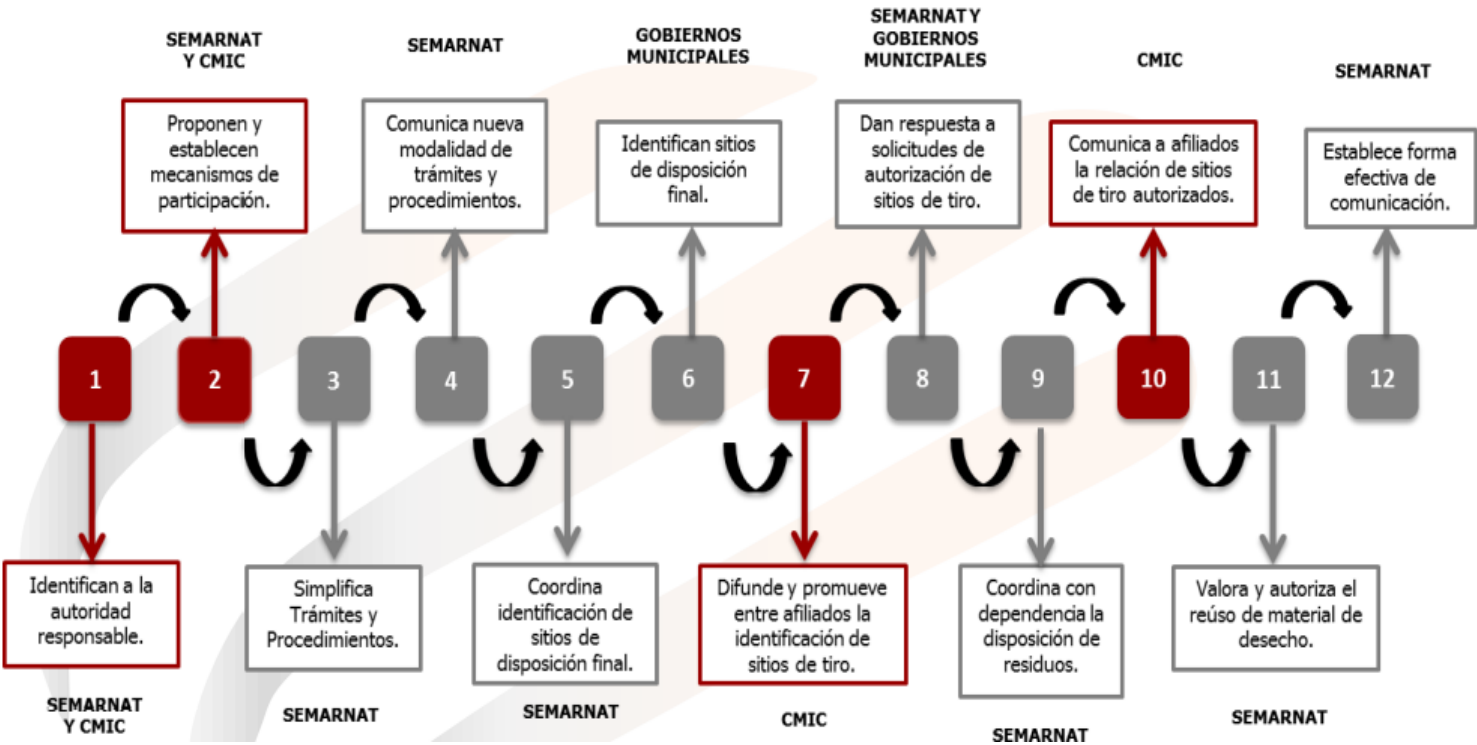
Así mismo, Huang et al., (2018) señala algunas estrategias que se pueden implementar para superar estas limitantes tales como: el diseño de un modelo efectivo de economía circular, la separación de los residuos en la fuente, la mejora en la supervisión, el control y la gestión de los mismos, la adopción de tecnologías innovadoras y de nuevos modelos de mercado. Así como, la implementación de incentivos económicos, financieros, la cultura de concientización y educación cívica sobre el cuidado del medio ambiente.

Pinzón (2014) indica en su investigación que la normatividad ambiental vigente, permite que tengan lugar infracciones y afectaciones ambientales por el inadecuado manejo de los RCD. No existen políticas, enfocadas a fomentar la reutilización y reciclaje de los RCD, lo cual, podrían contribuir a la solución de la problemática identificada.

Gálvez-Martos, (2018) considera que deben de tenerse incentivos para la recuperación y el reciclaje de productos y los sistemas de depósito y reembolso, para motivar a los generadores de residuos a optimizar el uso de los recursos, puesto que, los residuos se previenen, se manejan de modo adecuado y se tratan de un modo óptimo.

Hoy en día, en México, es necesario que la legislación relacionada con los RCD, se reforme, con el fin de actualizarse bajo los postulados de la economía circular, puesto que son las leyes la base de las políticas públicas que contienen los programas y proyectos del gobierno, buscando la competitividad y productividad bajo un estricto respeto al medio ambiente, con la optimización y aprovechamiento de los RCD.

La Cámara de la Industria de la Construcción (CMIC), ha indicado un plan de manejo en coordinación entre las diversas instancias, involucradas en el manejo de los RCD, las cuales son: SEMARNAT, Gobierno municipal, CMIC.



**Figura 2** Coordinación entre diversas instancias para el manejo de los RCD.

Fuente: CMIC (2013).

Como se indica en la figura, es el gobierno municipal el encargado de identificar los lugares estratégicos para la disposición final de los residuos, así mismo, junto con la SEMARNAT, debe de dar respuesta a las solicitudes de autorización de sitios de tiro. Las empresas deben de llenar un formato de adhesión a la CMIC, donde junto con la SEMARNAT se les autoriza el lugar para la colocación de sus RCD. La SEMARNAT, simplifica y agiliza los trámites y procedimientos, identifica junto con el gobierno municipal los lugares estratégicos de disposición final, y valora y autoriza el reúso de los materiales de desecho. La CMIC en coordinación, difunde, promueve entre sus afiliados la identificación legal de los sitios destinados al tiro de RCD.

A continuación, se muestra la tabla del análisis FODA con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los RCD.

**Tabla 4** Análisis FODA

| <b>FORTALEZAS</b>   | <b>OPORTUNIDADES</b>   |
|---|--|
| Imagen positiva y amigable con el medio ambiente  | Aumento del interés público por el cuidado del medio ambiente.   |
| Precio competitivo de los productos de los RCD  | Que haya políticas públicas que promuevan la reutilización de los RCD                                  |
| Planeación estratégica urbanística de la localización de los centros de acopio de los RCD         | Que las edificaciones que utilicen RCD sean certificadas como sustentables                             |
| <b>DEBILIDADES</b>  | <b>AMENAZAS</b>  |
| Mercado desconocido   | Informalidad del sector de la construcción.  |
| Romper los paradigmas del sector construcción para el uso de agregados reciclados o reutilizados. | Deficiente control de las declaraciones anuales de disposición de RCD para las empresas constructoras. |

**Fuente:** Elaboración propia.

La construcción sustentable, implica: Planeación a largo plazo, el uso racional de materiales, reducción de daños al medio ambiente, preservación del equilibrio ecológico, ahorro energético, correcta ubicación, lo cual, nos lleva a tener responsabilidad ambiental, a través de la gestión integral de RCD.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Generalidades.**

La presente investigación es del tipo No Experimental, puesto que no hay manipulación de variables, sino que se observa y describe el proceso y la interrelación en su entorno natural.

Es transversal porque se lleva a cabo únicamente en un periodo y sin comparación. Es un estudio de caso, se utilizó el método de observación y de análisis cuantitativo, el tipo de estudio es descriptivo.

Se llevó a cabo la revisión de artículos científicos, y la legislación vigente referente a la temática. La búsqueda de artículos científicos se realizó en el buscador web Google académico, Sciece direct, y Scopus se utilizaron las siguientes palabras clave tanto en español como en inglés: “RCD”, “Residuos de Construcción y Demolición”, “Caracterización de Residuos de Construcción”, “Construction waste management”. En relación a la normatividad, se utilizó página del Congreso de la Unión-Cámara de Diputados, área de leyes federales y estatales.

Para poder realizar la encuesta se utilizó como herramienta un cuestionario, solicitándose el apoyo a constructoras para responderlo, se utilizó el programa Google Forms, que permite crear y publicar formularios, permitiendo ver los resultados de manera gráfica, porque va analizando los datos en tiempo real, directamente en una hoja de cálculo.

### **4.2 Estudio de caso.**

El estudio pretende revisar la situación actual de la gestión de los residuos de construcción y demolición en Hermosillo Sonora, ciudad que fue considerada desde el año 2017, por el Banco Internacional de Desarrollo, como una de las ciudades emergentes y sostenibles. (BID, 2017) lo que nos indica que se está desarrollando una nueva configuración económica, con desafíos de movilidad y construcciones de infraestructura tanto vial como habitacional, Hermosillo es una ciudad que ha crecido en los últimos años y ha tenido un gran desarrollo

urbanístico y se requiere de una adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos y en particular de los RCD que se generan de la industria de la construcción.

#### **4.3 Diseño del método de recolección de datos.**

Con la finalidad de conocer la situación actual de los RCD en la ciudad de Hermosillo Sonora, y poder identificar sus limitantes y conocer la opinión de los ingenieros civiles, arquitectos y dueños de las constructoras que, por su experiencia, podrían ayudar a mejorar el manejo integral de estos residuos, se aplicó una encuesta, para lo cual, se acudió al padrón de las constructoras afiliadas a la CMIC y al acudir a la constructora se les preguntó si conocían otras constructoras en funcionamiento que no estaban afiliadas a la CMIC con la finalidad de ampliar la base de datos de las empresas constructoras en operación en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Se escogió el cuestionario como instrumento de recopilación de datos, por la facilidad y rapidez de la obtención de información, comparado con otros instrumentos como la entrevista, por la necesidad de grabadora y almacenamiento de voz, aunado a la contingencia sanitaria prevaleciente durante este periodo de trabajo. Para este tipo de trabajo de investigación se considera idónea la encuesta, porque facilita entender la realidad y las condiciones actuales de la gestión y el manejo de los RCD en la ciudad de Hermosillo.

Se aplicó primeramente una encuesta piloto para valorar si se comprenden las preguntas, la aceptación de su aplicación y el tiempo en que se realiza.

#### **4.4 Análisis de la información**

La encuesta piloto estuvo conformada por un cuestionario de 25 preguntas, de tipo abierto y cerrado, las cuales se aplicaron a constructoras de casa habitación en la zona urbana de Hermosillo, Sonora. La finalidad de la encuesta piloto fue conocer si entendían las preguntas, si les resultaban repetitivas o era imposible dar la información. Revisado el cuestionario, de acuerdo a las observaciones y sugerencias recibidas se procedió a conformarlo con 18 preguntas, de las cuales, 16 fueron de tipo cerrado y dos de tipo abierto, y se aplicó a las constructoras que accedieron a responderlo a través de Google Forms, este programa



automáticamente conforme se va contestando las preguntas las procesa; presentando información en tablas y de manera gráfica para facilitar su análisis.

A continuación, se presenta el formato y estructura del cuestionario que fue el instrumento utilizado.

## **Encuesta sobre el uso y manejo de los residuos de la construcción y demolición de obras en Hermosillo, Sonora.**

La finalidad de la presente encuesta es recolectar información para una tesis de maestría en Ingeniería Urbana del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora, cuyo objetivo es: Conocer los usos de los residuos y desperdicios de la construcción y demolición, en la construcción de casa habitación en la zona urbana de Hermosillo, Sonora. Después de analizar la información recabada, los resultados obtenidos darán respuesta a la hipótesis planteada.

Fecha de la aplicación de la encuesta. \_\_\_\_\_

Tiempo de su realización: \_\_\_\_\_

**SUBRAYE LA RESPUESTA PERTINENTE Y RESPONDA SI ES PREGUNTA ABIERTA**

### **1.- Actividades llevadas a cabo en la constructora**

Construcción \_\_\_\_\_ (1)

Mantenimiento \_\_\_\_\_ (2)

Construcción y demolición \_\_\_\_\_ (3)

### **2.- Tipo de residuos generados en sus labores**

Concreto \_\_\_\_\_ (1)

Plásticos \_\_\_\_\_ (2)

Tierra \_\_\_\_\_ (3)

Cerámica \_\_\_\_\_ (4)

Metales \_\_\_\_\_ (5)

Yeso \_\_\_\_\_ (6)

Vidrio \_\_\_\_\_ (7)

Otros \_\_\_\_\_ (8)

**3.- En que zonas de Hermosillo realiza más trabajos**

Urbana \_\_\_\_\_ (1)

Semiurbana \_\_\_\_\_ (2)

Rural \_\_\_\_\_ (3)

**4.- Conoce aproximadamente la cantidad de Residuos de la Construcción y Demolición que genera al mes \_\_\_\_\_**

**5.- ¿Que aspecto cree usted que pueda presentarse de las siguientes problemáticas que generan los Residuos de la Construcción y Demolición en Hermosillo?**

Contaminación ambiental \_\_\_\_\_ (1)

Contaminación visual \_\_\_\_\_ (2)

Daños a la salud \_\_\_\_\_ (3)

Obstrucciones de alcantarillas \_\_\_\_\_ (5)

Proliferación de fauna nociva \_\_\_\_\_ (6)

Contaminación del suelo, subsuelo y acuíferos \_\_\_\_\_ (7)

**6.- ¿Qué tipos de gestión de los siguientes residuos de la construcción ha realizado?**

Escombros mezclados lo ha reutilizado en terraplenes \_\_\_\_\_ (1)

Escombros para rellenos y sustituto de tepetate \_\_\_\_\_ (2)

Escombros mezclados para guarniciones y banquetas \_\_\_\_\_ (3)

Escombros mezclados para firmes de concreto \_\_\_\_\_ (4)

**7.- ¿En dónde deposita los Residuos de la Construcción y Demolición no peligrosos generados en la obra?**

Reutiliza \_\_\_\_\_ (1)

Lote baldío\_\_\_\_\_ (2)

Lugar especificado por el municipio\_\_\_\_\_ (3)

**8.- ¿Cuáles de las siguientes acciones realiza con los desperdicios no peligrosos generados en la obra?**

Separa los residuos\_\_\_\_\_ (1)

Los acumula sin separarlos\_\_\_\_\_ (2)

Los separa y los reutiliza\_\_\_\_\_ (3)

**9.- Si usted separa y reutiliza los residuos, ¿Cuáles son los más comunes que reutiliza?**

Concreto\_\_\_\_\_ (1)

Tierra\_\_\_\_\_ (2)

Tuberías de PVC\_\_\_\_\_ (3)

Vidrios\_\_\_\_\_ (4)

Ninguno \_\_\_\_\_ (5)

**10.- ¿En dónde reutiliza los residuos de la obra?**

En la misma obra de donde se obtuvieron\_\_\_\_\_ (1)

En otra obra \_\_\_\_\_ (2)

Los dono a quien lo solicita\_\_\_\_\_ (3)

**11.- ¿Aproximadamente cuánto gasta en el transporte de retiro de materiales de construcción y demolición? \_\_\_\_\_**

**II.- Por favor responda las siguientes preguntas de acuerdo a la siguiente escala:**

12.- Como considera la conciencia ambiental para los encargados de la construcción\_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

13.-Como considera el cumplimiento de la legislación en relación a los RCD\_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

14.- Como considera el aumento a las multas y su seguimiento en el vertido de RCD \_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

15.- Tener buena planificación de los materiales que se van a utilizar en la obra \_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

16.- La reutilización de los materiales en las obras de construcción \_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

17.- Incentivos económicos y fiscales en la disposición de RCD \_\_\_\_\_

①nada importante,②poco importante,③medio importante,④importante,⑤muy importante

18.- Comparta su opinión sobre cómo se puede mejorar la disposición de los Residuos de la Construcción y Demolición en Hermosillo.

---

---

---

¡Gracias!

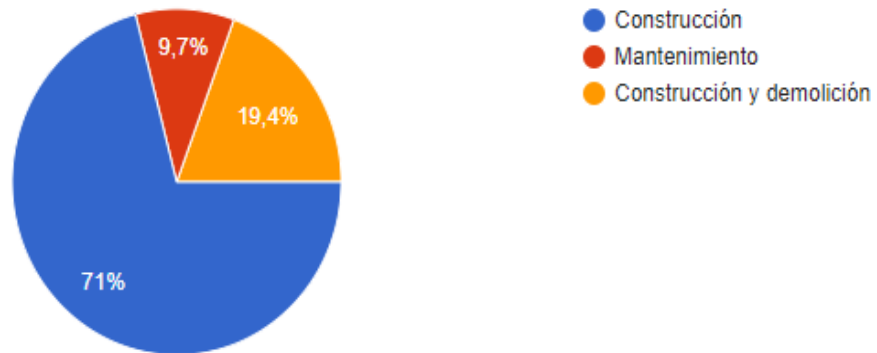
Nota: Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del cuestionario

### 1.- Actividades llevadas a cabo en la constructora

31 respuestas

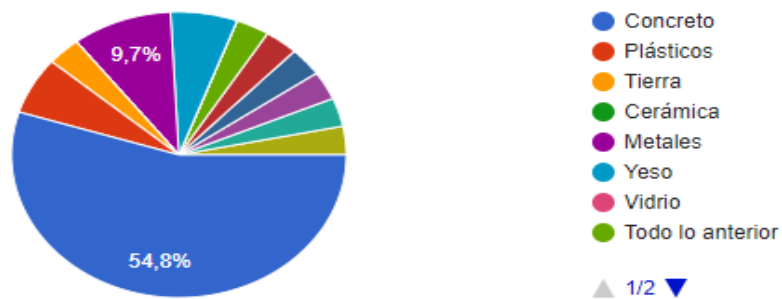


**Fuente:** Elaboración propia.

De las actividades que se llevan a cabo en las constructoras, el 71% de los encuestados respondieron que se dedican solo a la Construcción, el 19,4% Construcción y Demolición y el 9.7% al Mantenimiento.

### 2.- Tipo de residuos generados en sus labores

31 respuestas

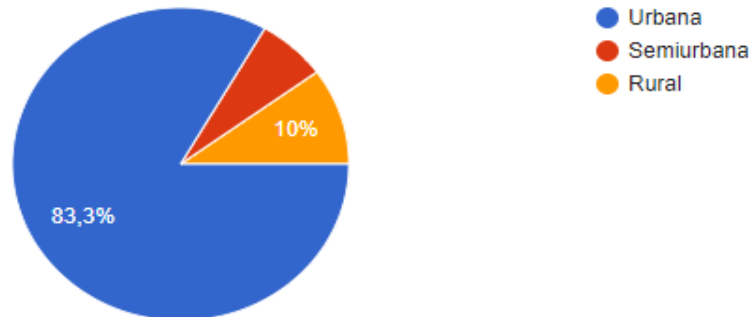


**Fuente:** Elaboración propia.

El 54.8% de los encuestados coincidió que el concreto era el residuo, que más generaban en sus labores, con un 9.7% respondió los metales y el 8.5% yeso, 7% plásticos, 3% tierra, 2.64% cerámicas, el 2,5% vidrios, 11,86% todo lo anterior.

### 3.- En que zonas de Hermosillo realiza más trabajos.

30 respuestas



**Fuente:** Elaboración propia.

En las zonas de Hermosillo que más se realizan trabajos, el 83.3% de los encuestados respondieron que era en la Zona Urbana, el 10% en Zona Rural y el 6.7% en Zona Semiurbana.

### 4.- Conoce aproximadamente la cantidad de Residuos de la Construcción y Demolición que genera al mes.

30 respuestas

|  |
|--|
| No   |
| no   |
| 30 m3  |
| No   |
| 500 m3 aproximadamente por obra, en el momento estamos trabajando en 6 proyectos. serian 2.8 toneladas al mes en total |
| 1,500 kg   |
| 350Kg  |
| 50ton  |
| Variable   |



4.- Conoce aproximadamente la cantidad de Residuos de la Construcción y Demolición que genera al mes.

30 respuestas

|             |
|-------------|
| 14 m3       |
| Es variable |
| 10 m3       |
| NO          |
| 20m3        |
| 250 kg      |
| Si, 60 m3   |
| 50KG        |
| 5 m3        |

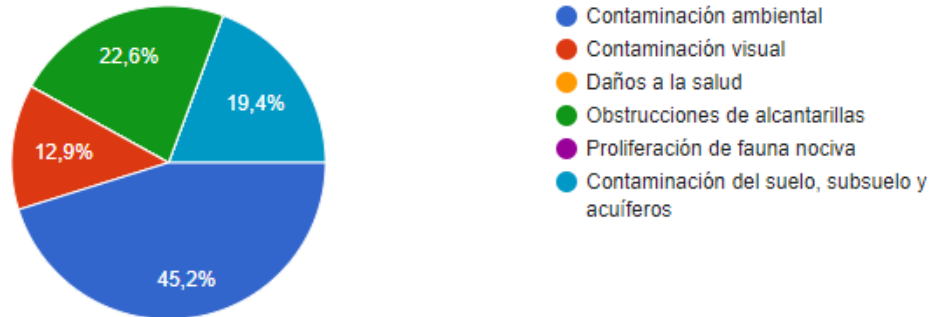
Se presenta la información en términos de lo que indica la NOM-161-SEMARNAT-2011. En relación a porcentajes, por arriba y por abajo de los 80 m<sup>3</sup>

| Característica      | Porcentaje (%) |
|---------------------|----------------|
| < 80 m <sup>3</sup> | 10             |
| > 80 m <sup>3</sup> | 90             |

**Fuente:** Elaboración propia.

5.- ¿Qué aspecto cree usted que pueda presentarse de las siguientes problemáticas que generan los Residuos de la Construcción y Demolición en Hermosillo?

31 respuestas

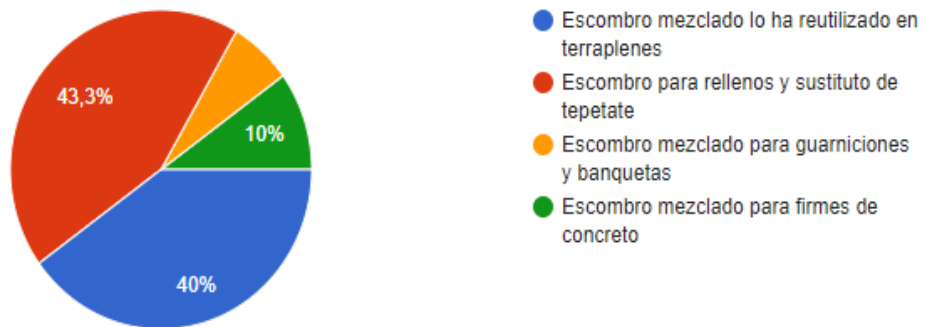


**Fuente:** Elaboración propia.

De las problemáticas que generan los RCD en Hermosillo el 45.2% de los encuestados respondieron que es la contaminación ambiental, el 22.6% Obstrucciones de alcantarillas, 19.4% Contaminación del suelo, subsuelo y acuíferos y el 12.9% Contaminación visual.

6.- ¿Qué tipos de gestión de los siguientes residuos de la construcción ha realizado?

30 respuestas

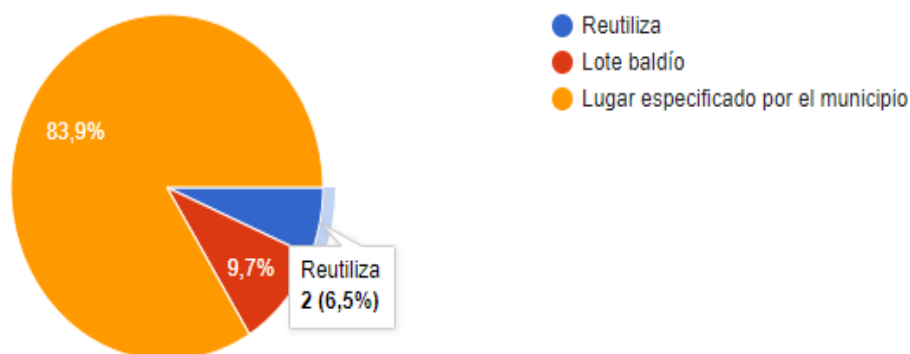


**Fuente:** Elaboración propia.

En relación a los tipos de gestión de residuos de la construcción que hayan realizado, el 43.3% respondió que utilizan el escombros para rellenos y sustituto de tepetate, 40% escombros mezclados lo ha reutilizado en terraplenes, 10% escombros mezclados para firme de concreto y el 6.7% de escombros mezclados para guarniciones y banquetas.

7.- ¿En dónde deposita los Residuos de la Construcción y Demolición no peligrosos generados en la obra?

31 respuestas

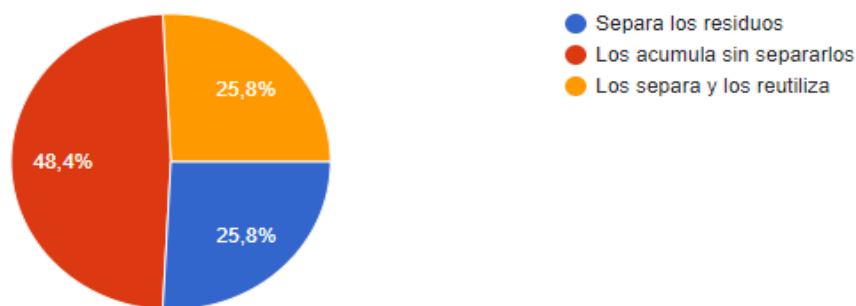


**Fuente:** Elaboración propia.

En relación a los lugares donde depositan los RCD no peligrosos generados en las obras, el 83.9% respondió que un lugar especificado por el Municipio y el 9.7% en un lote baldío y el 6.5% los reutiliza.

8.- ¿Cuáles de las siguientes acciones realiza con los desperdicios no peligrosos generados en la obra?

31 respuestas

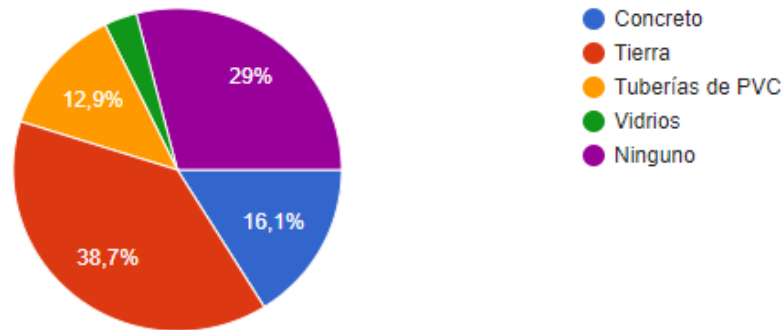


**Fuente:** Elaboración propia.

Las acciones que se realizan con los desperdicios no peligrosos generados en la obra; el 48.4% respondió que los acumulaban sin separarlos, 25.8% que los separaba y los reutilizaba, 25.8%.

9.- Si usted separa y reutiliza los residuos, ¿Cuáles son los más comunes que reutiliza?

31 respuestas

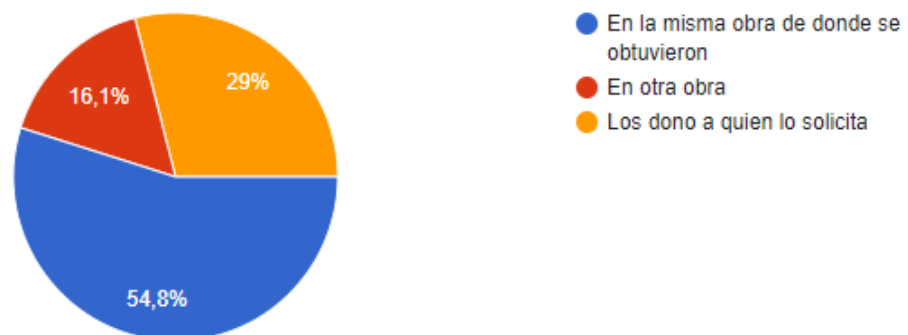


**Fuente:** Elaboración propia.

En relación a los residuos más comúnmente reutilizan; el 38.7% respondió que la tierra, el 29% que no reutilizaban ninguno, 16.1% el concreto, 12.9% tuberías de PVC y el 3.3% los vidrios.

10.- ¿En dónde reutiliza los residuos de la obra?

31 respuestas



**Fuente:** Elaboración propia.

El lugar donde se reutilizan los residuos de la obra; el 54.8% respondió que en la misma obra de donde se obtuvo, 29% los donaba a quien se lo solicitara y 16.1% en otra obra.

11.- ¿Aproximadamente cuánto gasta en el transporte de retiro de materiales de construcción y demolición?

29 respuestas

|   |
|---|
| 10000   |
| el viaje de escombros aproximadamente lo pagamos en |
| 1200  |
| \$4,000   |
| no lo he cuantificado                               |
| 250   |
| 15-20mil pesos mensuales                            |
| una feria   |
| Variable  |

11.- ¿Aproximadamente cuánto gasta en el transporte de retiro de materiales de construcción y demolición?

29 respuestas

|                      |
|----------------------|
| 50000                |
| \$2000               |
| 6000 mensual         |
| Más de 30 mil al mes |
| 2000 pesos           |
| 1300 EL FLETE        |
| 1300/8m3             |
| \$1000.00            |
| 75 mil pesos         |

11.- ¿Aproximadamente cuánto gasta en el transporte de retiro de materiales de construcción y demolición?

29 respuestas

\$1500.00 POR VIAJE  
 1,500  
 1,000 a 2,000  
 15 a 20 mil  
 2,000  
 14mik  
 1000 por viaje y máquina  
 1300 POR VIAJE DE 7 M3  
 2500

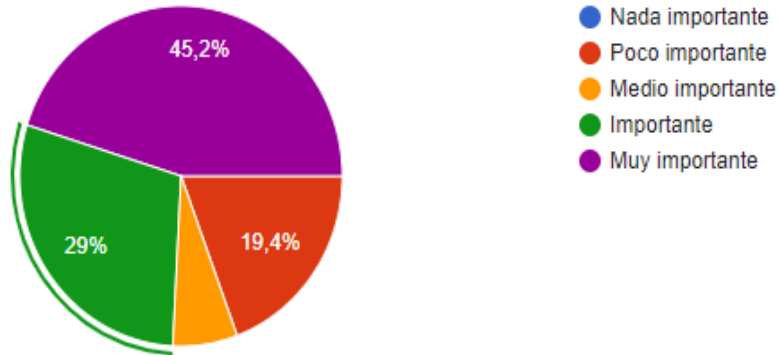
¿Cuánto gasta en el transporte del retiro de los residuos de la construcción y demolición?, la respuesta fue muy variable, porque depende del tipo y magnitud de la obra.

| Costo (Por viaje) | Número de viajes | Total   | Porcentaje (%) |
|-------------------|------------------|---------|----------------|
| \$1,600.00        | 2                | \$3,200 | 30             |
|                   | 6                | \$9,600 | 40             |
|                   | 1                | \$1,600 | 10             |
|                   | 4                | \$6,400 | 20             |

**Fuente:** Elaboración propia.

12.- Como considera la conciencia ambiental para los encargados de la construcción

31 respuestas

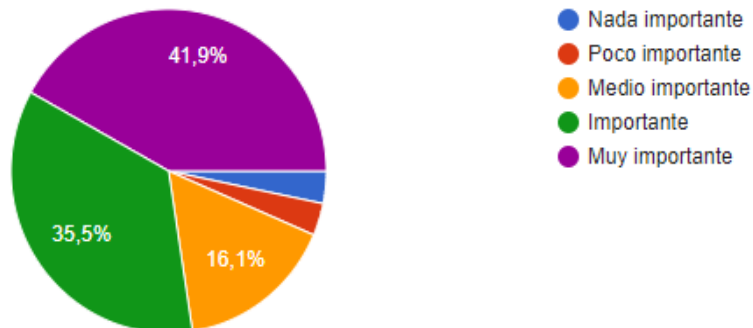


**Fuente:** Elaboración propia.

Con respecto a la conciencia ambiental de los encargados de la construcción el 45.2% de los encuestados respondieron que es muy importante, el 29% es importante y el 19.4% considera que es poco importante y el 6.4% consideran que es medio importante.

14.- Como considera el aumento a las multas y su seguimiento en el vertido de RCD

31 respuestas

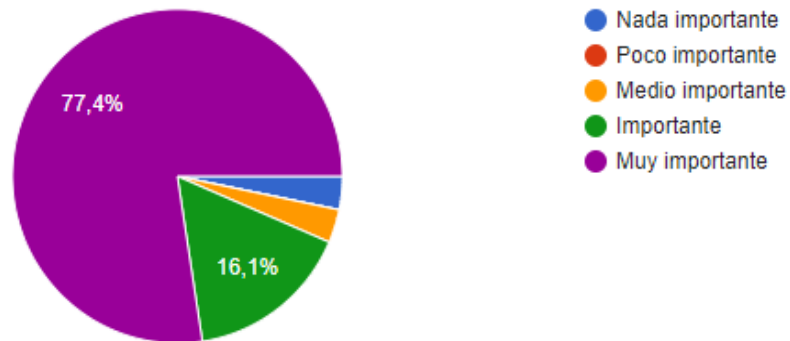


**Fuente:** Elaboración propia.

La pregunta: ¿Cómo considera el aumento a las multas y su seguimiento, en el vertido de RCD? El 41.9% respondió que es muy importante, el 35.5% considera que importante, y el 16.1% medio importante el 3.5% poco importante y el 3% nada importante.

15.- Tener buena planificación de los materiales que se van a utilizar en la obra

31 respuestas

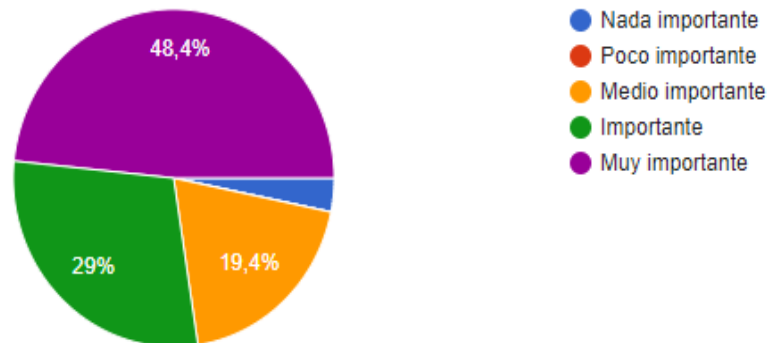


**Fuente:** Elaboración propia.

En relación a la pregunta ¿Se debe de tener una buena planificación de los materiales que se utilizarían en la obra? El 77.4% respondió que es muy importante y el 16.1% importante, el 3.5% medio importante, el 3% nada importante.

16.- La reutilización de los materiales en las obras de construcción

31 respuestas



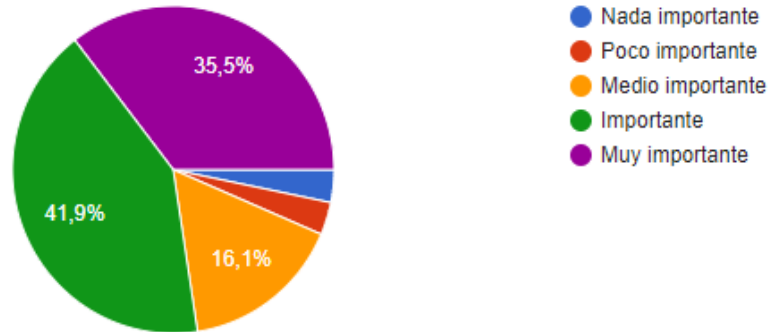
**Fuente:** Elaboración propia.

En lo concerniente a la reutilización de los materiales en las obras de construcción, las respuestas fueron: 48.4% muy importante, 29% importante y el 19.4% medio importante y el 3.2% nada importante.



## 17.- Incentivos económicos y fiscales en la disposición de RCD

31 respuestas



**Fuente:** Elaboración propia.

Sobre lo relacionado a los incentivos económicos y fiscales en la disposición de RCD. El 41.9% de los encuestados respondieron que es importante, 35.5% muy importante, 16.1% medio importante, el 3.5% respondió que nada importante y en 3% poco importante.

En relación a la pregunta: Comparta su opinión sobre ¿cómo se puede mejorar la disposición de los RCD en Hermosillo? Se presentan las respuestas que se obtuvieron.

- Crear más bancos de materiales.
- Aplicar multas a las obras que obstruyan banquetas y calles.
- Mejores programas de reutilización de RCD.
- Evitar al máximo el desperdicio de materiales, reutilizándolos y presupuestando bien.
- Que el municipio designe más espacios como tiraderos de escombros.
- Darle capacitación al personal de las obras sobre el manejo de los RCD.
- Incentivar las recicladoras.
- Rellenos sanitarios bien supervisados.
- La promoción de empresas que se dediquen al reciclaje y reutilización de las demoliciones.

Algunas propuestas de usos de RCD de Bustos et al (2017), fueron también indicadas por los encuestados quienes también hicieron otras propuestas.

**Tabla 5** Propuestas de las constructoras encuestadas sobre los usos de los RCD.

| <b>Residuos</b>  | <b>Alternativas</b>  |
|--|--|
| Concretos  | Relleno en obras y socavones, pisos, banquetas, carreteras. Reciclar para producir morteros y cemento, aprovecharlos mezclados como piedras en cimentación.  |
| Cerámicos  | Reutilizar en fachadas, la padecería para pisos y figuras en paredes; en adoquines, pulverizado el vitropiso y mezclado con cemento, sirve como emboquillado y se le puede dar color, en baldosas, se puede incorporar en acabados texturizados y utilizarlos en rellenos. |
| Metales<br>(Cobre, bronce, latón, Aluminio, Plomo, Hierro, acero, metales mezclados) | Para rellenar, reutilizar como asfalto, en decoración de paredes y en cuadros, revestimientos, marcos de ventanas, mobiliario de jardín.   |
| Madera   | Reciclar en carpintería, machimbres, como vigas para techos y viguetas sobrepuestas en techo para acabados rústicos, como pilares sobrepuestos, madera estructural, arreglos como cornizas, en decoración de interiores, como cortineros, marcos de ventanas, tableros.    |
| Vidrios  | Reciclado para ventanas, cuadros, botellas, ecodiseño.   |

|                        |  |
|------------------------|--|
| Plásticos              | Para productos sintéticos como tejas de plástico, laminados de plástico para cocheras y tejabanés, decoración de interiores, reutilizados como lienzos de pinturas, ecodiseño para decoración. |
| Residuos de excavación | Para rellenos y recuperar taludes, para darle estabilidad al suelo, rellenar socavones, nivelaciones del terreno.  |

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de los ítems del cuestionario, indican que la falta de responsabilidad y control de los responsables de la generación de los RCD genera impactos negativos ambientales.

En relación a la normatividad aplicable.

La NOM-161-SEMARNAT-2011, especifica que es una obligación para los constructores que generen más de 80 m<sup>3</sup> de residuos en cada una de sus obras, la formulación y desarrollo de un plan de manejo de residuos, con el objeto de promover estrategias que contribuyan al cumplimiento de la normatividad vigente.

Los beneficios de la aplicación de la economía circular en la construcción, contribuyen al crecimiento económico y a la innovación de productos reciclados, así también genera impacto positivo en el medio ambiente y se ofrecen fuentes de trabajo.

Los beneficios ambientales que se generan en la disminución de los RCD, son la reducción de contaminación ambiental, como: proliferación de fauna nociva, proliferación de polvo lo cual contamina el aire y provoca enfermedades respiratorias, contaminación de agua subterránea y superficial, contaminación del suelo y del subsuelo, afectación de la flora y fauna del lugar, afectación del drenaje natural, entre otros.

Los beneficios económicos son el ahorro de costos en los materiales reutilizados en la misma obra y el ingreso por venta de productos para su reciclaje o reutilización.

Los beneficios sociales son la generación de empleo y la generación de la concientización del no desperdicio, reciclado y reutilizado, para evitar la contaminación ambiental.

En Hermosillo Sonora, si se llevara a cabo la reutilización de materiales de construcción y demolición, por medio de un centro de acopio y/o transferencia de materiales, redituaría en ahorros económicos, sería las construcciones más sustentables, se mitigaría el impacto ambiental y reduciría la huella ecológica; asimismo, la clasificación e inventario de los residuos disminuye los riesgos de trabajo, como accidentes ocasionados por tener los materiales expuestos y mal organizados dentro de la obra.

El gobierno del municipio de Hermosillo, tiene el deber de eliminar los centros de acopio clandestinos, sobre todo los que se presentan en terrenos baldíos y a los lados de las carreteras. El gobierno debe realizar actividades que consoliden un adecuado manejo de residuos generados en las obras, así también asegurar la implementación centros de acopio o de recolección para acumular residuos procedentes de obras hasta su disposición final. Esta disposición final se refiere a los lugares específicos para depositar los escombros, que están ubicados en función de la zonificación indicadas en los planes de desarrollo urbano de las ciudades y el reglamento sobre gestión y manejo de residuos que se producen en obra, los municipios en función de sus atribuciones sanitarias controlan y fiscalizan de acuerdo con lo dispuesto con la normativa vigente sobre gestionar y manejar los residuos de la actividad constructiva.

En la Cumbre de las Naciones Unidas los países miembros, entre ellos México, han adoptado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el cumplimiento de la Agenda 2030 en un llamado para proteger al planeta.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos dispone en su artículo 4, párrafo quinto que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos define a la gestión integral de residuos como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas y de planeación, así como de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales.

En el Código Penal del estado de Sonora, vigente, se especifica , en su título vigésimo tercero, que trata sobre los Delitos contra el ambiente y la gestión ambiental, en su Capítulo único, artículo 339, fracción II: fabrique, transporte, comercie, distribuya, acopie, almacene, posea, use, reúse, recicle, recolecte, trate, deseche, descargue, disponga o, en general, realice actos con residuos de manejo especial o residuos no peligrosos u ordene la realización de cualquiera de estas actividades que ocasionen daños al ambiente o a los ecosistemas; siendo los RCD considerados como residuos de manejo especial.

En ese mismo artículo en la fracción VII. Dañe, deseque o rellene los terrenos de los cauces y los de los vasos de lagos, lagunas, humedales o esteros de jurisdicción estatal, u ordene la realización de cualquiera de estas actividades, ocasionando daños al ambiente o a los ecosistemas. Lo cual no se habla directamente de los RCD como se hizo en el Código Penal del Distrito Federal, a través del artículo 344, se indica que: Se le impondrán de 1 a 5 años de prisión y de 300 a 1,500 días multa, a quien descargue o deposite hasta un metro cúbico de residuos sólidos de la industria de la construcción en algún lugar no autorizado.

Se le impondrán de 3 a 9 años de prisión y de 1,000 a 5,000 días multa, a quien descargue o deposite más de un metro cúbico de residuos sólidos de la industria de la construcción en algún lugar no autorizado

Se analizó el Reglamento de Construcción de Sonora, se observó que en ningún caso se establecen acciones de Gestión y Manejo Integral de los RCD, sólo se indican acciones relativas al almacenamiento temporal de insumos y material de escombros, estableciendo tiempos y lugares de permanencia, condiciones de señalamiento y especificaciones generales para el desalojo y traslado, referidas a la reglamentación de vialidad y tránsito.

Nota: Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1 Conclusiones.

Tomando como base los resultados de las encuestas, podemos decir que:

- ✓ El 54.8% de los encuestados coincidió que el concreto es el residuo que más generan en sus labores, con un 9.7% respondió los metales y el 8.5% yeso, 7% plásticos, 3% tierra, 2.64% cerámicas, el 2,5% vidrios, 11,86% todo lo anterior.
- ✓ El 90 % generan menos de 80m<sup>3</sup> de RCD.
- ✓ Están conscientes el 45% que se produce afectación el medio ambiente.
- ✓ El mayor uso de los RCD es para rellenos, seguido por la utilización en terraplenes, principalmente.
- ✓ Los residuos peligrosos los disponen en lugares especificados por el municipio.
- ✓ La mayor parte de los encuestados acumula los RCD sin separar, seguido de la separación y la reutilización.
- ✓ En cuanto a los residuos más comunes a reutilizar, se determinó que es la tierra seguida por el concreto, siendo estos realizados en la misma obra donde se generan.
- ✓ En cuanto al costo del retiro del RCD, señalan que es considerable.
- ✓ Al menos dos terceras partes de las constructoras están de acuerdo que es importante la consciencia ambiental y la reutilización de los RCD.

Cabe destacar de la encuesta que, la gestión de los RCD al utilizarlos como relleno y sustituto del tepetate y mezclados puede ser utilizado en terraplenes y para firmes de concretos. Así mismo el 48.4% de las constructoras que respondieron el cuestionario, consideran que mezclan los RCD sin separarlos, y solo el 25.8% los separa y los reutiliza, siendo principalmente la tierra la que reutiliza seguida del concretos y tubería de PVC en buen estado, se reutilizan en la misma obra de donde se obtuvieron y, el 83.9% de las constructoras deposita los RCD en lugares destinados para ello por el municipio.

Los resultados a las preguntas de investigación planteadas fueron:

1.- ¿Tener en Hermosillo, un centro de acopio y/o transferencia de materiales, es la solución para la problemática del destino final de los residuos de construcción y demolición?

La respuesta fue Sí, y no solo uno sino varios, distribuidos estratégicamente en Hermosillo.

2.- ¿Un centro de acopio y/o transferencia beneficiaria a la población de escasos recursos que quiera construir o ampliar su vivienda?

La respuesta fue positiva, porque al divulgarse su ubicación la población de escasos recursos puede comprar materiales para la construcción de sus viviendas, a precios más económicos.

La hipótesis de la investigación, “la implementación de un centro de acopio y/o transferencia de materiales, en Hermosillo, es una alternativa favorable que podría minimizar los costos de construcción y su impacto ambiental”, fue acertada, por lo que podemos decir que se alcanzó el objetivo de conocer el uso y destino de los RCD en Hermosillo, por medio de las encuestas realizadas a las constructoras que accedieron responder el cuestionario y exponer las actividades relacionadas con los RCD.

Además, se desprenden las siguientes consideraciones:

- Es importante que los encargados de las obras de construcción tengan conciencia ambiental, que conozcan y cumplan con la legislación correspondiente a los RCD y que se apliquen multas más altas a las constructoras que los depositen en lugares no especificados por el municipio. Así mismo consideran que se debe de tener una buena planificación de los materiales que se van a utilizar en las construcciones y debe de haber incentivos fiscales y económicos para las constructoras que demuestren que ha acatado los lineamientos de la disposición final de los RCD.
- Se debe de tener en cuenta que, el municipio de Hermosillo disponga de más espacios donde depositar los RCD, capacitar al personal de las constructoras sobre la disposición final de los RCD, que se tengan más incentivos para el establecimiento de recicladoras y que por parte del municipio se tenga más supervisión de los rellenos sanitarios.
- Las constructoras de Hermosillo, no llevan a cabo una gestión integral de los residuos de construcción y demolición, generando posibles efectos negativos en el medio



ambiente, ni tampoco efectúan inventarios con bases de datos con la cantidad de residuos generados en las obras, ni toman en cuenta los preceptos de la economía circular.

- El análisis realizado sobre esta problemática, puede ayudar a orientar futuras investigaciones sobre el tema de la gestión integral de residuos de construcción y demolición, tales como: Usos del software ArcGIS para detectar en el municipio de Hermosillo, posibles tiraderos de RCD clandestinos y especificar su ubicación.
- El manejo integral de los RCD, ayuda a incrementar la competitividad de las constructoras, mayor transparencia durante el proceso de gestión, los datos obtenidos pueden ayudar en la creación de programas gubernamentales sobre los RCD, cultura sobre el respeto del medio ambiente y actualizar la normatividad, y tomar en cuenta que es indispensable que las constructoras cuenten con un Plan de Gestión de RCD.

Finalmente, se concluye que la tesis ofrece la visión de las constructoras de Hermosillo, sobre el manejo, que se está dando a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y las acciones pertinentes que se deben tener en cuenta para la elaboración de un adecuado plan de gestión de residuos y, para ello, es necesario que las constructoras tengan conocimiento de la normatividad vigente relacionada con los RCD para poder lograr un cambio cultural sobre su manejo sustentable y prevenir el uso de los lugares no especificados por el ayuntamiento de Hermosillo, porque se pueden convertir en potenciales focos generadores de enfermedades y contaminación ambiental, con impactos negativos en las áreas sociales, económicas y ambientales.

## **6.2 Recomendaciones.**

- Actualizar las Normas Oficiales Mexicanas, relacionadas con los RCD, de acuerdo a la normatividad vigente a nivel nacional y acorde a los convenios, tratados y acuerdos que México ha firmado relacionados con los RCD y el medio ambiente a nivel internacional.

-Reformar el Código Penal del estado de Sonora, acorde a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, puesto que los RCD son considerados de Manejo Especial (Art. 19 Fracción VII) y son Sujetos a Planes de Manejo (Art. 28 Fracción III), por lo que su incumplimiento debe de tener una sanción y debe ser considerado su mal manejo como un delito tipificado.

- Tener control de la obra para la separación de los RCD en el lugar de origen y su reutilización en el mismo sitio.

-Generar, herramientas de control efectivo para los lugares reciben los RCD en Hermosillo, controlando y vigilando su transporte y disposición, por parte de las autoridades competentes, para erradicar los tiraderos clandestinos. +

-Llevar el control por medio de expedición de licencias que incluyan el reporte de disposición de los RCD de cada obra realizada, llenando un formato que registre la cantidad y el tipo de materiales generados y a quienes hagan caso omiso, se implementen multas y otros tipos de sanciones, hasta la clausura de la obra.

-Establecer estrategias de capacitación y divulgación de la problemática ambiental y social derivada del inadecuado manejo de los RCD haciendo conciencia social de los beneficios sociales, ambientales y económicos del reúso de los materiales de construcción.

- Apoyo gubernamental en la creación de cooperativas y microempresas orientadas al manejo de los RCD.

-Instalación de carteles en lugares de depósito de RCD clandestinos y posibles lugares donde puedan depositarlos, que indiquen su prohibición, multa correspondiente y que están siendo monitoreados por las cámaras de seguridad que se encuentran en las calles y bulevares.

-Es importante que, en el presupuesto de la realización de la obra, definir la cantidad destinada a la correcta disposición de los RCD, el cual es generalmente el 2% del costo total de la obra.

-Incorporar el concepto de agregados reciclados en el Tabulador General de Precios Unitarios (CIPU)

-Realizar la certificación de edificaciones sustentables que cumplan con criterios del mejor desempeño ambiental en materia de manejo de RCD.

-El gobierno municipal debería de crear un manual para la gestión de los RCD, donde se especifique la normatividad vigente, flujogramas, organigramas de las autoridades competentes, la clasificación de los RCD, el plan de gestión, almacenamiento, tratamiento, reutilización, seguimiento y control.

La gestión integral de RCD es parte trascendental de la Construcción Sostenible, aportando beneficios sociales, económicos y medio ambientales; la economía circular, en su proceso de reutilización de materiales de construcción, generará mayor rentabilidad para los proyectos constructivos e incrementará la generación de empleo.

Nota: Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alberruche et al., (2018) Guía para la rehabilitación de huecos mineros con residuos de construcción y demolición (RCD). España: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>, 2018, pp. 1-313.

Angulo Zavaleta, V. L. (2020). Materiales alternativos sostenibles empleados en la construcción: Una revisión de la literatura científica. Universidad Privada del Norte.

Banco mundial (2018) What a Waster 2.0. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-togrow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

Bao, Z., Lu, W., Chi, B., Yuan, H., & Hao, J. (2019). Procurement innovation for a circular economy of construction and demolition waste: Lessons learnt from Suzhou, China. *Waste Management*, 99, 12-21.

Bustos, C., Pumarejo, L., Cotte, E., & Quintana, H. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión Construction demolition waste (CDW), a perspective of achievement for the city of Barranquilla since its manageme. *Ingeniería de Desarrollo*, 35(2), 533–555. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85252030015.pdf>

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción- CMIC, (2014). Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición. Disponible en: <https://www.cmic.org.mx>

Chavira Ibarvo, M., Ibarvo Urista, V. y Quijano Vega, G. A. (2020). Índice de factores que inciden en el desarrollo de las zonas metropolitanas de México. Publicaciones UNAM, Méx.

Chen K, Wang J, Yu B, Wu H y Zhang J. (2021) “Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 287, obtenido de Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125071.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de México. (CEFP). Cámara de Diputados, (2019) disponible en:

<https://www.cefp.gob.mx/indicadores/gaceta/2019/iescefp0142019.pdf>

Conislla, J. (2014). Caracterización de los residuos de la construcción. *Civilizate*, 25- 27.

Díaz Rosero, Jiménez Bolaños, L., y Tronchez Sánchez, N. (2019). Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 87-93.

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Hacia una Economía Circular - Resumen Ejecutivo*. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF\\_Spanish\\_exec\\_pages-Revise.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf)

Flechas, S. H., y González, L. R. (2016). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de tecnología*, 15(1), 57-76.

Fonseca Hernández, R. (2019). El desarrollo sostenible humano local: La evolución de la inclusión del territorio en las teorías del desarrollo. *Economía y Desarrollo*, 162(2).

Gálvez-Martos, J.; Styles, D.; Schoenberger, H. y Zeschmar-Lahl, B. (2018) Construction and demolition waste best management practice in Europe. En: *Resources, Conservation and Recycling*. Vol.136, p.166-178. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>

Gálvez-Martos, J., Istrate, I.R. (2020). Gestión de residuos de construcción y demolición.

[https://www.researchgate.net/publication/339260413\\_Construction\\_and\\_demolition\\_waste\\_management](https://www.researchgate.net/publication/339260413_Construction_and_demolition_waste_management)

Giesekam, J., Densley, D., Adams, N., Stief, P., Dantan, J., Etienne, A., & Siadat, A. (2018). ScienceDirect ScienceDirect Barriers and drivers in a circular economy : the case of the built France of the built Barriers and drivers circular economy : the case environment environmentb analyze the functional A new and physical architecture Katherine . *Procedia CIRP*, 80, 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>

Ghisellini, P., Ripa, M. y Ulgiati, S. (2018). Exploración de los costos y beneficios ambientales y económicos de un enfoque de economía circular para el sector de la construcción y la demolición. Una revisión de la literatura. *Revista de Producción más Limpia*, 178, 618-643.

Hollander, D., Version, D., & Hollander, D. (2018). *MANAGING*. <https://doi.org/10.4233/uuid>

Huang, B; Xiangyu, W.; Harn Kua; Yong G; R, Bleischwitz, Jingzheng, R. Construction and Demolition Waste Management in China through the 3R Principle. (2018) En: Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 129, p. 36-44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>

INEGI (2020) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Censo General de Población y Vivienda 2020. Recuperado de [https:// www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/)

Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Changxin Wang, C., y Vivian W.Y., T. (2020). A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 100019. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100019>

Laguna, C., Sánchez, A., y Laguna, J. (2019). Los costos medioambientales en la gestión de la sostenibilidad de los recursos naturales de las empresas que realizan inversiones constructivas. *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional*, 1(4).

Ley de INFONAVIT

Lomelí R.A. (2022) Estrategias para la sostenibilidad de áreas naturales protegidas mediante la reducción del impacto de tiraderos clandestinos de residuos de construcción y demolición sobre los servicios ecosistémicos. Caso Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México. Tesis maestría en ciencias de la sostenibilidad. UNAM. Mex.

Maciel, T.; Stumpf, M.; Kern, A.(2016) Propuesta de Sistema de Gestión Para la Planificación y Control de Residuos de la Construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, v. 31, n. 2.

Menegaki, M. y Damigos D. (2018) A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. En: Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. Vol. 13. p. 8-15. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.010>

Miranda Pasos, I., Almada, A. C. B., Arvizu, J. F. G., Pacheco, J. Q., Morales, E. E. M., Andrade, G. R. (2016). Estudio de generación de residuos especiales en la construcción del fraccionamiento Portal de Romanza en Hermosillo, Sonora. *Epistemus*, 10(20), 74-80.

Moscoso Paucarchuco, K. M., Rojas León, C. R., y Beraún Espíritu, M. (2019). La economía circular: modelo de gestión de calidad en el Perú. 1 (02), 189–202.

NADF-007-RNAT-2004 Norma ambiental para el Distrito, que establece la clasificación y las especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal.

PROY-NADF-007-RNAT-2019 Proyecto de Norma Ambiental para la ciudad de México, que establece la clasificación y especificaciones de manejo integral para los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de México. Gaceta Oficial de la Ciudad de México (2021).

NADF-007-RNAT-2013. Norma Ambiental para el Distrito Federal que establece la clasificación y especificaciones del manejo para los Residuos de la Construcción y Demolición en el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal.

NOM-161-SEMARNAT-2011. Norma Oficial Mexicana. Establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo. Secretaría Del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Organización de las Naciones Unidas (2015), "Sustainable development agenda: 2030," 0036-8075-2015.

Organización de las Naciones Unidas (2016). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Objetivos de desarrollo sostenible.

<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>



Organización de las Naciones Unidas (2018). Un tercio de los residuos de América Latina y el Caribe termina en basurales o en el medio ambiente. <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/un-tercio-de-los-residuos-de-america-latina-y-el-caribe>.

Pacheco Bustos, Carlos Albeiro; Fuentes Pumarejo, Luis Guillermo, Sánchez Cotte, Édgar Humberto, Rondón Quintana, Hugo Alexander (2017). Residuos de construcción y demolición, una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Revista Ingeniería y Desarrollo, Ingeniería y Desarrollo*. Vol. 35, N° 2.

Páez, J. C., y Pacheco, B. U. (2019). Guía para el manejo de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla, Colombia. A. S.A. E.S.P.

Prieto S, V., Jaca, C., Ormazabal, M. (2017). Economía circular relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Economía circular. Memoria investigaciones en ingeniería*, (15), 85-95.

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of cleaner production*, 179, 605-615.

Robayo, R. A.; Matthey P. E.; Silva Y.; Burgos D. M. y Delvasto, S. Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento. En: *Tecnura*. 2015. Vol. 19, N° 44, pp. 157-170. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a12>

Sandoval, V. P., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (15), 85-95.

Schneider, G., Jenny, C. y Longet, R. (2018). Más allá de la Agenda Local 21: Implementación local de la sostenibilidad: un inventario de prácticas organizativas de enfoques de sostenibilidad de los municipios de Suiza occidental. *Revista mundial de espíritu empresarial, gestión y desarrollo sostenible*, 14 (4), 435-453.

Suárez, S., Betancourt, C., Molina, J. y Mahecha, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de

gestión. Disponible en

<https://www.redalyc.org/journal/2654/265460762014/265460762014.pdf>

Worldwatch, investigaciones y programas (2018)

<https://web.archive.org/web/20180714222001/http://www.worldwatch.org/programs>