



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Propuesta de un Centro Integral  
de Residuos de la Construcción  
(CIREC)**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Noguez Trejo Juan Ramón

**DIRECTOR DE TESIS**

M.C. Constantino Gutiérrez Palacios



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

# Jurado

## Agradecimientos

*A mi madre,*

*Silvia Trejo Gloria*

*por enseñarme que todo es posible,*

*si uno lo sueña.*

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1.1 Impactos Ambientales en el ciclo de vida de los materiales de construcción.....   | 12 |
| Tabla 1.2 Especificaciones y procedimientos para el manejo de los RCyD de las normas NADF-007-RNAT-2013 y NTEA-011-SMA-RS-2008..... | 15 |
| Tabla 1.3 Normas sobre Residuos de la Construcción y Demolición en Brasil.....  | 17 |
| Tabla 1.4 Legislaciones aplicables a la RCyD en la Unión Europea. ....  | 19 |
| Tabla 2.1 Estimación de las entidades federativas con mayor generación de RCyD en México. ....                                      | 22 |
| Tabla 2.2 Gestión de los RCyD en el Estado de Massachusetts en toneladas por año. ....  | 25 |
| Tabla 2.3 Datos sobre generación y tratamiento de CDW en Alemania, incluyendo suelo y rocas. ....                                   | 26 |
| Tabla 2.4 Datos sobre generación y tratamiento de CDW en Alemania, excluyendo suelo y rocas.....                                    | 27 |
| Tabla 2.5 Clasificación y su posible reúso de los Residuos de la Construcción y Demolición. ....                                    | 36 |
| Tabla 2.6 Identificación de los residuos de la construcción de acuerdo a la actividad. ....   | 38 |
| Tabla 2.7 Código y lista de residuo en la Unión Europea. ....   | 39 |
| Tabla 2.8 Clasificación de los RCyD's según CONAMA. ....  | 42 |
| Tabla 2.9 Tipos de RCyD, Colombia. ....   | 43 |
| Tabla 4.1 Características de las celdas para disposición final .....  | 57 |
| Tabla 4.2 Características de celdas producto de excavación y emergencia.....  | 58 |
| Tabla 4.3 Clasificación de los RCyD a la entrada del CIREC. ....  | 59 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Ciclo de vida de los materiales de la construcción.....   | 11 |
| Figura 2.1 Generación de RCyD en Alemania. ....  | 27 |
| Figura 2.2 Desglose de RCyD en Alemania en 2012, por categoría.....  | 28 |
| Figura 2.3 Tratamiento de suelo y rocas. ....  | 29 |
| Figura 2.4 Tratamiento de Residuos de la Demolición.....   | 30 |
| Figura 2.5 Tratamiento de Residuos de Carreteras.....  | 30 |
| Figura 2.6 Tratamiento de Residuos de la Construcción a base de yesos.....   | 31 |
| Figura 2.7 Tratamiento de Residuos de la Construcción.....   | 32 |
| Figura 2.8 Generación per cápita de RCyD de algunos países miembros de la UE y Noruega. Fuente:<br>ETC/RWM (2009)..... | 34 |
| Figura 3.1 Contenedor flexible o reutilizable. ....  | 46 |
| Figura 3.2 Contenedores tipo.....  | 47 |
| Figura 4.1 Ubicación de Tláhuac en la Ciudad de México (México).....   | 54 |
| Figura 4.2 Distribución del predio. ....   | 55 |
| Figura 4.3 Distribución de obras de operación en el predio. ....   | 56 |
| Figura 4.4 Distribución de obras para el tratamiento de los suelos.....  | 56 |
| Figura 4.5 Sistema de gestión de RCyD. ....  | 61 |

# Índice General

|   |     |
|---|-----|
| Jurado .....  | ii  |
| Agradecimientos.....  | iii |
| Lista de tablas.....  | iv  |
| Lista de figuras.....   | v   |
| Índice General .....  | vi  |
| Introducción .....  | 1   |
| Objetivo general .....  | 3   |
| Objetivos particulares .....  | 3   |
| Alcances.....   | 3   |
| Capítulo I. Antecedentes .....  | 4   |
| 1.1 Definiciones .....  | 4   |
| 1.2 Problemas ambientales por la disposición inadecuada .....                                       | 9   |
| 1.3 Manejo nacional e internacional de los residuos de la construcción .....                        | 13  |
| Capítulo II. Generación y Composición de los Residuos de la Construcción y Demolición .....         | 21  |
| 2.1 Generación nacional e internacional.....  | 21  |
| 2.2 Composición y clasificación .....   | 35  |
| Capítulo III. Aprovechamiento de los RCyD.....  | 45  |
| 3.1 Separación de los RCyD .....  | 45  |
| 3.2 Acopio y transporte .....   | 46  |
| 3.3 Reusó y reciclaje .....   | 48  |
| 3.4 Disposición Final .....   | 49  |
| Capítulo IV. Implementación de un Centro Integral de Residuos de la Construcción y Demolición ..... | 50  |
| 4.1 Funciones.....  | 50  |
| 4.2 Composición .....   | 52  |
| 4.3 Anteproyecto de un Centro Integral .....  | 54  |
| 4.3.1 Celdas para disposición final .....   | 57  |
| 4.3.2 Celdas de emergencia. ....  | 58  |
| 4.4 Descripción del proceso. ....   | 58  |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.1 Producción de tabiques y bloques. ....  | 62 |
| 4.4.2 Producción de elementos estructurales fabricados con agregados reciclados. .... | 62 |
| 4.4.3 Laboratorio de pruebas de materiales. ....                                      | 63 |
| Capitulo V. Conclusiones .....  | 64 |
| 5.1 Conclusiones.....   | 64 |
| 5.2 Recomendaciones. ....   | 65 |
| Bibliografía.....   | 66 |

## Introducción

En cualquier civilización siempre ha existido la necesidad de construir viviendas, vías de comunicación y grandes edificaciones ligadas al desarrollo económico de éstas. Estas construcciones tienen una vida útil limitada y con el tiempo se convierten en inadecuadas e inseguras y que pueden colapsarse poniendo en riesgo la vida de las personas que las ocupan y deben remodelarse, modernizarse o si ya no es factible económicamente deben demolerse.

El requerimiento de materiales de construcción ya sea para obras nuevas o remodeladas, ocasiona una sobre explotación de los recursos naturales, la degradación del entorno, una elevada generación de residuos provenientes de dichas actividades, además de una disposición final inadecuada. La gestión adecuada de los Residuos de la Construcción y Demolición ("RCyD") no solo debe limitarse a la recolección y disposición final, sino debe considerarse como un proceso integral que minimice los impactos ambientales y de salud se reduzcan.

Es indispensable la participación de las entidades involucradas en la generación de los RCyD, y así como de una autoridad competente que establezca normas y leyes adecuadas para el aprovechamiento de dichos residuos y para considerarlos como un recurso más que un desecho.

Los RCyD están compuestos de una amplia variedad de materiales, la gran mayoría son considerados inertes, aunque en algunos casos se llegan a encontrar materiales peligrosos como resultado de una clasificación inadecuada o por el desconocimiento.

Los RCyD pueden tener un alto nivel de aprovechamiento, si se someten a un completo tratamiento se puede lograr el 100% de recuperación; se pueden utilizar en la construcción de trotapistas hasta la sustitución parcial o total de los agregados pétreos utilizados en la elaboración de concreto no estructural, sin embargo en algunos países latinoamericanos se han tomado los áridos reciclados o RCyD en la elaboración de prefabricados (columnas y traveses para viviendas de un nivel) con buenos resultados.

La reutilización y el reciclaje de los RCyD a lo largo del ciclo de vida de los edificios y de las infraestructuras es una de las estrategias fundamentales para alcanzar la sustentabilidad de dicho sector, considerando dichos materiales como un recurso, para obtener nuevos materiales factibles en la industria de la construcción.

Es por ello que el presente trabajo surge de la necesidad de minimizar la disposición final de los RCyD, con la propuesta de un Centro Integral de Residuos de la Construcción, que entre sus principales funciones llevara a cabo la reutilización y reciclaje de los RCyD, además de contar con un área para la disposición final para todo aquel residuo no aprovechable.

Si bien la implantación de los centros no es nueva a nivel mundial, su implantación en México es necesaria para llevar acabo la disminución de estos residuos, además de una adecuada disposición final.

## **Objetivo general**

Proponer un Centro Integral de Residuos de la Construcción considerando la normatividad nacional vigente.

## **Objetivos particulares**

- Realizar una investigación en medios impresos y electrónicos.
- Investigar la normativa vigente nacional e internacional en materia de Residuos de la Construcción y Demolición.
- Sistematizar la información referente al manejo de los Residuos de la Construcción y Demolición.
- Proponer actividades para minimizar la disposición final de los Residuos de la Construcción y Demolición.

## **Alcances**

- Se considerará las actividades para el manejo integral de los Residuos de la Construcción y Demolición.
- Se considerará la normativa nacional y en la Ciudad de México, para el Manejo Integral de los Residuos de la Construcción y Demolición.
- Se considerarán todos los Residuos de la Construcción y Demolición.

## Capítulo I. Antecedentes

En el presente capítulo, con el fin de homogeneizar el vocabulario utilizado en el presente tema, se mencionarán las definiciones correspondientes a los Residuos de la Construcción y Demolición y la problemática ambiental derivado de la disposición inadecuada, además del manejo nacional e internacional de estos residuos.

### 1.1 Definiciones

De acuerdo con las definiciones y referencias contenidas Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición en el distrito federal, dentro del manejo integral de los RCyD, se entiende por:

*Almacenamiento temporal.* - El depósito temporal de los residuos de la construcción y demolición previos a su recolección, tratamiento o disposición final.

*Aprovechamiento del valor o valorización.* - El conjunto de acciones cuyo objetivo es mantener a los materiales que los constituyen en los ciclos económicos o comerciales, mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclado y recuperación de materiales secundarios con lo cual no se pierde su valor económico.

*Autoridad.* - Se refiere a los entes de gobierno, delegaciones y Secretaría, encargadas de verificar y autorizar las instalaciones destinadas al acopio, tratamiento, reciclaje, reutilización y coprocesamiento y sitios de disposición final.

*Centro de Acopio.* - Instalación autorizada por la Secretaría del Medio Ambiente para la prestación de servicios a terceros en donde se reciben, cuantifican, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente residuos de la construcción y demolición para ser enviados a instalaciones autorizadas para su tratamiento, reciclaje, reutilización, coprocesamiento o disposición final. También se consideran aquellas instalaciones cuya actividad principal es la venta de materiales para la construcción, siempre y cuando cuenten con la autorización correspondiente.

*Centros de Reciclaje.* - Instalación cuyo objetivo es transformar los residuos de la construcción y demolición en agregados reciclados para reincorporarlos a un ciclo de vida, a fin de evitar que se desperdicien estos residuos potencialmente útiles, reducir el consumo de materiales naturales y reducir el uso de energía.

*Concreto hidráulico.* - mezcla de agregados pétreos, cemento y agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos y adiciones.

*Constructor.* - Persona física o moral que ejecuta una obra pública o privada y que potencialmente se constituye en un generador de residuos de la construcción y demolición.

*Delegación.* - Delegación Política u Órganos Político Administrativos Desconcentrados de cada demarcación territorial en las que se divide el Distrito Federal.

*Disposición final.* - La acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

*Delegaciones.* - Los órganos político administrativos de cada demarcación territorial en las que se divide el Distrito Federal.

*Fresados de concreto asfáltico.* - Material granular resultante del corte realizado por una perfiladora o fresadora de pavimentos en una carpeta asfáltica.

*Generador de residuos de construcción y demolición.* - Dependencia, órgano desconcentrado, entidad de la administración pública, persona física o moral, pública o privada, propietarios de obra o contratistas, responsables de cualquier etapa de la obra de demolición, construcción o remodelación que genere residuos.

*Manejo.* - El conjunto de actividades que comprenden el almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, reúso, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos de la construcción y demolición.

*Manejo Integral.* - Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a

las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

*Manifiesto de entrega-recepción.* - Es el documento elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente mediante el cual el generador y los prestadores de servicio (transportistas, tratadores, acopiadores y de disposición final), reportan los residuos de la construcción y demolición generados durante las etapas de demolición y construcción.

*Material pétreo.* - Aquel proveniente de la roca, piedra o peñasco; regularmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, tanto en la naturaleza como industrializados o procesados por el hombre.

*Materiales reciclados.* - Aquellos materiales producto de los residuos de la construcción y demolición, que han tenido un proceso, selección, molienda, cribado, almacenamiento y que por sus características pueden ser reincorporados en la construcción.

*Minimización.* - El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, tanto sea posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar.

*Plan de Manejo.*- El Instrumento 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, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

*Prestadores de servicios.* - Persona física o moral, pública o privada, que realice una o varias de las actividades de: separación; recolección; almacenamiento; transporte; transferencia; disposición final; tratamiento o reciclaje de residuos de la construcción y demolición.

*Procuraduría.* - Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal.

*Productor.* - Persona física o moral cuya actividad económica es la elaboración y generación de artículos, bienes o servicios utilizados en los procesos constructivos de las diversas obras.

*Reciclado.* - Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos.

*Recicladores.* - Persona física o moral cuya actividad económica es transformar los subproductos provenientes de los residuos de la construcción y demolición, para reincorporarlos a un ciclo de vida como productos terminales de uso directo o como materia prima de procesos de elaboración.

*Residuos de la Construcción y Demolición.* - Materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada; así como el producto proveniente de la excavación cuando este se haya alterado en sus condiciones físicas, químicas y biológicas originales.

*Residuo sólido.* - El material, producto o subproducto que sin ser considerado como peligroso, se descarte o deseche y que sea susceptible de ser aprovechado o requiera sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final;

*Residuos urbanos.*- Los generados en casa habitación, unidad habitacional o similares que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías públicas y áreas comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo especial.

*Residuos Peligrosos.* - Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la norma NOM-052-SEMARNAT-1993.

*Responsabilidad Compartida.*- El principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órganos de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

*Responsiva.* - Declaración de responsabilidad de generación y traslado de los residuos sólidos urbanos o residuos sólidos no peligrosos de manejo especial que deberá entregarse por cada lote de residuos en el relleno sanitario autorizado para su disposición final, que establezca la cadena de custodia de los mismos, describiendo el o los tipos de residuos, proceso que los generó cantidad en peso o volumen y los datos y firmas del generador y del transportista.

Secretaría. - Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Secretaria de Obras. - Secretaria de Obras y Servicios del Distrito Federal.

Secretaría de Seguridad. - Secretaria de Seguridad Pública del Distrito Federal.

Secretaria de Transporte. - Secretaría de Transporte y Vialidad y la Secretaría

*Sitios de Disposición Final Autorizados.* - Instalación autorizada por la Secretaría o autoridad correspondiente para la prestación de servicios a terceros en donde se reciben y acumulan en forma definitiva los residuos de la construcción y demolición.

*Suelos impactados por Residuos de la Construcción y Demolición.* - Material o cuerpo natural compuesto por partículas sueltas no consolidadas de diferentes tamaños y de un espesor que varía de unos cuantos centímetros a unos cuantos metros, con una composición variable en el tiempo y en el espacio alterado por residuos producto de actividades de la construcción y demolición.

La norma antes mencionada hace referencia a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, la Ley de

Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal.

## **1.2 Problemas ambientales por la disposición inadecuada**

El inadecuado manejo y la escasa aplicación de las normas asociadas a los RCyD, propician los impactos ambientales relacionados en su mayoría con la disposición inadecuada, al estar conformados por una amplia gama de materiales, entre ellos, algunos considerados como residuos peligrosos (asbesto, pintura, lacas, aceites, etc.).

Es muy necesaria la disposición final adecuada de los residuos, ya que gran parte de ellos son depositados en tiraderos clandestinos o mezclados con residuos sólidos municipales. Para reducir los problemas que se ocasionan con el manejo inadecuado de los RCyD en México, la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC, 2013) ha "...identificado diversos problemas ambientales, de imagen urbana y salud...", destacando los siguientes:

- a) Obstrucción de arroyos, cañadas y barrancas.

Debido a que muchos de los transportistas no cuentan con un registro y que los lugares de disposición final con respecto a la generación de los RCyD son retirados, los transportistas los depositan en estas localidades, para ahorrar combustible y tiempo de traslado.

- b) Afectación al drenaje natural.

Algunos de estos materiales son considerados impermeables o absorben una cantidad de agua considerable, lo que da como resultado un mal funcionamiento al drenaje para el desazolve del agua que en ellos escurre.

- c) Azolve de las partes bajas e inundación de zonas aledañas en temporada de lluvias.

Al deteriorarse los RCyD o bien al compactarse generan tapones que impide el desazolve, lo que implica un inadecuado funcionamiento del drenaje.

- d) Afectación al medio físico y medio biótico (flora y fauna).

La capa que se genera por los RCyD al disponerse en sitios no autorizados impide la proliferación de la vegetación y fauna que vive en dicho entorno, además crea focos de fauna nociva (mosquitos, roedores).

e) Focos de contaminación por mezcla de residuos, incluso peligrosos.

Materiales como metales, pintura, lacas, entre otros (para mayor referencia consultar la NOM-052-SEMARNAT- 2005.) son residuos peligrosos y forman parte de los RCyD. En algunas edificaciones aún se encuentran materiales como el asbesto, material considerado como cancerígeno.

f) Contaminación del suelo y subsuelo e incluso de acuíferos.

Debido a la amplia gama de materiales que componen a los RCyD, se encuentran residuos peligrosos que tiene un riesgo al medio ambiente y a la salud.

g) Afectación de zonas de recarga de agua subterránea.

Los RCyD al contener materiales impermeables impiden el libre flujo del agua en el área donde se depositan, estos también retienen un alto contenido de agua.

h) Impacto visual del entorno.

La disposición inadecuada propicia un paisaje inadecuado de la zona ecológica y urbana, además de que estos tiraderos clandestinos propician la acumulación de residuos municipales.

i) Proliferación de polvo (contaminación del aire) provoca enfermedades respiratorias.

Se genera en cada una de las etapas del ciclo de vida de los materiales y al no mitigarse representa un peligro para la salud por las partículas suspendidas contenidas en el aire.

j) Proliferación de fauna nociva.

La disposición inadecuada propicia encharcamientos que activan la proliferación de mosquitos que transmiten enfermedades, por mencionar algunas, como el dengue o chikungunya, también proliferan los roedores que llegan a convertirse en plagas afectando las zonas aledañas donde habitan.

k) Asentamientos clandestinos.

Muchos de estos tiraderos clandestinos tienen el propósito de reducir las zonas de reserva ecológica con el cambio de uso de suelo.

Los impactos ambientales no solo se deben de limitar por la generación de RCyD en las actividades de construcción o demolición, sino de una forma global en que se integren todas las actividades de la industria de la construcción; por ello, con base en el ciclo de vida que se muestra en la Figura 1 (de forma muy general) de los productos de la industria de la construcción, donde las flechas puntuadas en verde enmarcan la actividad de reciclaje, esta actividad no está contemplada en el ciclo de vida.

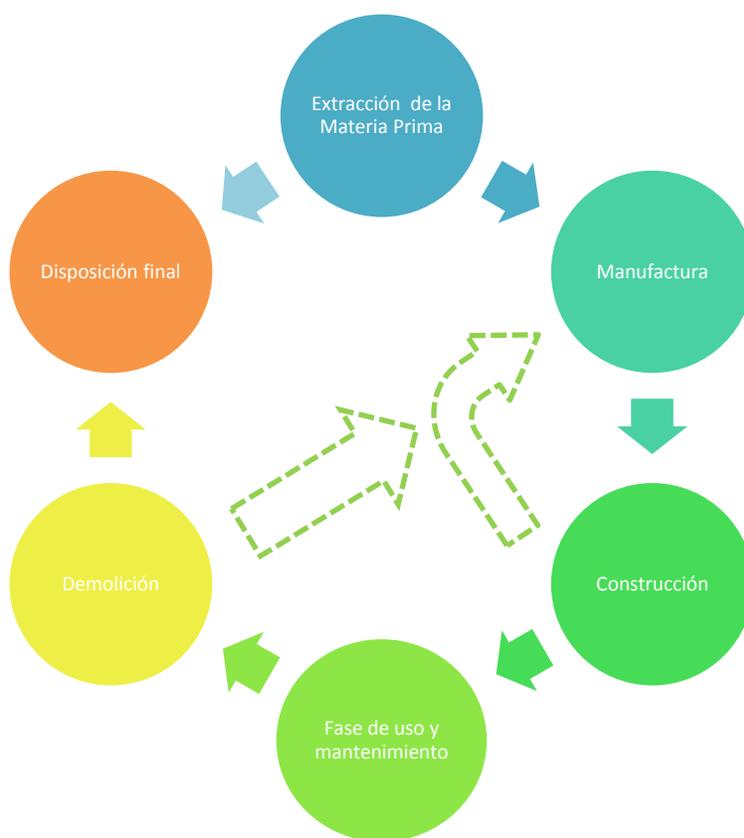


Figura 1.1 Ciclo de vida de los materiales de la construcción

Fuente: Adaptada de Rivera (2007)

Se identifican los impactos ambientales producidos en cada una de las etapas que va desde su extracción hasta su disposición final, estos se encuentran en la Tabla 1. La actividad de reciclaje solo se aplica a ciertos materiales (cartón,

papel, plástico, aluminio, cobre), aunque los RCyD son reciclables o reutilizables solo se consideran para su disposición final.

Tabla 1.1 Impactos Ambientales en el ciclo de vida de los materiales de construcción.

|                      |                 | Ciclo de vida de los materiales de la construcción                | Extracción | Manufactura | Construcción | Mantenimiento | Demolición | Disposición final |
|----------------------|-----------------|---|------------|-------------|--------------|---------------|------------|-------------------|
|                      |                 | Impacto Ambiental   |            |             |              |               |            |                   |
| Factores Ambientales | Agua            | Eventual deterioro de la calidad del agua subterránea             | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      |                 | Eventual deterioro de la calidad del agua superficial             | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      |                 | Modificación de las características de flujo del agua superficial | x          |             |              |               | x          |                   |
|                      | Suelo           | Cambio del uso de suelo   | x          |             | x            |               |            | x                 |
|                      |                 | Vertido de residuos líquidos                                      | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      |                 | Generación de residuos sólidos                                    | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      | Aire            | Emisiones a la atmósfera  | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      | Flora           | Modificación de la cubierta vegetal                               | x          |             |              |               |            | x                 |
|                      | Fauna           | Proliferación de fauna nociva                                     |            |             |              |               |            | x                 |
|                      | Socio económico | Ruido   | x          | x           | x            | x             | x          |                   |
|                      |                 | Impacto visual  | x          | x           | x            | x             | x          | x                 |
|                      |                 | Disminución del valor económico del sitio                         |            |             |              |               |            | x                 |
|                      |                 | Formación de asentamientos humanos irregulares                    |            |             |              |               |            | x                 |
|                      |                 | Obstrucción de vías de comunicación                               |            |             |              |               |            | x                 |
|                      |                 | Azolve del sistema de alcantarillado                              |            |             |              |               |            | x                 |

Fuente: Adaptada de Rivera (2007)

Cada una de las etapas del ciclo de vida de los materiales propicia otros impactos ambientales. Por ejemplo, la industria de la extracción:

- Deterioro de escenario natural (impacto visual)
- Obstaculiza el escurrimiento de lluvias para la proliferación de vegetación aguas abajo.
- Afecta a la fauna que vive en el entorno, al cerrar o modificar los caminos naturales.
- Reducción del área útil para el crecimiento vegetal

En cada de estas etapas también se utiliza maquinarias que funcionan con combustibles fósiles (la mayoría), que propician la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.

### **1.3 Manejo nacional e internacional de los residuos de la construcción**

La industria de la construcción es un indicador de progreso en cada ciudad, genera empleos directos o indirectos que tienen un impacto en la economía del país en el que se realiza dicha actividad. Esta también tiene un impacto negativo, ya que se generan una cantidad considerable de RCyD, es ahí donde la participación del gobierno es indispensable con la propuesta y aplicación de normas, legislaciones y reglamentos acorde a los impactos que tienen los RCyD, además de fomentar su valorización en base al reciclaje y la reutilización.

#### ***México***

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 LGPGIR introduce el concepto de Residuos de Manejo Especial, que de acuerdo al Artículo 5 “son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos”.

El Artículo 9 establece que “son facultades de las Entidades Federativas autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial; “promover la creación de infraestructura para el manejo integral de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos”, “promover programas de prevención de la contaminación de sitios con tales residuos y su remediación”.

Por lo anterior, de acuerdo a la LGPGIR los residuos de manejo especial son regulados por las entidades federativas y los sólidos urbanos por los gobiernos municipales, así mismo, modifica de manera importante los criterios de responsabilidad de los generadores sobre la base de volúmenes de generación y tipo de residuos (Rivera, 2007).

Los RCyD se encuentran en la categoría VII de la clasificación de los residuos de manejo especial que se encuentra en el artículo 19 de la LGPGIR, además el artículo 20, dictamina que estos residuos están sujetos a planes de manejo y se llevará a cabo con la conformidad de los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría (ver NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo).

Las únicas entidades federativas que disponen una norma acorde a los RCyD son la CDMX y el Estado de México contando con 14 sitios de disposición final especializados para este tipo de residuos, ubicados dentro del territorio mexiquense.

En la Ciudad de México se aplica la norma NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, y en el Estado de México la NTEA-011-SMA-RS-2008, que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción, para el Estado de México. En la Tabla 1.2 se comparan las especificaciones y los procedimientos para el manejo de los RCyD de las normas mencionadas.

Tabla 1.2 Especificaciones y procedimientos para el manejo de los RCyD de las normas NADF-007-RNAT-2013 y NTEA-011-SMA-RS-2008.

| Norma                | Especificaciones y procedimientos  |
|----------------------|--|
| NADF-007-RNAT-2013   | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Separación en la fuente generadora de residuos</li> <li>b) Almacenamiento temporal</li> <li>c) Recolección y transporte</li> <li>d) Tratamiento</li> <li>e) Aprovechamiento</li> <li>f) Disposición final</li> </ul> |
| NTEA-011-SMA-RS-2008 | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Separación en la fuente</li> <li>b) Almacenamiento</li> <li>c) Recolección y transporte</li> <li>d) Aprovechamiento</li> <li>e) Disposición final</li> <li>f) Instrumentos de control</li> </ul>                     |

*Fuente: Elaborado con datos de GODF (2015) y GDGEM (2009)*

Estas normas garantizan un manejo adecuado de los RCyD, además de fomentar el reusó y reciclaje de los materiales que componen los RCyD, sin embargo, la implantación es deficiente, ya que siguen prosperando sitios clandestinos para su disposición final propiciando impactos negativos al medio ambiente. México solo cuenta con una planta de tratamiento, Concretos Reciclado, encargada de reciclar concreto y ciertos materiales ligados al concreto.

## ***América latina***

El Consejo Nacional del Medioambiente es el órgano regulador de este conjunto de países latinoamericanos, sin embargo, se toma el caso de Brasil.

Promulgada por el Gobierno Federal el 2 de agosto de 2010, después de casi dos décadas para su aprobación, la Política Nacional para los Residuos Sólidos (PNRS) de Brasil pasó a ser la Ley Numero 12.305/2010, que dispone sobre los principios, objetivos y herramientas, así como las directrices relativas a la gestión integrada y a la gestión de los residuos sólidos, las responsabilidades de los generadores y del poder público y sanciones económicas aplicables.

Los principales objetivos del PNRS son:

- a) Reducción, reutilización, reciclaje, valorización y por ultimo su eliminación derivado de la no generación de Residuos.
- b) Manejo adecuado de los residuos.
- c) La manufactura de nuevos productos, para reducir el consumo de los recursos naturales.
- d) Divulgación y educación en materia de cuidado al medio ambiente.

Esta Ley incluye a los RCyD (los nombra como Residuos de Construcción Civil), en el Título III “De las directrices aplicables a los residuos sólidos”, Capítulo I “Disposiciones preliminares”, en el artículo 13, que enmarca la clasificación de los RS.

Sin embargo, antes de la promulgación PNRS, el 5 de julio de 2002, el Consejo Nacional del Medioambiente (CONAMA) publica la Resolución 307, que establece directrices, criterios y procedimientos para la gestión de residuos de la construcción civil.

Esta establece una clasificación específica (enfocada en su gestión) , los RCyD no deberán colocarse en vertederos de residuos sólidos domiciliarios, además de determinar la elaboración de un Plan Integral de Gestión de RCyD, compuesto por un Programa Municipal de Gestión que deberá ser elaborado, implementado y coordinado por los municipios y por el Distrito Federal y un

Proyecto de Gestión de RCyD, elaborado por los grandes generados, debiendo de contemplar la caracterización de los residuos, la clasificación, su acondicionamiento, el transporte y su disposición final.

Estas leyes tienen el esquema de involucrar a todos los participantes de la generación de RCyD, para regularlos y garantizar su implementación, también tiene el objetivo de fomentar el reciclaje, que va acompañado de normas que regulan la gestión y calidad de los áridos reciclados (RCyD reciclados), esto se presentan en la Tabla 1.3.

*Tabla 1. 3 Normas sobre Residuos de la Construcción y Demolición en Brasil.*

| Norma           | Descripción  | Tema                             |
|-----------------|--|----------------------------------|
| NBR 10.004      | Residuos Sólidos - Calcificación   | Clasificación                    |
| NBR 15.112:2004 | Residuos de la construcción civil y residuos voluminosos- Áreas de transbordo y clasificación- Directrices para proyectos, implantación y operación    | Gestión urbana de RCyD           |
| NBR 15.113:2004 | Residuos sólidos de la construcción civil y residuos inertes - Vertederos -Directrices para proyectos, implantación y operación                        |                                  |
| NBR 15.114:2004 | Residuos sólidos de la construcción civil- Áreas de reciclaje- Directrices para proyectos, implantación y operación                                    |                                  |
| NBR 15.115:2004 | Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil- Ejecución de la capa de pavimento-Procedimientos                                       | Utilización de áridos reciclados |
| NBR 15.116:2004 | Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil- Utilización en pavimentación y preparo de hormigón sin función estructural- Requisitos |                                  |

*Fuente: ABNT (2004)*

## ***Estados Unidos***

Los RCyD no están regulados en el ámbito federal, la eliminación de residuos sólidos y peligrosos está cubierta por la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA, por sus siglas en inglés) de 1976, que modificó la Ley de Disposición de Residuos Sólidos de 1965. La RCRA establece los siguientes objetivos:

- La protección de la salud humana y el medio ambiente frente a los riesgos potenciales de la eliminación de residuos.
- La conservación de energía y recursos naturales.
- Reducir la cantidad de residuos generados.
- Asegurar que los residuos sean manejados en forma ambientalmente racional.

La EPA ha delegado la responsabilidad de ejecución de la RCRA a los estados soberanos de manera individual, sin embargo, se han aprobado otras leyes federales que gestionan los RCyD incluyendo la “National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants” (NESHAP), que es aplicable a asbestos, y la “Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act” (CERCLA), que se aplica a cualquier material peligroso en los RCyD.

La Ley de Control de Sustancias Tóxicas regula específicamente la disposición de bifenilo policlorado (PCB, por sus siglas en inglés), en los residuos generados por las actividades relacionadas con la renovación y demolición (CMIC, 2014).

## Unión Europea

La Unión Europea (“UE”) ha desarrollado políticas para llevar a cabo un manejo adecuado, estas políticas han sido adoptadas por los países miembros, enfocadas en la salud pública y al medio ambiente a través de normas han desarrollado una base adecuada para la prevención, reutilización y valorización de los residuos, sin embargo cada país miembro ha desarrollado en diferentes grados sus políticas. Las legislaciones que se presenta en la Tabla 1.4 son las aplicables a los RCyD.

Tabla 1.4 Legislaciones aplicables a la RCyD en la Unión Europea.

| Legislación          | Alcances  |
|----------------------|---|
| Directiva 75/442/CEE | <i>Sobre residuos, modificada por la D 91/156/CE.</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Considera que la gestión de los residuos ha de tener como objetivo esencial la protección de la salud del hombre y el ambiente contra los efectos perjudiciales ocasionados por la recogida, transporte, tratamiento, almacenaje y depósito de residuos. Además de establecer como prioridades de gestión la prevención y la valorización de los residuos.</li></ul>  |
| Directiva 99/31/CEE  | <i>Relativa al vertido de residuos</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Solicitud de autorización,</li><li>• Resolución de autorización</li><li>• Informe periódico de la entidad explotadora</li><li>• Informe sobre el Control de vertederos cerrados</li><li>• Lista de poblaciones aisladas que no aplican la norma</li></ul>  |
| Directiva 91/689/CEE | <i>Relativa a los residuos peligrosos.</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene por objeto aproximar las legislaciones de los Estados miembros en materia de gestión controlada de residuos peligrosos, contemplando las condiciones de eliminación y gestión de los residuos peligrosos, la eficacia de la gestión de residuos teniendo en cuenta las características especiales de dichos residuos, la garantía del control de la eliminación y recuperación de los residuos peligrosos.</li></ul> |

Fuente: Adaptada de Vidal (2015).

Dentro del manejo integral los países miembros tienen una legislación de referencia que afecta a los materiales reciclados producto de los RCyD, formada por la Directiva 89/106/CEE de Producto de Construcción, y las Normas Armonizadas siguientes:

- UNE-EN 12620 “Áridos para hormigón”;
- UNE-EN 13043 “Áridos para mezclas bituminosas y tratamiento superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas”.
- UNE-EN 13055-1 “Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigones, morteros y lechadas”.
- UNE-EN 13139 “Áridos para morteros”.
- UNE-EN 13242 “Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes de carreteras”.
- UNE-EN 13383-1 “Escolleras. Parte 1: Especificaciones”.
- UNE-EN 13450 “Áridos para balasto”.

Es por ello que algunos miembros de la UE han desarrollado normativas para la utilización de los RCyD reciclados, en su mayoría solo como áridos reciclados, que se utilizan en la construcción de carreteras, por ejemplo, España desarrollo el Proyecto de la Guía Española de Áridos Reciclados procedentes de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), que tiene como objetivo establecer los criterios para utilizar, métodos de ensayo, lixiviados y calidad.

Si bien cada una de las leyes antes mencionadas están enfocadas en la minimización, reciclaje y reutilización, pocas de ellas son implementadas. La mala implementación y delegar responsabilidades por estado conlleva tal falta, lo que resulta en la degradación de entorno y la contaminación ambiental, entre otros aspectos.

El primer paso, sin duda, es mostrar el impacto que tienen dichos residuos en el medio ambiente, esto se logra al presentar reportes de generación y un desglose de los tratamientos realizados para su minimización de los RCyD, ya que en su mayoría son factibles de reutilizar y reciclar.

## **Capítulo II. Generación y Composición de los Residuos de la Construcción y Demolición**

En este capítulo se mencionará la generación correspondiente a los RCyD, composición y clasificación nacional e internacional. América Latina, de la Unión Europea y Estados Unidos son algunos de los casos mencionados.

### **2.1 Generación nacional e internacional**

Las cantidades de RCyD reportadas por cada país se componen de diferentes características, algunas de estas toman en cuenta el conjunto de las actividades que generan los RCyD, otros consideran a los RCyD como un porcentaje de los Residuos Sólidos Urbanos, sin embargo, también se debe considerar que la generación de RCyD está ampliamente ligada al progreso del país, asimismo se debe considerar eventos extraordinarios (desastres naturales).

#### ***México***

De acuerdo con la NADF-007-RNAT-2013, en lo que corresponde a la generación de residuos de la construcción y demolición, según estimaciones proporcionadas por las delegaciones políticas del Distrito Federal (Ciudad de México), la generación de estos residuos alcanza valores de 7,000 ton/día.

Esta cantidad es un poco menos de la mitad comparándola con la que presento la CMIC, de 16,659.28 ton/día para el año 2011, esta estimación se realizó a partir de datos relativos a la Superficie Total Construida por Tipo de Obra y de los principales indicadores de las empresas constructoras. En la Tabla 2, se presentan las entidades federativas con mayor generación de RCyD, para el año 2011.

Tabla 2.1 Estimación de las entidades federativas con mayor generación de RCyD en México.

| Entidades Federativas | Generación de RCyD (ton) |
|-----------------------|--------------------------|
| Nuevo León            | 850,215.29               |
| Distrito Federal      | 499,406.60               |
| Chihuahua             | 485,416.54               |
| Guanajuato            | 426,537.41               |
| Jalisco               | 423,079.19               |

Fuente: Adaptada de CMIC (2013)

Sin embargo, los RCyD forman un gran porcentaje del total de residuos generados. En peso promedio, según (SEMARNAT, 2012), representan el 17.5% de los RSU. Para el sexenio 2006 – 2012, dentro del grupo de Residuos de Manejo Especial (RME), este tipo de residuos fue el tercero con mayor generación en el país, con un promedio de 6.11 millones de toneladas al año, esto significa una generación de 16,739.72 ton/día.

Estas diferencias en la generación se deben a que actualmente no se disponen de datos reales y comparables en el país sobre generación de los RCyD por entidad.

## América Latina

En 1956 había 8 grandes ciudades en América Latina, hoy día hay 36. Es la región más urbanizada del mundo en desarrollo, más o menos un 80% de su población vive en ciudades, la mayoría de estas ciudades se encuentran en Brasil (16), además de otras ciudades de relevancia que se encuentran distribuidas en Perú, Colombia, Chile, Venezuela.

El auge experimentado por las ciudades latinoamericanas, y los procesos de renovación urbana que se están llevando a cabo en estas ciudades, han conllevado la generación de grandes cantidades de RCD, los cuales debido a la falta de planificación y a la inexistencia de instalaciones de tratamiento o disposición controlada, se han ido depositando en vertederos de residuos urbanos o bien de forma incontrolada (Jofra (2016)).

En Brasil, la producción de cantidades significativas de residuos de la construcción es un problema importante que enfrentan las zonas urbanas, la industria de la construcción ocupa un lugar destacado en la economía nacional, ya que es responsable de generar una gran cantidad de empleos de forma directa o indirecta, pero por otra parte, también es la responsable de aproximadamente el 50% del CO<sub>2</sub> liberado en ambiente y casi la mitad de la cantidad de residuos sólidos que se generan.

Datos recabados entre 1995 y 1997 en cinco ciudades en el interior de Sao Paulo, indican que la generación de RCyD osciló entre el 54%. El crecimiento demográfico, el desarrollo económico y el uso de tecnologías inapropiadas han contribuido a que dicha cantidad aumente más y más, lo cual estima un consumo de materiales de la construcción por persona de 9.1 toneladas por año (CMIC, 2016), para otros países como Colombia, la generación reportada por la ciudad de Bogotá oscila entre 15 Mt/año, algo como 2 ton por habitante al año (Castaño, 2013).

En Chile, la Cámara Chilena de la Construcción incentiva el Acuerdo de Producción Limpia en el sector de la construcción en la Región Metropolitana teniendo como resultado (según datos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente), el control de 230.000 m<sup>3</sup> de Residuos de la Construcción y la Demolición, que corresponde al 15% del total generado, que sería de 1,539,000

m<sup>3</sup>/año para el periodo de 2000 a 2002 (CMIC,2016). A pesar de su importancia, los RCyD, en algunos países de América Latina, no se tienen datos o fuentes confiables de la generación de estos.

### ***Estados Unidos***

En este país la disposición final de los RCyD en tiraderos a cielo abierto está prohibida, debido a esto y al considerarse residuos inertes, los RCyD son considerados con alto potencial de recuperación y reciclaje. En 2003 la EPA de los EU estimo que los RCyD ascendían aproximadamente a 170 Mt, desglosados de la siguiente manera:

Construcción: 15 Mt (9%). Residuos generados durante la construcción inicial.

- Construcción residencial: 6%
- Construcción no residencial: 3%

Renovaciones: 71 Mt (41%). Esto incluye la remodelación, reemplazo, adiciones.

- Renovación residencial: 22%
- Renovación no residencial: 19%

Demolición: 84 Mt (50%).

- Demolición residencial: 11%
- Demolición no residencial: 39%

La EPA estima que aproximadamente el 48% de los RCyD se recuperaron en 2003, que fue un 23% más que en 1997. Sin embargo, la mayoría fueron confinados en tiraderos específicos, una cantidad significativa también fue dispuesta en los tiraderos de RSU o a incineradores. La EPA ha delegado a cada Estado la gestión de los RSU y de los RCyD, los datos recopilados durante el periodo de 2003 a 2010

por el Estado de Massachusetts que se muestran en la Tabla 2.2 , se observa una disminución del 43 % que representaría más de 2 Mt.

Tabla 2.2 Gestión de los RCyD en el Estado de Massachusetts en toneladas por año.

| Año                      | RCyD toneladas por año |           |           |           |           |           |           |           |
|--------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                          | 2003                   | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      |
| Total reportado          | 4,720,000              | 5,160,000 | 5,100,000 | 4,460,000 | 3,940,000 | 3,800,000 | 2,870,000 | 2,700,000 |
| Reciclado                | 3,360,000              | 3,650,000 | 3,530,000 | 3,070,000 | 2,750,000 | 2,520,000 | 1,850,000 | 1,830,000 |
| % Reciclado              | 71%                    | 70%       | 69%       | 69%       | 70%       | 66%       | 64%       | 68%       |
| Usos Diversos            | 630,000                | 860,000   | 930,000   | 670,000   | 510,000   | 520,000   | 380,000   | 440,000   |
| Disposición en Tiraderos | 370,000                | 270,000   | 240,000   | 130,000   | 60,000    | 130,000   | 120,000   | 120,000   |

Las cantidades no suman el 100% debido a las mermas y redondeos.

Fuente: Adaptada de CMIC (2014).

Como se observa el Estado de Massachusetts ha logrado mantener un porcentaje de reciclado adecuada, entre 64% y 71% de los RCyD generados, esto ha traído consigo una fuente de empleo y riqueza para el estado, este porcentaje es comparable y aceptado con el buscado por la Unión Europea (70%), aunque la meta es el 100%.

## Unión Europea

“Uso eficiente de los recursos de residuos mezclados” (Resource Efficient Use of Mixed Waste), un proyecto de la Comisión Europea que finalizó en agosto de 2016 con la entrega de reportes que contiene información del manejo, situación de los RCyD, generación, entre otros temas de RCyD de cada uno de los países miembros.

Este estudio tuvo como objetivo investigar la situación actual de la gestión de RCyD en los Estados miembros de la UE, identificando los obstáculos al reciclado y las posibles deficiencias que podrían conducir al incumplimiento de la legislación de residuos de la UE (European Commission, 2017).

Los RCyD son uno de los residuos más importantes de la UE, y representan más de 800 millones de toneladas por año. Los países miembros dieron a conocer la generación de RCyD de algunos años, sin embargo y a pesar de las legislaciones, algunos países no poseen datos en algunos años sobre dichos residuos.

La generación de un país miembro de la Unión Europea como caso particular, Alemania, como parte de sus reportes presenta las cantidades de recicladas, otros tratamientos y la que se destina a disposición final (vertederos).

Cada año, Alemania genera alrededor de 200 Mt de RCyD, de los cuales la mayor parte está constituida por tierra y piedras. Al eliminar esta categoría principal, el aumento total se estima en alrededor de 80 Mt por año. Esta información se presenta en las siguientes Tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3 Datos sobre generación y tratamiento de CDW en Alemania, incluyendo suelo y rocas.

| RCyD (t)         | 2008        |     | 2009           |     | 2010           |     |
|------------------|-------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| Generación       | 192,000,000 |     | 186,500,000.00 |     | 192,000,000.00 |     |
| Reciclaje        | 66,600,000  | 35% | 65,200,000     | 35% | 66,200,000.00  | 34% |
| otro tratamiento | 105,208,000 | 55% | 105,831,000    | 57% | 108,907,000.00 | 57% |
| Vertedero        | 20,192,000  | 10% | 15,469,000     | 8%  | 16,893,000.00  | 9%  |

Fuente: CWDM Germany, 2015.

Tabla 2.4 Datos sobre generación y tratamiento de CDW en Alemania, excluyendo suelo y rocas.

| RCyD (t)         | 2008       |     | 2009       |     | 2010       |     |
|------------------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| Generación       | 84,700,000 |     | 80,800,000 |     | 82,200,000 |     |
| Reciclaje        | 57,700,000 | 68% | 55,400,000 | 69% | 55,500,000 | 68% |
| otro tratamiento | 22,608,000 | 27% | 22,431,000 | 27% | 23,007,000 | 28% |
| Vertedero        | 4,392,000  | 5%  | 2,969,000  | 4%  | 3,693,000  | 4%  |

Fuente: CWDM Germany, 2015.

La generación de los RCyD, para los años 2006 a 2012, demuestra que alguna de las categorías como concreto, mezclas bituminosas o metales son ligeramente estables, el tonelaje total de suelo y rocas excavadas aumento un 13% desde 2006, la Figura 2.1 muestra el desarrollo de la generación en estos años. Los informes de monitoreo se basan en datos oficiales de la Oficina Federal de Estadística, que documentan los resultados de las estadísticas ambientales en el campo de RCyD.

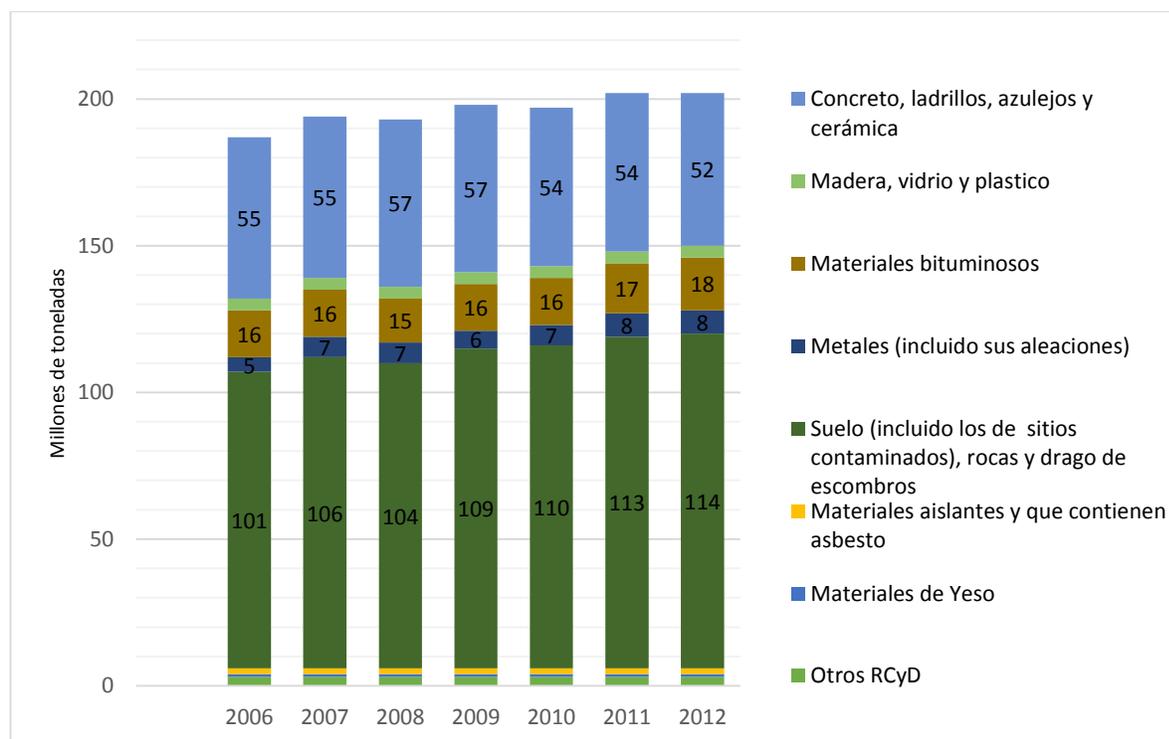


Figura 2.1 Generación de RCyD en Alemania.

Fuente: Adaptada de CWDM Germany, 2015.

Los materiales que registraron una cantidad menor a 5 Mt fueron los Materiales de Yeso, Materiales aislantes y que contienen asbesto y Otros RCyD, en contraste con la madera, vidrio y plásticas que oscilan entre 4 y 7 Mt por año. Las cantidades antes mencionadas son pequeñas en comparación con las de los suelos, sin embargo pertenecen a una parte de la generación de los RCyD.

La generación RCyD que se registró en Alemania para 2012 fue de 192 Mt, esta cantidad a su vez se desglosa en otros tratamientos y disposición final, la Figura 2.2, muestra el desglose por categoría.

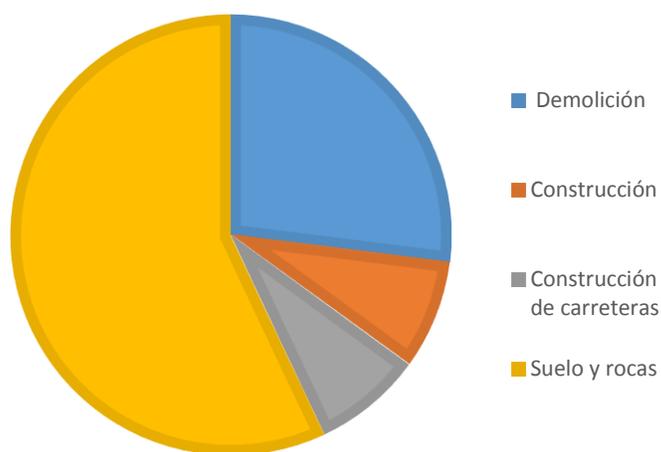
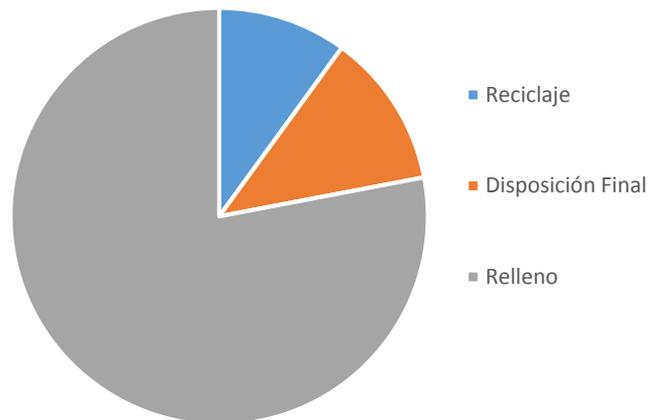


Figura 2.2 Desglose de RCyD en Alemania en 2012, por categoría.

La categoría que sobrepasa la mitad del total de la generación es “suelo y rocas” con 57%, residuos de la demolición con 27%, residuos de la construcción con 8% igual que los residuos de la construcción de carreteras. Los residuos de la construcción a base de yeso fueron relativamente pequeños con una cantidad de 0.6 Mt (0.003%).

Cada una de estas categorías se compone de diferentes porcentajes a su vez, enfocados a los tratamientos a los cuales fueron sometidos. En 2012 se componen de la siguiente forma.

- Suelo y rocas es la categoría sobresaliente con 109.8 Mt (57.2%), la Figura 2.3, muestra los diferentes métodos de tratamientos.



*Figura 2.3 Tratamiento de suelo y rocas.*

La mayor parte de estos residuos, alrededor de 86 Mt (78%), se usó como relleno en minas a cielo abierto y en excavaciones superficiales, 10.9 Mt (10%) se reciclo en materiales de construcción, mientras que 13 Mt (12%) fue para disposición final (vertederos). La tasa de recuperación fue del 88% en 2012.

- Residuos de la Demolición con 51.6 Mt (27%), la Figura 2.4 muestra los diferentes tratamientos para los Residuos de la Demolición.

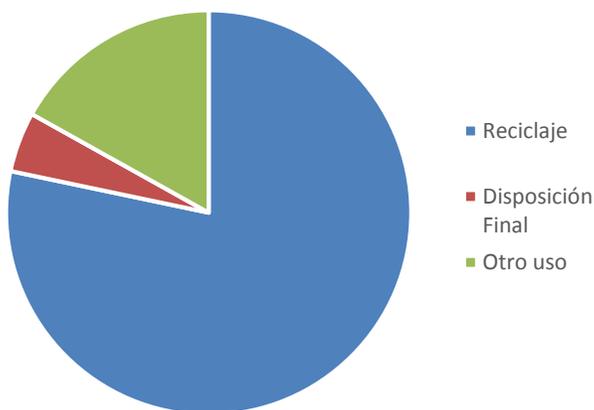


Figura 2.4 Tratamiento de Residuos de la Demolición.

De las cuales 40.4 Mt fueron recicladas (78.3%) y 8.7 Mt (16.9%) se reusaron. Solo 4.8% fue para disposición final. La tasa de recuperación fue de 95.2% en 2012,

- Residuos de Carreteras con 15 Mt (cerca del 8%), la Figura 2.5, muestra el alto porcentaje de reciclado de dicho residuo.

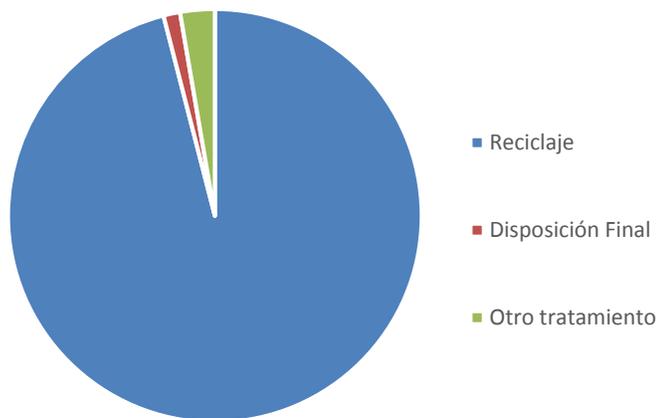
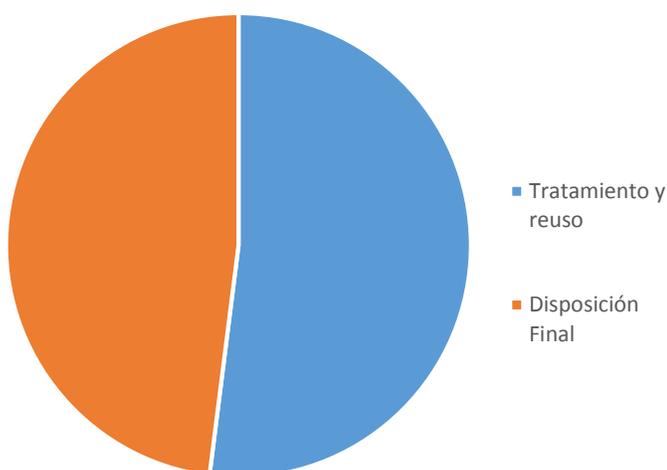


Figura 2.5 Tratamiento de Residuos de Carreteras.

Cerca de 14.8 Mt (96%) fueron recicladas, 2.7% se les dio otro tratamiento y solo 1.3% acabaron en disposición final. La tasa de recuperación fue de 98.7%.

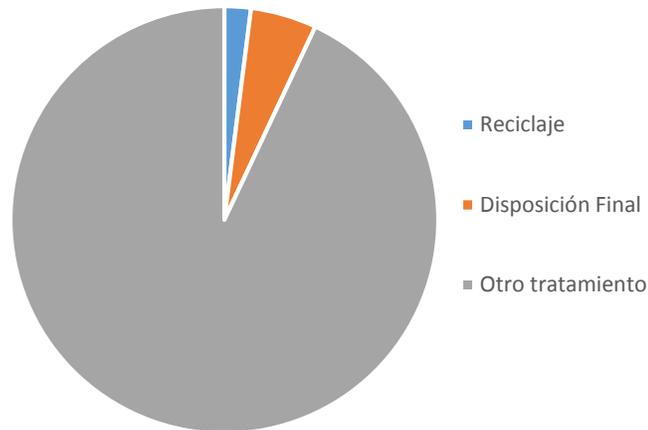
- Los Residuos de la Construcción a base de yeso fueron relativamente pequeños con una cantidad de 589 kt. Los diferentes tratamientos se presentan en la Figura 2.6.



*Figura 2.6 Tratamiento de Residuos de la Construcción a base de yesos.*

El 52% del total fueron tratados y reusados, el resto (48%) fueron a disposición final.

- Los Residuos de la Construcción con 15.4 Mt (cerca del 8%), de los cuales 52% fueron metales y 20% madera. Los diferentes métodos son mostrados en la Figura 2.7.



*Figura 2.7 Tratamiento de Residuos de la Construcción.*

La gran parte fue sometida a tratamiento y reusado (93%), el 2% fue reciclado y 5% corresponde a disposición final.

La mayoría de los RCyD no minerales como plásticos (PVC), metales y madera se reciclan después de la clasificación, sin embargo la clasificación puede ocurrir en diferentes etapas, no obstante, aquellos RCyD no minerales no clasificados que son aceptados en las plantas se incentivan con un cobre adicional por las plantas de reciclaje.

Cerca de 6 Mt de RCyD terminan en rellenos sanitarios, lo que contrasta con otros países miembros que prohíben esta práctica. Esto cambiara con la introducción de la ordenanza de materiales de la construcción sustitutos (reciclados), la cual prohíbe esta práctica.

En 2013, Alemania exportó 420 kt de RCyD. Casi todas las rutas se orientaron hacia los Países Bajos (66%), Francia (32%) y otros países (2%). El 55% se recuperó y el 45% terminó en vertedero, exclusivamente en los Países Bajos.

En el mismo año, se importaron alrededor de 962 kt de RCyD, principalmente de Italia (34%), Luxemburgo (25%), Austria (8%), Países Bajos (7%), Suecia (14%) entre otros (12%). El 51% de los RCyD importados se recuperaron mientras que el 49% restante terminó en vertedero.

Alemania ha logrado reducir la generación de per cápita, como se muestra en la Figura 2.8, aunque la mayoría de los países han mantenido constante la tasa de generación de RCyD, en contraste con otros países como República Checa y Países Bajos que han tenido un leve incremento.

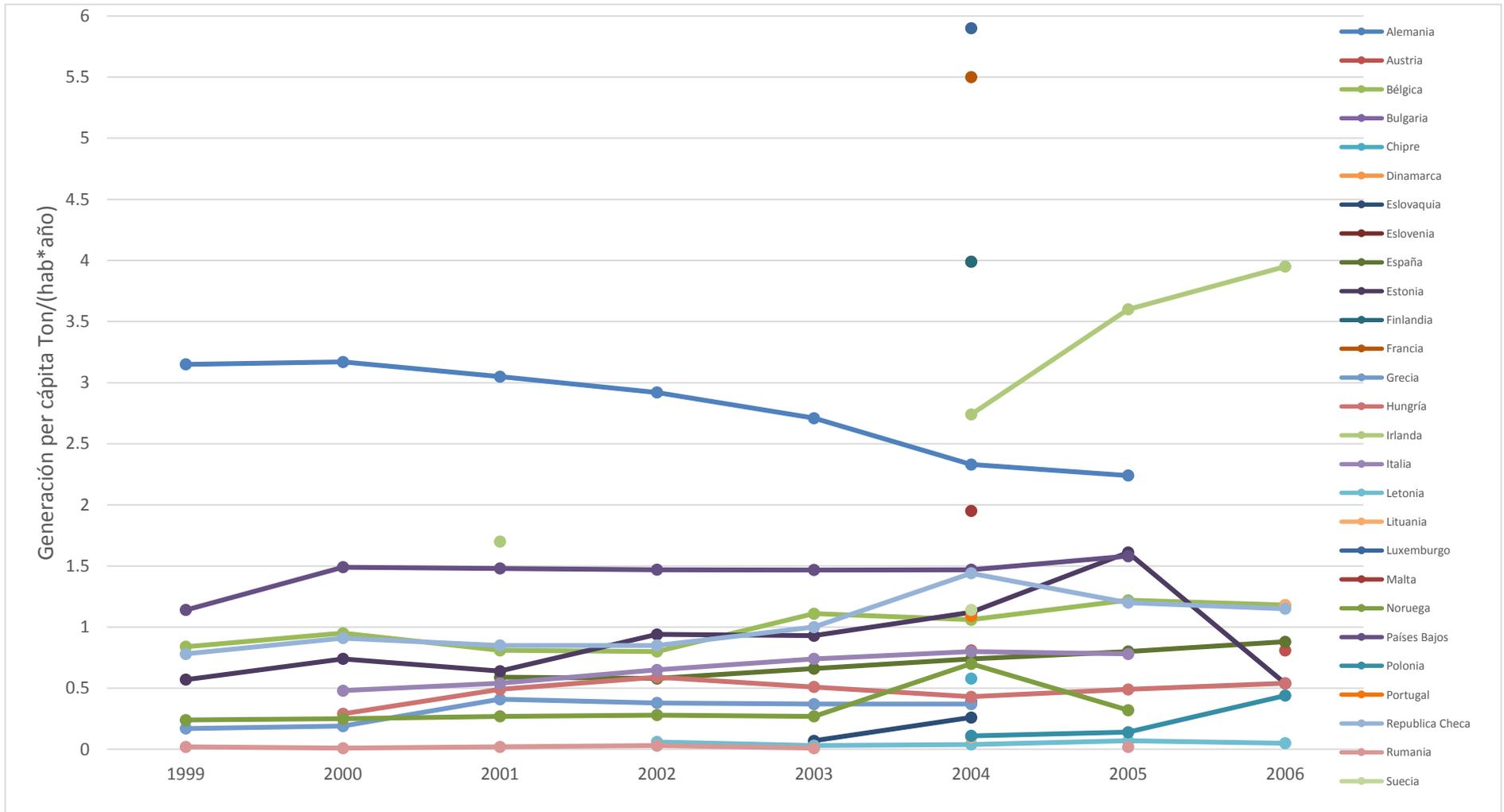


Figura 2.8 Generación per cápita de RCyD de algunos países miembros de la UE y Noruega. Fuente: ETC/RWM (2009)

## **2.2 Composición y clasificación**

Los países que definen su composición y clasificación se basan en los materiales que predominan en dichas actividades, aunque la composición es la misma, al separar las actividades (construcción de demolición) la clasificación que se genera es acorde al material y no al que predomina.

La composición de los RCyD es el conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de la construcción, demolición, desmantelamiento y/o excavación, tales como tabiques, materiales pétreos, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción. (GODF 2015).

La composición es la misma en todo el mundo, pero la clasificación varía, ya que algunos países toman en cuenta que algunos de los materiales son peligrosos, su posible reusó y reciclaje o bien por la actividad en que se generan.

### **México**

Los RCyD se encuentran en la categoría VII de la clasificación de los residuos de manejo especial que se encuentra en el artículo 19 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (“LGPGIR”), además el artículo 20, dictamina que estos residuos están sujetos a planes de manejo y se llevará a cabo con la conformidad de los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas.

La Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (hoy en día Ciudad de México), en la norma NADF-007-RNAT-2013 (GODF 2015), clasifica y da un posible reusó de los RCyD, esta información se encuentra en la Tabla 2.5.

La Tabla 2.5, solo presenta algunas recomendaciones de reusó y da pie a que las empresas consideren los RCyD como un recurso, ya que sustituyen parcial o en su totalidad los agregados naturales.

Tabla 2.5 Clasificación y su posible reúso de los Residuos de la Construcción y Demolición.

| TIPO DE RESIDUO DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN   | POSIBLE REÚSO *   |
|---|---|
| <b>A. PROVENIENTES DE CONCRETOS HIDRÁULICOS Y MORTEROS</b>  |   |
| <p>Elementos prefabricados<br/>Elementos estructurales y no estructurales<br/>Sobrantes de concreto en obra y premezclado</p>   | <p>Bases Hidráulicas en caminos y estacionamientos<br/>Concretos hidráulicos para la construcción de firmes, ciclo pistas, banquetas y guarniciones.<br/>Elaboración de productos prefabricados (Blocks, tabiques, adocretos, adopastos, losetas, guarniciones, bordillos, postes de cemento-arena).<br/>Bases para ciclo pistas, firmes, guarniciones y banquetas.<br/>Construcción de Andadores y trotapistas.<br/>Sub-bases en caminos y estacionamientos.<br/>Construcción de terraplenes.<br/>Construcción de pedraplenes,<br/>Material para relleno o para la elaboración de suelo-cemento.<br/>Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno total de cepas.<br/>Material para la conformación de terrenos.<br/>Rellenos en cimentaciones.<br/>Mobiliario urbano.<br/>Construcción de muros divisorios.</p> |
| <b>B. MEZCLADOS</b>   |   |
| <p>Concretos hidráulicos<br/>Morteros<br/>Blocks<br/>Tabicones<br/>Adoquines<br/>Tubos de albañal<br/>Cerámicos<br/>Mamposterías<br/>Prefabricados de arcilla recocida (Tabiques, ladrillos, etc.)<br/>Piedra braza<br/>Agregados pétreos</p> | <p>Sub-bases en caminos y estacionamientos.<br/>Construcción de terraplenes.<br/>Cobertura y caminos interiores en los rellenos sanitarios.<br/>Construcción de andadores y trotapistas.<br/>Bases para ciclopistas, firmes, guarniciones y banquetas,<br/>Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno de cepas.<br/>Construcción de pedraplenes.<br/>Mamposterías Material para la conformación de terrenos**<br/>Relleno en jardineras<br/>Rellenos en cimentaciones.</p>  |
| <b>C. PROVENIENTES DE FRESADO DE CONCRETO ASFÁLTICO*</b>  |   |

|   |  |
|---|--|
| Carpeta asfáltica<br>Bases negras   | Bases asfálticas o negras.<br>Concretos asfálticos elaborados en caliente.<br>Concretos asfálticos templados o tibios.<br>Concretos asfálticos elaborados en frío. |
| D. RESIDUOS DE EXCAVACIÓN   |  |
| Suelos no contaminados y materiales contenidos en ellos.  | Deberá privilegiarse su separación para facilitar el arcillosos, granulares y pétreos naturales reuso y reciclaje.   |
| E. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS   |  |
| Papel y Cartón<br>Madera<br>Metales<br>Residuos de podas, tala y jardinería.<br>Vidrio<br>Papel y Cartón<br>Madera    | Deberá privilegiarse su separación para facilitar el reuso y reciclaje.  |
| F. OTROS  |  |
| Residuos de Impermeabilizantes, tabla roca, instalaciones eléctricas, asbesto, tubería, herrería, lodos bentoníticos. | Deberá privilegiarse su reciclaje.   |

\* Para ser incluidos en el proyecto ejecutivo de la obra.

\*\* En ningún caso se utilizará en suelos de conservación, áreas naturales protegidas, áreas de valor ambiental, de y zonas de recarga de mantos acuíferos.

Fuente: GODF (2015)

En la norma técnica estatal ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008 que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México, se clasifican los RCyD de acuerdo a la actividad en que se generan, esta información está contenida en la Tabla 2.6.

Esta tabla solo da una clasificación enfocada en los materiales que predominen en cada actividad, y no ejemplifica un posible reusó.

Tabla 2.6 Identificación de los residuos de la construcción de acuerdo a la actividad.

| Etapa  | Ejemplo de tipo de Residuo   |
|--|--|
| I. Demolición  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concreto armado</li> <li>2. Concreto asfáltico</li> <li>3. Mampostería</li> <li>4. ladrillo</li> <li>5. Yeso</li> <li>6. Tejas</li> <li>7. Adobe</li> <li>8. Hormigón</li> <li>9. Cerámicos</li> </ol>   |
| II. Excavación   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tierras</li> <li>2. Rocas</li> <li>3. Material arcillosos</li> <li>4. Lodos de excavación</li> </ol>   |
| III. Construcción, mantenimiento de vivienda e industrial y remodelación | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prefabricados arcillosos (tabique, ladrillo, block)</li> <li>2. Concreto</li> <li>3. Mortero</li> <li>4. Cerámicos</li> <li>5. Yeso</li> <li>6. Cal</li> <li>7. Mampostería</li> </ol>   |
| IV. Residuos sólidos urbanos   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vidrio</li> <li>2. Cartón</li> <li>3. Plástico</li> <li>4. Metales (fierro, hierro, aluminio )</li> <li>5. Papel</li> <li>6. Madera</li> <li>7. Poda y derribo de arboles</li> <li>8. Restos de alimentos</li> <li>9. Residuos depositados en el predio</li> </ol> |

Fuente: GDGEM (2009).

“...El listado de los residuos de la construcción enunciada en la tabla 2.2 no es limitativa, debido a los tipos de construcción que se desarrollen” (GDGEM ,2009).

## Unión Europea

Los países miembros de la UE adoptan la clasificación publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, debido a los diferentes tipos de residuos de la lista están definidos plenamente mediante códigos de seis cifras para los residuos, y por los títulos de los capítulos de cuatro y dos cifras, respectivamente, la clasificación correspondiente a los RCyD se encuentra en el “Capítulo 17 Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)”, la lista de códigos se encuentran en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Código y lista de residuo en la Unión Europea.

| Código    | Lista Residuo   |
|-----------|---|
| 17        | RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS)                              |
| 17 01     | <b>Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>  |
| 17 01 01  | Hormigón  |
| 17 01 02  | Ladrillos   |
| 17 01 03  | Tejas y materiales cerámicos  |
| 17 01 06* | Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas |
| 17 01 07  | Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06        |
| 17 02     | <b>Madera, vidrio y plástico</b>  |
| 17 02 01  | Madera  |
| 17 02 02  | Vidrio  |
| 17 02 03  | Plástico  |
| 17 02 04* | Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas                              |
| 17 03     | <b>Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados</b>  |

|           |  |
|-----------|--|
| 17 03 01* | Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla   |
| 17 03 02  | Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01                             |
| 17 03 03* | Alquitrán de hulla y productos alquitranados   |
| 17 04     | <b>Metales (incluidas sus aleaciones)</b>  |
| 17 04 01  | Cobre, bronce, latón   |
| 17 04 02  | Aluminio   |
| 17 04 03  | Plomo  |
| 17 04 04  | Zinc   |
| 17 04 05  | Hierro y acero   |
| 17 04 06  | Estaño   |
| 17 04 07  | Metales mezclados  |
| 17 04 09* | Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas  |
| 17 04 10* | Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas                 |
| 17 04 11  | Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10  |
| 17 05     | <b>Tierra (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje</b>        |
| 17 05 03* | Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas   |
| 17 05 04  | Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03                                |
| 17 05 05* | Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas   |
| 17 05 06  | Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05                                |
| 17 05 07* | Balasto de vías férreas que contiene sustancias peligrosas   |
| 17 05 08  | Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07                              |
| 17 06     | <b>Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto</b>                  |
| 17 06 01* | Materiales de aislamiento que contienen amianto  |
| 17 06 03* | Otros materiales de aislamiento que consisten en sustancias peligrosas o contienen dichas sustancias |

|           |   |
|-----------|---|
| 17 06 04  | Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03   |
| 17 06 05* | Materiales de construcción que contienen amianto  |
| 17 08     | <b>Materiales de construcción a base de yeso</b>  |
| 17 08 01* | Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas  |
| 17 08 02  | Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01  |
| 17 09     | <b>Otros residuos de construcción y demolición</b>  |
| 17 09 01* | Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio  |
| 17 09 02* | Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a base de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB) |

(\*), Los residuos marcados con un asterisco en la lista de residuos se considerarán residuos peligrosos.

Fuente: Adaptado de DOUE (2014).

La lista enmarca las diferentes categorías de los RCyD y subcategorías pertenecientes a un mismo tipo de material, tomando en cuenta que este puede ser considerado o no como peligroso.

## América Latina

Brasil y Chile, estos países adoptan la clasificación dictada en el Consejo Nacional del Medioambiente (CONAMA) publicada en la Resolución 307, que establece directrices, criterios y procedimientos para la gestión de residuos de la construcción civil, en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Clasificación de los RCyD's según CONAMA.

| Clase | Residuos   | Reusó, Reciclaje o Destino  |
|-------|--|---|
| A     | a) De construcción, demolición, reforma y reparación de pavimentos y de otras obras de infraestructura, incluso suelos provenientes de terraplén.                              | Como áridos o encaminados a áreas de vertido de residuos Clase A de reserva material para utilización futura. |
|       | b) De construcción, demolición, reformas y reparaciones de edificaciones: componentes cerámicos (ladrillos, bloques, tejas, placas de revestimiento etc.), mortero y hormigón. |   |
|       | c) De proceso de fabricación y/o demolición de piezas pre moduladas de hormigón (bloques, tuberías, bordillos de acera etc.) producidas en obra.                               |   |
| B     | Residuos reciclables:<br>Plástico, papel/cartón, metales, vidrios, madera y yeso.  | Áreas de almacenamiento temporario, siendo dispuestos de modo a permitir su utilización para usos futuros.    |
| C     | Residuos para los cuales aún no se desarrollaron tecnologías o aplicaciones económicamente viables que permitan su reciclado o recuperación.                                   | Deberán ser almacenados, transportados y destinados en conformidad a las técnicas específicas.                |

|   |   |  |
|---|---|--|
| D | <p>Materiales peligrosos, tales como: Pinturas, solventes, aceites y otros, o materiales contaminados oriundos de demoliciones, reformas y reparos de clínicas radiológicas, instalaciones industriales, tejas y además objetos que contengan amianto u otro producto nocivo para la salud.</p> | <p>Deberán ser almacenados, transportados y destinados en conformidad con las normas técnicas específicas.</p> |
|---|---|--|

Fuente: Resolución CONAMA N°307 (Brasil, 2002)

Sin embargo, Colombia, toma como referencia la del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que expidió la resolución No. 472 que reglamenta la gestión integral de los residuos de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones, en la cual se encuentra la siguiente clasificación de los RCyD, Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Tipos de RCyD, Colombia.

| No. | Tipo de RCyD  |
|-----|---|
| 1   | Aprovechable  |
| 1.1 | Productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno: Cobertura vegetales, tierras, limos y materiales pétreos producto de la excavación, entre otros.   |
| 1.2 | Productos de cimentación y pilotajes: Arcillas, bentonitas y demás.   |
| 1.3 | Pétreos: Hormigón, arenas, gravas, cantos, pétreos asfálticos, trozos de ladrillo y bloques, cerámicos, sobrantes de mezcla de cemento y concretos hidráulicos, entre otros.  |
| 1.4 | No pétreos: Vidrio, metales como acero, hierro, cobre, aluminio, con o sin recubrimientos de zinc o estaño, espumas de poliestireno y de poliuretano, gomas y cauchos, compuestos de madera o cartón yeso( drywall), entre otros. |
| 2   | No aprovechables  |
| 2.1 | Los contaminados con residuos peligrosos  |
| 2.2 | Los que por su estado no pueden ser aprovechables   |
| 2.3 | Los que tengan características de peligrosidad, estos se registrarán por la normativa ambiental especial establecida para su gestión.   |

Fuente: Adaptada de Resolución No. 427 (MADS, 2017)

Cada una de estas clasificaciones están enfocadas en los materiales que son aprovechables, lo que propicia que algunos de los materiales que conforman a los RCyD queden fuera o simplemente no se especifica bien a qué grupo pertenecen.

## Estados Unidos

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (en inglés, Environmental Protection Agency; más conocida por las siglas EPA), dicta una clasificación general, para los materiales que se reciben los vertederos de RCyD, de acuerdo al Código de Regulaciones Federales título 40 “Protección al Medio Ambiente” sección 258.2, la lista es:

1. Trabajos de carreteras
2. Material producto de la excavación
3. Desechos de construcción, demolición y remodelación.
4. Materiales de limpieza de terreno.

Los materiales típicos son concreto, madera (de edificios), asfalto (de carreteras y tejas), yeso (el componente principal de paneles de yeso), rieles, ladrillos, vidrio, plástica, componentes de construcción rescatados (puertas, ventanas y accesorios de plomería), árboles, tierra y rocas de sitios de limpieza.

Los RCyD contaminados con plomo y asbesto, son considerados como peligrosos y se canalizan a otro sitio para su disposición final. Cada estado es Al delegar responsabilidades.

Si bien la composición de los RCyD es la misma en cualquier parte del mundo, las diferentes categorías de los estos deben de ser contempladas. Cada una de las categorías ayudaría a determinar una generación y composición adecuada.

Las recomendaciones del posible reusó deben de estar fuera de la clasificación, ya que todo material, menos los peligrosos, son factibles para ser reciclados o reutilizados, con ello se eliminaría la idea de que solo ciertos materiales son factibles para los tratamientos y se propiciaría la investigación en las diferentes mezclas de RCyD. Esto se logra planteando las actividades necesarias para su aprovechamiento.

## Capítulo III. Aprovechamiento de los RCyD

En este capítulo se mencionarán las actividades necesarias para aprovechar los RCyD en su totalidad, considerando el manejo integral para su posterior valorización.

### 3.1 Separación de los RCyD

Los RCyD tiene una amplia gama de materiales y en cada uno de las actividades que propician su generación presentaran cantidades diferentes de estos, es por ello que la separación de los RCyD debe propiciar su valorización o la garantía de obtener un material que presenta cierta homogeneidad, para su posterior reciclaje o reutilización. La separación siguiente está enfocada en obtener materiales de un solo tipo o grupo, desde el punto de vista de cada etapa.

Materiales frecuentes durante la etapa de la construcción:

- a) Tabique Block (\*)
  - b) Cerámicos (\*)
  - c) Desperdicio de mortero
  - d) Cerámicos (\*)
  - e) Papel/ Cartón
  - f) Metales
  - g) Materiales a base de Yeso
  - h) Concreto simple
  - i) Madera (padecería)
  - j) Vidrio (padecería)
  - k) Otros
- (\*) Pedecería o pieza.

Grupo de materiales durante la etapa de la demolición.

- a) Mezcla de tabique, mortero y yeso.
- b) Concreto simple o armado.
- c) Mezcla de vidrio, plástico, metales.
- d) Mezcla de cerámicos.
- e) Mezcla de madera con algún otro material.
- f) Muebles, puertas, etc.

### g) Residuos Peligrosos.

El concepto de “demolición selectiva” en estos años ha tomado fuerza, ya que desde este punto de vista la separación de los materiales es adecuada y si bien, seguirían perteneciendo a un grupo, este sería una mezcla homogénea (por ejemplo, mezcla de tabique con mortero). La separación de los materiales debe estar enfocada en el material que predomine o bien en el tipo.

## 3.2 Acopio y transporte

La utilización de contenedores en obra o los llamados contenedores flexibles, ver Figura 3.1, es indispensable, en ellos se colocarían los materiales como concreto simple o armado, cerámicos, ladrillos, metales, materiales a base de yeso u otros.



*Figura 3.1 Contenedor flexible o reutilizable.*

*Fuente: Anónimo*

Las dimensiones de los contenedores varían según la actividad, durante la etapa de la construcción, los residuos generados (pedregal, tabique o azulejos, cortos de tabla roca, metales, etc) representan una menor cantidad, lo cual significaría que se puede utilizar un contenedor para dos tipos de materiales (por ejemplo pedregal de ladrillo y materiales a base de yeso), esto es contrario a lo que sucede en la actividad de la demolición, en

donde se genera un volumen mayor de un grupo de materiales ( pedacería de muros de mampostería o concreto simple) .

Las dimensiones de los contenedores varían desde 2 m<sup>3</sup> hasta 30 m<sup>3</sup>, Figura 3.2. La sección de los contenedores está ligada a la generación. El área destinada para el acopio también influye en la selección de los contenedores y con ello el tipo de transporte para su disposición en los diferentes centros de tratamiento. Los servicios de transporte deben estar autorizado por la entidad gubernamental o local correspondiente.



*Figura 3.2 Contenedores tipo.*

*Fuente: Anónimo*

El transporte está ligado al tipo de contenedor y la actividad que se esté realizado.

El control de entradas y salidas de los transportistas es indispensable, para garantizar que los RCyD lleguen a los centros de disposición final o de reciclaje, además esto se realizara contratando servicios formales, esto implica crear una base de datos relacionada con los trasportistas y volúmenes que se están transportando de RCyD.

### 3.3 Reusó y reciclaje

El reusó está enfocado en utilizar los materiales sin darles un tratamiento previo, por ejemplo, utilizar pedacería de ladrillos en la construcción de una jardinera o utilizándolo como relleno.

Durante la etapa de demolición se pueden recuperar piezas en buen estado de ladrillo, tabiques, adoquines, tejas y cerámicos, estos se utilizaran en obra o bien almacenados para su posterior valorización.

El concepto de demolición selectiva o desmantelamiento amplía la recuperación de más objetos, no solo material sino también muebles de baño y oficina, puertas, ventanas, lámparas y cancelerías entre otros materiales.

Esta práctica conlleva a la creación de un mercado en el cual se venden estos objetos a un precio adecuado, con el nombre de materiales o muebles de segunda mano. Esta práctica, desde el punto de vista ambiental, reduce la disposición final de RCyD.

Por otro lado, el reciclaje estará encargado de transformar los RCyD en materiales nuevos, que cumplan con las mismas características que los realizados con materiales vírgenes o bien estos pueden ser considerados como materia prima ( un ejemplo, los áridos reciclados son utilizados en la construcción de banquetas, sustituyendo en su totalidad los agregados gruesos utilizados normalmente), esto manufactura se realizaría in situ o bien por centros de reciclaje (empresas privadas, por el gobierno o bien por la participación de ambos).

### 3.4 Disposición Final

No todos los RCyD se pueden reciclar o reusar, o bien por una situaciones de emergencia se deben de considerar los sitios de disposición final adecuados al los RCyD.

La selección de los sitios de disposición final deben de ser adecuados a la características de los materiales que componen a los RCyD, y aunque su mayoría se consideren inertes, existe la posibilidad de que contengan materiales peligrosos.

En estos sitios se debe de garantizar la disposición adecuada de los RCyD no aprovechables, para la selección de estos sitios de disposición final se toma en cuenta lo siguiente:

- a) Uso de suelo
- b) Tipografía
- c) Geología
- d) Hidrología
- e) Impacto ambiental

Además se deben de considerar las obras de mitigación de ruido y polvo, para garantizar un correcto funcionamiento y el mínimo impacto ambiental, además de contar con una capa impermeable (si bien son considerados inertes, existe la posibilidad de que contengan algún material que no se considere así), canales y una laguna de lixiviados.

Cada una de las actividades antes mencionadas propician un adecuado manejo, sin embargo, las empresas constructoras están interesadas en desarrollar su proyectos, esto implica, que la mayoría solo está interesada en trasladar sus RCyD a los sitios de disposición final. La función de estos sitios no debe estar limitada a la disposición final, sino complementarlos con actividades para que sean considerados como integrales.

## Capítulo IV. Implementación de un Centro Integral de Residuos de la Construcción y Demolición

La reutilización y el reciclaje de los RCyD a lo largo del ciclo de vida de los edificios y de las infraestructuras es una de las estrategias fundamentales para alcanzar la sustentabilidad de dicho sector, considerando dichos materiales como un recurso,

### 4.1 Funciones

La disposición final es primordial en la implantación del CIREC, ya en los primeros años de vida no se reciclara o se reutilizara en su totalidad los RCyD generados. Sin embargo al paso de los años los productos que se obtienen como resultado de estas actividades se incrementaran con el enfoque de minimizar la disposición final de los RCyD. Esto se llevara a cabo con la creación de nuevos materiales considerados como materia prima o parte de algún elemento estructural cumpliendo con las mismas características que los que contienen agregados naturales. Se implantará lo siguiente:

- Producción de agregados (gravas, arena) de distintos diámetros.

Esto se realizara adaptando un sistema de producción de agregados naturales a las características de los RCyD, por lo cual se requiere de un separador magnético, para los metales (varillas, alambre, etc.) y una zona de separación manual, por los materiales como cartón, papel, vidrio y plástico, que no se logren captar de la previa clasificación. El tipo de planta será:

a) Fija, que son instalaciones permanentes con cintas y elementos transportadores, equipos de separación, de eliminación y, a menudo, dos tipos de Trituradoras.

b) Móviles, que presentan una línea más simple que las fijas, con una única entrada de alimentación, una cinta transportadora, una machacadora y uno o dos cribas. Estas plantas móviles, en algunos casos, consisten en dos vehículos transportadores: el primero lleva la trituradora con cintas de alimentación y descarga y el segundo la criba y varias cintas.

La planta a utilizar dependerá de las características del predio, además de considera la producción que se requiere.

- Producción de tabiques y bloques.

De la producción de agregados reciclados (RCyD reciclados), y con la granulometría adecuada se elaboraran piezas de tabique o bloques, ya sea manual o mecánicamente.

- Producción de Tecnosuelos.

El suelo con material orgánico (producto del despalme) y un porcentaje de agregados finos reciclados, su elaboración se llevara cabo manualmente.

- Producción de prefabricados.

Los agregados reciclados sustituirán parcial o en su totalidad los agregados naturales, para la elaboración de estos, tomando en cuenta que son factibles en la construcción de una vivienda de un nivel.

- Disposición final.

El predio dispondrá de un área necesaria para disponer de los RCyD debido a que no todos los RCyD son factibles para reciclar o reutilizar. El predio seleccionado deberá contar con todas las características ingenieriles (canales, laguna de lixiviados, capa impermeable, accesos y caminos necesarios) para su operación.

Cada una de las funciones tiene el propósito de valorizar los RCyD, mediante el reciclaje o reutilización. Esto se logra adaptando sistemas existentes en la producción de agregados, materiales y prefabricados, que estarían regulados por las normas, leyes o decretos sobre agregados naturales, sin embargo, se propiciara la creación de nuevas enfocadas en los RCyD.

## 4.2 Composición

El predio se compondrá de un cierto número de celdas, enfocadas en el tratamiento de los RCyD, además de las instalaciones necesarias para la operación del Centro Integral de Residuos de la Construcción (CIREC). El predio contara con lo siguiente:

- ❖ Celdas de disposición final de los RCyD.
- ❖ Celda de emergencia.
- ❖ Instalaciones para el tratamiento de residuos producto de la excavación.
- ❖ Celda para la colocación del material producto de la excavación aprovechable.
- ❖ Celda para la disposición de residuos producto de la excavación no aprovechable.
- ❖ Celda de lixiviación.

Cada una de estas celdas se formará sobre un suelo previamente impermeabilizado con material natural formado por arcillas compactadas, o bien por medio de material sintético como geomembranas fabricadas a partir de diferentes resinas plásticas y con un espesor mínimo de 1 mm, esto tiene dos funciones principales; uno es que los líquidos que se generen en las celdas provocados por las lluvias, puedan fluir y llega a las redes de canales o tuberías y así ser sacados a otra celda de lixiviación.

La otra función es que los RCyD no toquen los suelos por posibles daños o hundimientos. Si bien, los RCyD son considerados de carácter inerte, se realizarían estudios sobre las posibles afectaciones de los lixiviados de RCyD en el medio ambiente.

El volumen y su vida útil de cada celda se estimara de acuerdo a la forma que da al material (pirámide trunca) al ser colocado y a una generación estimada a cierto número de años.

- ❖ Obras para la operación del sitio.
  - Acceso principal.
  - Caseta de control de acceso (Vigilancia).
  - Caseta de control de pesaje.
  - Báscula.
  - Oficinas generales.
  - Servicio Médico / Comedor.
  - Baños y Vestidores de Personal.

- Taller de Maquinaria.
- Laboratorio.
- Estacionamiento de personal y visitas.

La división del predio en celdas está enfocada en promover la selección, aplicación de técnicas, tecnologías y programas de manejo acordes con objetivos y metas específicos de gerenciamiento de los RCyD.

### 4.3 Anteproyecto de un Centro Integral

De llevarse a cabo la construcción de un Centro Integral de Residuos de la Construcción en México, el estado adecuado para su realización es la Ciudad de México.

La Ciudad de México cuenta con varias delegaciones para determinar cuál sería la adecuada en función de: disponibilidad de terrenos, densidad de población, así como también de la facilidad de instalar el equipo y las construcciones pertinentes para la apertura del CIREC.

La delegación Tláhuac (Figura 4.1) cuenta con varios terrenos, de gran extensión y la población moderada, además la topografía es plana y los trabajos de preparación serían mínimos para instalación del CIREC.



*Figura 4.1 Ubicación de Tláhuac en la Ciudad de México (México).*

*Fuente: Anónimo*

De contar con un predio en la delegación de Tláhuac, la infraestructura del sitio tendrá las siguientes funciones:



Figura 4.2 Distribución del predio.

### Obras para la operación del sitio.

1. Acceso principal.
2. Caseta de control de acceso (Vigilancia).
3. Caseta de control de pesaje.
4. Báscula.
5. Oficinas generales.
6. Servicio Médico / Comedor.
7. Baños y Vestidores de Personal.
8. Taller de Maquinaria.
9. Laboratorio.
10. Estacionamiento de personal y visitas.

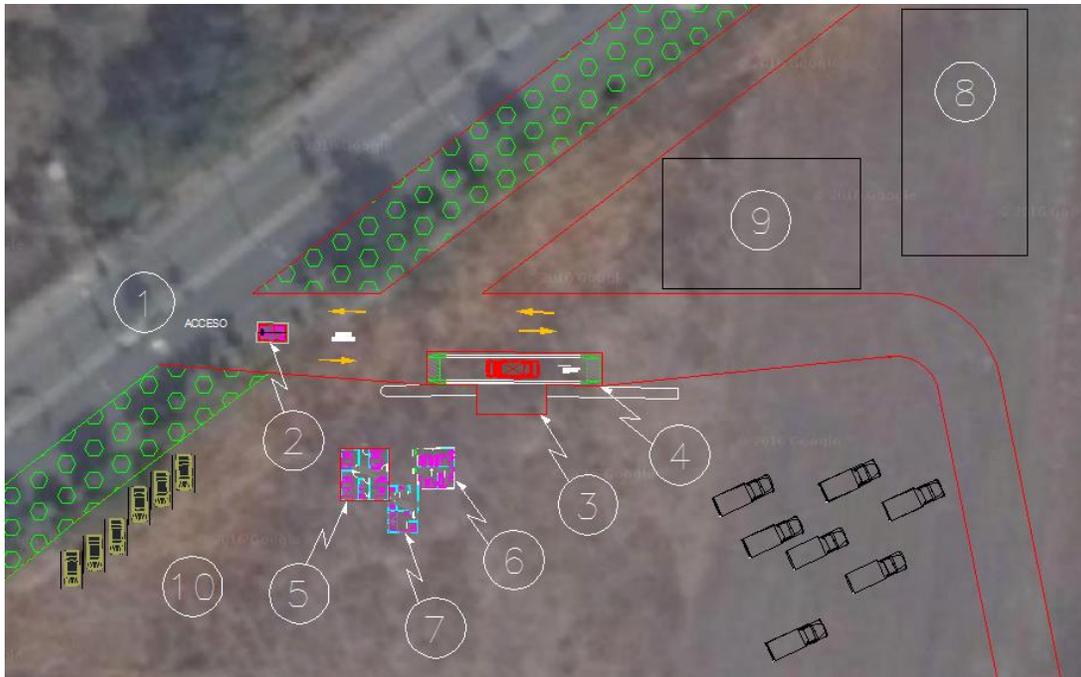


Figura 4.3 Distribución de obras de operación en el predio.

*Instalaciones para el tratamiento de residuos producto de la excavación.*

- 7. Baños y Vestidores de Personal.
- 10. Estacionamiento de personal y visitas.
- 11. Oficinas de manejo de residuos producto de la excavación.
- 12. Área de tratamiento de residuos producto de la excavación.



Figura 4.4 Distribución de obras para el tratamiento de los suelos.

### 4.3.1 Celdas para disposición final

Se construirán 6 celdas para la disposición de los RCyD con las siguientes características:

De acuerdo a la forma que adquiere el material al ser colocado (pirámide trunca) en cada celda, el volumen estimado y la vida útil se presenta en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Características de las celdas para disposición final

| Celda         |   | Uso  | Volumen RCyD   | Vida útil |
|---------------|---|--|----------------|-----------|
|               |   |  | m <sup>3</sup> | Meses     |
| Primera etapa | 1 | Disposición de los Residuos de la Construcción y Demolición. | 1,197,112.00   | 11.5      |
|               | 2 |  | 1,197,112.00   | 11.5      |
|               | 3 |  | 1,253,238.00   | 12        |
|               | 4 |  | 1,253,751.00   | 12        |
| Segunda etapa | 5 |  | 1,750,038.00   | 16        |
|               | 6 |  | 2,279,866.00   | 21        |

Estas celdas se formarán sobre un suelo previamente impermeabilizado con material natural formado por arcillas compactadas con un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg., o bien por medio de material sintético como geomembranas fabricadas a partir de diferentes resinas plásticas y con un espesor mínimo de 1 mm.

### 4.3.2 Celdas de emergencia.

La función de estas celdas es para recibir y almacenar temporalmente los residuos de la construcción cuando no sea posible operar normalmente las celdas de disposición final debido a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extraordinarios, fuertes lluvias, o bien para alojar el ingreso de una cantidad extraordinaria de residuos o también cuando los equipos y la maquinaria se averíen y no puedan operar. La celda de emergencia podrá recibir y almacenar los residuos durante un periodo de aproximadamente 8.5 meses y un volumen de 912, 132 m<sup>3</sup>. En la tabla 4.2 se presenta las características de las celdas de: disposición final; de material aprovechable y de emergencia.

*Tabla 4.2 Características de celdas producto de excavación y emergencia*

| Celda   | Volumen RCyD   | Vida útil |
|---|----------------|-----------|
|   | m <sup>3</sup> | Meses     |
| Disposición de producto de la excavación aprovechable.    | 342176.00      | N/A*      |
| Disposición de producto de la excavación no aprovechable. | 361504.00      | 19        |
| Emergencia.   | 912132.00      | 8.5**     |

\*N/A, por la creación de tecno suelos y su aprovechamiento fuera del relleno.

\*\* En caso de no poder acceder u operar las celdas en caso de desastres.

### 4.4 Descripción del proceso.

El proceso inicia a la entrada del Centro Integral de Residuos de la Construcción, "CIREC".

A la entrada de los RCyD se debe realizar su pesaje mediante una báscula, de capacidad variable dependiendo del volumen de material entrante (normalmente, de 40 t), y que debe calibrarse periódicamente. Una vez pesado, un trabajador debe apreciar el contenido del vehículo de transporte y clasificar los RCyD.

El sistema de clasificación debe de considerar estos factores:

- La naturaleza del RCyD. Este criterio clasifica a los RCyD en : de concreto, mixto, asfáltico y suelo producto de la excavación.
- El aspecto económico que consiste en retirar manualmente residuos peligrosos, y elementos limpios como placas de yeso, piezas de tabique, maderas, vidrio y metales.

La cantidad de RCyD destinada a disposición final debe ser la menor posible.

*Tabla 4.3 Clasificación de los RCyD a la entrada del CIREC.*

| Naturaleza | Nivel de Contaminación |             |
|------------|------------------------|-------------|
| Concreto   | Limpio                 | Sucio       |
| Mixto      |                        |             |
| Asfalto    |                        |             |
| Suelo      | No contaminado         | Contaminado |

EL RCyD no valorizable está determinado por el grado de limpieza que requiera, y si este no es adecuado se destinara directamente al área de disposición final.

En la zona de acopio dentro del predio, se dispondrá de tres zonas de acopio según la naturaleza del RCyD. Si se clasifica como limpio, el material se descargara directamente en su zona de acopio. Sin embargo, si se clasifica como sucio, se descargará y extenderá en un área próxima a los acopios donde un operario realizará la limpieza manual de los elementos peligrosos e impropios de gran tamaño, que se destinarán a un gestor autorizado o para su disposición final, respectivamente. Una vez realizada la limpieza, los RCyD se trasladarán con pala al acopio correspondiente.

La cantidad de asfalto que se espera que entre al CIREC es escasa, en primera instancia una gestión adecuada será mezclarlo en pequeñas cantidades con los RCyD mixto previo a la entrada a la línea de tratamiento.

EL suelo no contaminado se llevara al área destinada para su tratamiento y posterior valorización, en contraste con el suelo contaminado que será directamente depositado en el área destinada para disposición final.

Por consideraciones de tipo económico, dentro de los primeros años de funcionamiento del CIREC, se considerara solo una línea de tratamiento, para después establecer los lineamientos, estudios y normativas que determinen la viabilidad de una segunda línea de tratamiento, además del aumento en la demanda de los productos derivados de los RCyD reciclados. Estas líneas se distinguen por un máximo de tres etapas: un pre tratamiento, un tratamiento primario y uno secundario.

El pre tratamiento tiene como objetivo mejorar la manejabilidad del RCyD disminuyendo su volumen de aquellos elementos de grandes dimensiones antes de entrar al proceso de reciclado (se utiliza un martillo vibrante), además permite retirar las varillas corrugadas del concreto. Esta tarea se puede realizar en la zona de acopio del RCD.

El tratamiento primario consiste en un precibado, en una trituración del RCyD mediante una trituradora de impacto o mandíbula y un posterior cribado. El precibado tiene la función de eliminar tierras y yeso que habitualmente van en la fracción fina del RCyD. La fracción de tierra y yeso, se considera para el mantenimiento de las vías de acceso dentro del predio.

Después de la trituración es conveniente disponer un separador magnético para eliminar objetos de acero. Por último, se dispone una criba con uno o varios tamices fácilmente intercambiables que permita obtener el tipo de material y granulometría deseada.

El tratamiento consta de dos etapas: zona de recolecta manual y molido de impacto. En la zona de recolecta manual los RCyD triturados pasaran por una cinta en la que un trabajador, si el RCyD es de concreto, o varios, si es mixto, retirara materiales como metales, vidrio, plástico, yeso y madera.

El molino de impacto es imprescindible para obtener un árido con una granulometría continua. Después del triturado de impacto es necesario disponer un segundo electroimán para eliminar el metal liberado en el fraccionamiento del RCyD.

Al igual que al final del tratamiento primario, se dispone una criba con uno o varios tamices fácilmente intercambiables que permitan al reciclador obtener los productos deseados en cada momento.

Para evitar la formación de polvo y la pérdida de material (fundamentalmente arenas se deben emplear “supresores de polvo” que se disponen al final de la cinta que transporta el material al acopio. Para ello, puede utilizarse

cualquier sistema, aunque los más recomendados y usados son los rociadores de agua, normalmente, mediante aspersores.

Los áridos producidos habitualmente y por lo tanto los diferentes acopios necesarios son:

- Arenas
- Gravas
- Materiales gruesos

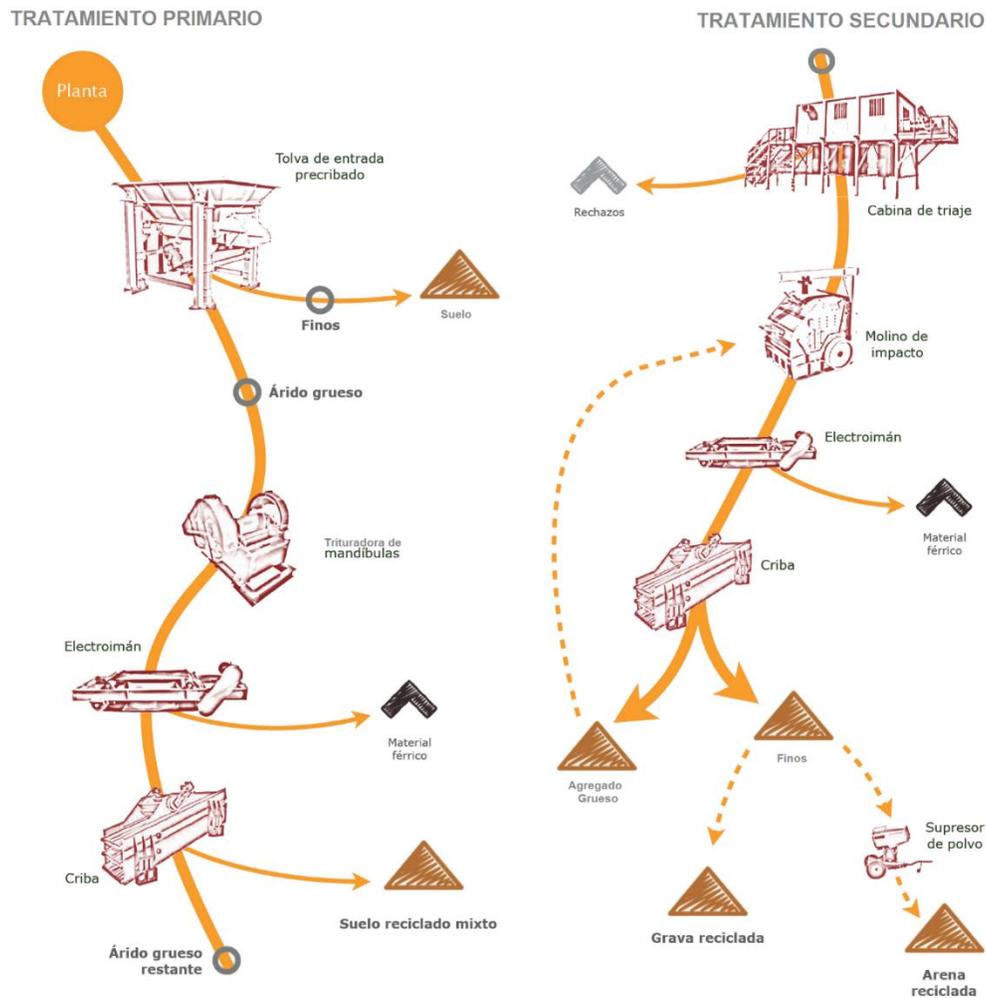


Figura 4.5 Sistema de gestión de RCyD.

Fuente: Gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD). Guía de buenas prácticas.

De cada árido reciclado se destinara una fracción para la manufactura de nuevos productos factibles en la industria de la construcción., esta fracción aumentar hasta completar un 100% dependiendo de la demanda de los productos.

#### **4.4.1 Producción de tabiques y bloques.**

Derivado de la producción de arenas (árido reciclado de RCyD) la creación de bloques y tabiques es factible, si bien estos deben de cumplir con la normativa que los rige, su elaboración es sencilla, aunque se requiere de un laboratorio para garantizar un adecuado diseño de mezcla acorde a los materiales que predomine en el árido y un control de calidad.

#### **4.4.2 Producción de elementos estructurales fabricados con agregados reciclados.**

En el CIREC se producirán elementos estructurales como columnas y vigas de dimensiones y resistencias comerciales y útiles para la construcción de edificaciones inicialmente de un nivel. En el laboratorio de pruebas de materiales se ensayarán distintas mezclas variando el contenido de agregados vírgenes y agregados reciclados por ejemplo de la siguiente manera:

- a) 100 % agregados vírgenes.
- b) 90% agregados vírgenes, 10% agregados reciclados.
- c) 80% agregados vírgenes, 20% agregados reciclados.
- d) 70% agregados vírgenes, 30% agregados reciclados.
- e) 60% agregados vírgenes, 40% agregados reciclados.
- f) 50% agregados vírgenes, 50% agregados reciclados.
- g) 100% agregados reciclados.

Con lo anterior se obtendrán los elementos estructurales con las resistencias y dimensiones necesarias para que convenzan y sean aceptados por los constructores, con lo que se espera que el uso de estos elementos se incremente con el tiempo.

#### **4.4.3 Laboratorio de pruebas de materiales.**

Las pruebas de laboratorio que marcan las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, consisten en determinar las resistencias mínimas de cada una de los materiales que conforman la pieza de mampostería (resistencia a compresión, compresión diagonal, etc.), además de cumplir con todas las normas mexicanas adicionales.

Por mencionar una de ellas, la norma NMX C-111-ONNCCE 2004 para agregados para concreto hidráulico con el objetivo de establecer las especificaciones y métodos de ensayo. Si bien las normas mencionadas no son para materiales reciclados, se tienen que tomar como base para garantizar la factibilidad de los agregados.

## Capítulo V. Conclusiones

En seguida se presentan las principales conclusiones de este trabajo así como recomendaciones para continuar con este tema de investigación

### 5.1 Conclusiones

Con base en la investigación bibliográfica realizada se al virtio que en un gran número de países industrializados la gestión de los RCyD se realiza de manera eficiente. En estos países se evita la disposición incontrolada de los residuos y por el contrario el reusó y reciclaje de ellos es ampliamente practicado

En México no se cuenta con suficiente legislación que ordene de los RCyD. Hasta la fecha en solo en la Ciudad de México, se cuanta con la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el distrito federal. Publicada el 26 de febrero de 2015 y en el Estado de México la Norma técnica estatal ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008 que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México. Publicada en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el 21 de mayo de 2009.

En la Ciudad de México no se cuenta con un sitio de disposición de RCyD autorizado lo cual ocasiona que una gran cantidad de los RCyD se dispongan clandestinamente en las calles, camellones y áreas protegidas.

En este trabajo se propone la creación de centros integrales de RCyD que tengan las siguientes funciones:

- a) Sito de disposición final de los RCyD que técnica u económicamente no sean factibles de aprovechar, estos sitios contarán con infraestructura para minimizar los impactos negativos al ambiente y a la salud humana
- b) Sitios de disposición final para suelos contaminados y no contaminados.
- c) Producción de agregados reciclados.
- d) Producción de tabiques y bloques.
- e) Producción de prefabricados .
- f) Laboratorio de pruebas.

- g) Producción de tecno suelos.
- h) Obras de operación del sitio.

Es necesaria la implantación de Centros Integrales de Residuos de la Construcción en todo el país y en particular en la Ciudad de México, la investigación realizada en medios impresos y electrónicos sobre manejo, generación y normativas aplicables a los RCyD, tanto nacional e internacional, nos indica el potencial reciclable y reutilizable de dichos residuos. Lo que nos indica que los RCyD deben ser vistos como un recurso, para la manufactura de nuevos materiales factibles en la industria de la construcción.

## **5.2 Recomendaciones.**

Se recomienda que este trabajo de investigación se continúe con:

1. Un análisis técnico económico de una planta de agregados.
2. Un análisis técnico económico del equipo a utilizarse en un CIREC.
  - a) Bloquera manual o mecánica.
  - b) Moldes para tabiques y bloques.
  - c) Equipo de trituración, tamizado y transporte.
  - d) Equipo de laboratorio.
3. Es necesario que las autoridades municipales, estatales y gubernamentales se aboquen a promulgar bandos, normas y leyes que obliguen a realizar una gestión adecuada de los RCyD.
4. Es necesaria la participación de las instituciones tales como el Colegio de Ingenieros Civiles de México, Colegio de Arquitectos de la Ciudad de México e Instituciones Gubernamentales para avanzar en la mitigación de los RCyD.

## Bibliografía

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnica, 2004. NBR 15113:2004. Residuos sólidos de la construcción civil y residuos inertes -Vertederos -Directrices para proyectos, implantación y operación. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. NBR 15112:2004. Residuos de la construcción civil y residuos voluminosos- Áreas de transbordo y clasificación- Directrices para proyectos, implantación y operación. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. NBR 15116:2004. Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil-Utilización en pavimentación y preparo de hormigón sin función estructural- Requisitos. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas,2004. NBR 15115:2004. Áridos reciclados de residuos sólidos de la construcción civil-Ejecución de la capa de pavimento-Procedimientos. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. NBR 15114:2004. Residuos sólidos de la construcción civil- Áreas de reciclaje-Directrices para proyectos, implantación y operación. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. NBR 10004:2004. Resíduos sólidos – Classificação. Brasil: Associação brasileira de Normas Técnicas.

Acosta, D. (2013). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). Tecnología Y Construcción, 18(2). Consultado de [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_tc/article/view/3507](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/view/3507)

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía "OAP" (2013). Gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD). Guía de buenas prácticas. Edita: UCOPress. Editorial Universidad de Córdoba.

Brasil, 17 de julio de 2002. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União. Nº136, seção I, p.95-96.

Brasil, 19 de enero de 2012. Resolução Nº 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Diário Oficial da União. p.76.

Brasil, 3 de agosto de 2010. Lei Federal Nº12.305/2010, de 02 de fevereiro de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Nº81.

Brasil, agosto de 2012. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) [Versión electrónica]. México, CDMX. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_220515.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf)

Castaño, Jesús o.; Misle Rodríguez, Rodrigo; Andres Lasso, Leonardo; Gómez Cabrera, Adriana; Ocampo, Manuel S. Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes Tecnura, vol. 17, núm. 38, octubre-diciembre, 2013, pp. 121-129 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257028384010>

CMIC (2013). Plan de manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición. Disponible en: <http://www.fic.org.mx/OTTIC/CMIC/PMrcdCompleto.pdf>

CMIC (2014). Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en los Estados Unidos de Norte América. Disponible en: [http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/eu\\_bp.pdf](http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/eu_bp.pdf)

CMIC (2016). Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Brasil. Disponible en:

[http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/Brasil\\_ficha.pdf](http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/Brasil_ficha.pdf)

CMIC (2016). Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Chile. Disponible en: [http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/chile\\_bp.pdf](http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/chile_bp.pdf)

Comisión Europea (2014). Diario Oficial de la Unión Europea. Lista de residuos a que se refiere el artículo 7 de la Directiva 2008/98/CE. Versión en Español. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex%3A32014D0955>

Comisión Europea (Septiembre, 2016). Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE. Versión en Español. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/es/conditions/native>

Diário Oficial da União (2002) . Resolução CONAMA Nº 307/2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96

European Commission, Environment (2017). Construction and Demolition Waste management in Germany.pdf. Recuperado de: [http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW\\_Germany\\_Factsheet\\_Final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_Germany_Factsheet_Final.pdf)

European Commission, Environment (2017). Studies "Resource Efficient Use of Mixed Wastes". Recuperado de: [http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed\\_waste.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed_waste.htm)

European Topic Centre on Resource and Waste Management (2009). EU as a Recycling Society - Present Recycling Levels of Municipal Waste and C&D Waste in the EU. Recuperado de: [http://scp.eionet.europa.eu/publications/wp2009\\_2/wp/wp2009\\_2/wp/WP2009\\_2](http://scp.eionet.europa.eu/publications/wp2009_2/wp/wp2009_2/wp/WP2009_2)

GDGEM, Gaceta del Gobierno del Estado de México (2009). Norma técnica estatal ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008 que establece los requisitos para el manejo de

los residuos de la construcción para el Estado de México. Publicada en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el 21 de mayo de 2009.

GODF, Gaceta Oficial del Distrito Federal (2015). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el distrito federal. Publicada el 26 de febrero de 2015.

Government Publishing Office (2017). Title 40 of the Code of Federal Regulations in section 258.2. Recuperado de: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2004-title40-vol23/pdf/CFR-2004-title40-vol23-part258.pdf>

Jofra, M., Montoya, S., Madorell, M. y Samper, I. (2016). Metodología para la gestión ambiental de RCD en ciudades de América Latina. Documento creado en el marco del proyecto 'Elaboración de un modelo metodológico de gestión de residuos de la construcción en América Latina: prueba piloto en Bogotá'. Fundación ENT Barcelona y Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia. Consultado en agosto de 2016, disponible en: [http://ent.cat/wp-content/uploads/2016/02/llibret-Bogota\\_baixa.pdf](http://ent.cat/wp-content/uploads/2016/02/llibret-Bogota_baixa.pdf)

Mario, R., Tecnológico, I., Ambiental, D., Hu, H. I. T. D. a, & Planificación, I. De. (1997). Mejoramiento en la gestión de RSU de pequeñas ciudades intermedias . Análisis y diagnóstico sectorial.

Ministerio de Ambiente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Republica de Colombia. Colombia. Resolución 472. La gestión integral de los residuos de construcción y demolición - RCD y se dictan otras disposiciones. Publicada en MINAMBIENTE el 28 de febrero de 2017. Sitio web <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>

Rivera Mera, C,(2007). Análisis de impacto ambiental por la inadecuada disposición de residuos de la construcción y demolición en el valle de México y propuestas de solución. Tesis de Maestría Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, UNAM. México.

SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). Residuos de manejo especial. Consultado en noviembre de 2017, disponible en: [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/07\\_residuos/cap7\\_2.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_2.html)

United States Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/>

United States Environmental Protection Agency, EPA (2017). Industrial and Construction and Demolition (C&D) Landfills. United States. Recuperado de: <https://www.epa.gov/landfills/industrial-and-construction-and-demolition-cd-landfills>

USEPA, 1998. Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States. Disponible en: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/charact\\_bulding\\_related\\_cd.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/charact_bulding_related_cd.pdf)

Vidal Rainho, C,(2015). Estudio Comparativo de los Sistemas de Gestión de RCDs entre España y Brasil. Trabajo de Fin de Grado. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidade da Coruña. España.

Wastes – Laws & Regulations <http://www.epa.gov/wastes/laws---regs/rcrahistory.htm>