



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL**

**Plan de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación adaptado a los materiales y procesos constructivos de la región.**

Tesis que para obtener el Grado de:

**Maestro en Construcción**

Presenta:

**Arq. Jonathan de Jesús de Dios Frías.**

Director:

**Dr. José Antonio Domínguez Lepe**

Aunque este trabajo hubiere servido para examen de grado y hubiere sido aprobado por el H. Sínodo, sólo el autor es responsable de las doctrinas emitidas en él.

# Contenido

<b>Capítulo 1 Generalidades</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introducción. ....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.2.1 Estados Unidos.....	3
1.2.2 Brasil.....	6
1.2.3 Asia.....	8
1.2.5 México .....	12
1.2.6 Gestión de los residuos de manejo especial en México. ....	15
1.3 Planteamiento del problema.....	21
1.4 Estado del arte .....	22
1.5 Justificación .....	29
1.5.1 Justificación económica: .....	29
1.5.2 Justificación social: .....	29
1.5.3 Justificación ambiental: .....	30
1.6 Premisa.....	31
1.7 Objetivo general .....	31
1.8 Objetivos particulares.....	31
<b>Capítulo 2 Metodología.....</b>	<b>32</b>
2.1 Actividades del Objetivo general .....	32
2.2 Actividades de Objetivos particulares.....	34
<b>Capítulo 3 Desarrollo de los programas de generación de residuos, almacenamiento temporal y traslado de RCD.....</b>	<b>39</b>
3.1 Definición de marco legal y jurídico.....	39
3.2 Análisis de índices, volúmenes, orígenes y clasificación de los RCD por sector en el estado de Quintana Roo. ....	58
3.3 Programa de generación de residuos de construcción y demolición. ....	73
3.4 Programa de depósito, almacenamiento temporal y traslado de RCD. ....	89
<b>Capítulo 4 Guía para la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición.....</b>	<b>112</b>
4.1 Objetivo de la guía .....	112

4.2 ¿Qué es? .....	112
4.3 Recomendaciones para su uso.....	112
4.5 Programa de Generación de Residuos .....	114
4.6 Programa de almacenamiento temporal .....	124
4.7 Programa de traslado de residuos .....	129
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>141</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>142</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>143</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Gestión de RCD en algunos países asiáticos .....	9
Tabla 1.2 Gestión de RCD en algunos países asiáticos .....	10
Tabla 1.3 Origen de los Residuos de manejo especial.....	12
Tabla 1.4 Indicadores de gestión y aprovechamiento de RME.....	14
Tabla 1.5 Índices de generación de RCD por sector de la construcción.....	19
Tabla 1.6 Índice de Generación de RCD por Etapa de la construcción .....	19
Tabla 3.1 Marco Legal y Jurídico que aplica a este Plan de Gestión de RCD.....	40
Tabla 3.2 Requerimientos ambientales de los generadores de RCD .....	42
Tabla 3.3 Clasificación de RCD en NADF-007-RNAT-2004 .....	43
Tabla 3.4 Lista de RCD, Tipo de transporte de RCD y destino de RCD .....	45
Tabla 3.5 Clasificación de los generadores de RCD según volumen de generación ..	47
Tabla 3.6 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector educación.....	58
Tabla 3.7 Índices por etapa y tipo del Sector Educación .....	59
Tabla 3.8 Índices por etapa y tipo del sector educación .....	60
Tabla 3.9 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector vivienda.....	61
Tabla 3.10 Índice por etapa y tipo de residuo del Sector Vivienda .....	62
Tabla 3.11 Índices por etapa y tipo de residuo del sector vivienda.....	63
Tabla 3.12 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector turismo .....	64
Tabla 3.13 Índice por etapa y tipo del Sector Turismo.....	65
Tabla 3.14 Índices por etapa y tipo de residuo del sector turismo .....	66
Tabla 3.15 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector salud .....	67
Tabla 3.16 Índice por etapa y tipo del Sector Salud .....	68
Tabla 3.17 Índices por etapa y tipo de residuo del Sector Salud .....	68
Tabla 3.18 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector otros .....	70
Tabla 3.19 Índice por etapa y tipo del Sector Otros.....	70
Tabla 3.20 Índices por etapa y tipo de residuo del Sector Otros .....	71

Tabla 3.21 RCD a los que aplica el presente Plan de Gestión .....	79
Tabla 3.22 Ficha de Identificación del Generador .....	80
Tabla 3.23 Ficha de identificación del Generador y Características de obra .....	81
Tabla 3.24 Instructivo de Llenado de la Ficha de identificación del generador .....	82
Tabla 3.25 Estimación de la Cantidad de Residuos Generados .....	84
Tabla 3.26 Residuos procedentes de la excavación de la obra.....	85
Tabla 3.27 Resumen de estimación de RCD por su tipo de clasificación .....	85
Tabla 3.28 Medidas para la prevención de RCD en obra. ....	85
Tabla 3.29 Checklist de Reutilización, valoración o eliminación de RCD.....	86
Tabla 3.30 Checklist de Medidas de segregación y Planos.....	87
Tabla 3.31 Checklist de prescripciones técnicas en el proyecto.....	88
Tabla 3.32 Involucrados en la construcción y su papel en la gestión de RCD.....	90
Tabla 3.33 RCD más habituales en las obras de construcción.....	98
Tabla 3.34 Posibilidades de utilización para los RCD.....	102
Tabla 3.35 Ficha de de-construcción .....	105
Tabla 3.36 Contenedores de RCD según tipos de residuos .....	107
Tabla 3.37 Opciones de Almacenamiento, Tratamiento y Valorización .....	107
Tabla 3.38 Clasificación de contenedores de RCD por colores .....	110
Tabla 3.39 Área mínima en M <sup>2</sup> por M <sup>3</sup> de RCD .....	110
Tabla 4.1 Ejemplo de Datos iniciales de la obra.....	114
Tabla 4.2 Ejemplo de Estimación de volúmenes de generación.....	116
Tabla 4.3 Ejemplo de cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de RCD.....	118
Tabla 4.4 Ejemplo de Tabla de Resumen de Generación de Residuos por tipo .....	120
Tabla 4.5 Sumatoria total de residuos .....	122
Tabla 4.6 Promedio total de la sumatoria de los RCD .....	122
Tabla 4.7 Ejemplo de Programa de almacenamiento temporal .....	124
Tabla 4.8 Ejemplo de Área promedio requerida en M <sup>2</sup> y contenedores. ....	126
Tabla 4.9 Ejemplo de Programa de traslado de RCD.....	129
Tabla 4.10 Ejemplo de Número de vueltas para el traslado de los RCD .....	131
Tabla 4.11 Ejemplo de M <sup>2</sup> Ocupados por mes y porcentaje de ocupación. ....	133
Tabla 4.12 Ejemplo de Volumen total de residuo acumulado .....	134
Tabla 4.13 Ejemplo de Porcentaje de almacenamiento temporal disponible .....	136
Tabla 4.14 Ejemplo de M <sup>3</sup> acumulado al final de la obra y número de vueltas. ....	138

## Índice de Figuras

Figura 1.1 RCD generados en el año 2014 en USA por Material y tipo de residuo. ....	4
Figura 1.2 Recuperación de RCD para relleno y reciclaje .....	11
Figura 1.3 Generación anual promedio de RME .....	13
Figura 1.4 Modelo del Sistema para la Prevención y Gestión de los RCD. ....	17
Figura 2.1 Etapa 1 de Metodología para el Desarrollo del Plan de Gestión de RCD .	32
Figura 2.2 Etapa 2 de Metodología para el Desarrollo del Plan de Gestión de RCD .	33
Figura 2.3 Desarrollo de actividades de Objetivo 1 .....	34
Figura 2.4 Desarrollo de actividades de objetivo 2 .....	35
Figura 2.5 Desarrollo de actividades de objetivo 2 .....	37
Figura 3.1 Marco legal y normativo del Plan de gestión de RCD.....	39
Figura 3.2 Residuos por etapas del sector educación .....	60
Figura 3.3 Clasificación de los RCD sector educación .....	61
Figura 3.4 Residuos por etapa del sector vivienda .....	63
Figura 3.5 Clasificación de los RCD sector vivienda .....	64
Figura 3.6 Residuos por etapa del sector turismo .....	66
Figura 3.7 Clasificación de los RCD sector turismo.....	67
Figura 3.8 Residuos por etapa del sector salud .....	69
Figura 3.9 Clasificación de los RCD por sector salud.....	69
Figura 3.10 Residuos por etapa del sector otros .....	72
Figura 3.11 Clasificación de los RCD sector otros .....	72
Figura 3.12 Proyección de aumento poblacional en Q. Roo Periodo 2010-2030.....	74
Figura 3.13 Pronostico de Generación de RCD en Q. Roo Periodo 2010-2030 .....	75
Figura 3.14 Diagrama de Flujo Actual de los RCD .....	76
Figura 3.15 Diagrama de Flujo Objetivo del Plan de RCD.....	77
Figura 3.16 Diagrama de Aplicación .....	78
Figura 3.17 Esquema de Separación de Residuos en Obra.....	92
Figura 3.18 Esquema de Separación de Residuos en Obra.....	93
Figura 3.19 Jerarquización de acciones para la gestión de los RCD.....	94
Figura 3.20 Clasificación de los RCD para almacenamiento temporal en el sitio .....	96
Figura 3.21 Medidas y Dimensiones de Contenedores .....	108
Figura 3.22 Esquema de almacenamiento temporal de los RCD .....	109
Figura 4.1 Estructura del Plan de Gestión.....	112
Figura 4.2 Diagrama de Aplicación del Plan de RCD .....	113
Figura 4.3 Grafica de generación de residuos.....	123

## **Resumen**

La ley para la prevención y la gestión de residuos del estado de Quintana Roo señala en su artículo 57, fracción VII que los residuos de construcción y demolición se clasifican como residuos de manejo especial y le corresponde su recolección y tratamiento al Estado; a su vez en el artículo 63, fracción III y VII señala que es necesaria la elaboración de un Plan de Manejo y almacenaje temporal de los residuos por parte del generador.

El objetivo de este Plan es, en base al modelo teórico del Sistema Estratégico para la Prevención y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición para el Estado de Quintana Roo compuesto por 7 sub-sistemas desarrollado por el Dr. J. A. Domínguez, desarrollar el Subsistema de Información y Educativo, y a su vez brindar a empresas constructoras, contratistas, dependencias de gobierno y cualquier otra figura involucrada con la construcción las herramientas necesarias para cuantificar los volúmenes de residuos de construcción y/o demolición en base a indicadores de generación de residuos clasificados por Origen y por Sector; desarrollar un programa de almacenamiento temporal, traslado y disposición final

## **Abstract**

The law for prevention and waste management of the state of Quintana Roo point in his article 57, section VII, that construction and demolition waste is classified as a special handling waste and that should be collected and treated by the State authorities; at the same time, the article 63, sections III and VII point out that it is necessary to prepare a Management Plan and temporary storage of the Construction and demolition Waste (CDW) by the generator, which is the constructor in this case.

The main objective of this Plan is that based on the theoretical model of the Strategic System for the Prevention and Management of Construction and Demolition Waste for the State of Quintana Roo composed by 7 sub-systems and developed by Dr. JA Domínguez, to develop the Subsystem of Information and Education, and at the same time provide construction companies, contractors, government agencies and any other figure involved in the construction process the necessary tools to quantify and estimate the volumes of construction waste and / or demolition based on indicators of waste generation classified by stage of construction and by Sector; develop a program of temporary storage, transfer and final disposal.



# Capítulo 1 Generalidades

## 1.1 Introducción.

La industria de la construcción en México es un sector relevante de la economía. Las obras que se construyen a lo largo del país son motor de la producción y empleo. La construcción siempre ha estado vinculada con el desarrollo del país y ha sido palanca fundamental para lograrlo.

Como cualquier actividad económica que emplea insumos en su labor, los transforma y procesa, la industria de la construcción también genera residuos, principalmente sólidos, como lo son por ejemplo: escombros por demolición, materiales térreos producto de excavación, concretos, entre otros materiales.

La importancia del tema de la generación y manejo de los residuos no involucra sólo los efectos ambientales y de salud pública derivados de su generación y manejo. También está implícito, el uso de los recursos naturales. La gestión integral de los residuos, además de procurar reducir su generación y conseguir su adecuada disposición final, también puede dar como resultado colateral la reducción, tanto de la extracción de recursos (evitando su agotamiento), como de energía y agua que se utilizan para producirlos, así como la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero. Todo ello se acompaña de importantes beneficios económicos, sociales y ambientales.

## 1.2 Antecedentes.

La producción de residuos de construcción y demolición (RCD) a nivel mundial ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas, lo que ha ocasionado un problema ambiental a consecuencia de su vertido incontrolado.

La industria de la construcción genera aproximadamente el **35%** de los residuos industriales en todo el mundo (Construction Materials Recycling Association, 2005 ;Hendriks & Pieterse, 2000)

Mundialmente se produjeron **3 billones de toneladas de Residuos de Construcción y demolición anualmente** hasta el 2012; cifra que continúa en aumento. (Akhtar & Sarmah, 2018)

No obstante, en países como Estados Unidos, La Unión Europea, Japón, Brasil entre otros, cada día recibe mayor impulso, la creación de leyes y programas a fin de que puedan ser reutilizados en diferentes aplicaciones.

A pesar de todos los problemas que los **RCD** pueden ocasionar y las dificultades que plantea su tratamiento, cuando los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos o subproductos, que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y, por ende, al desarrollo sostenible, de acuerdo con los principios de la economía circular.

La no gestión de los residuos de construcción y demolición puede tener consecuencias como:

- Impactos al medio ambiente, baja eficiencia en la construcción, sobrecostos de hasta el 30% producto de desperdicios de materiales en obra (Ameh y Daniel El, 2013)
- **Costos extra** en Disposición final (Lingard et al,2000).
- Agravación de Problemas de Escasez-Acortamiento de tiempo útil de vertederos (Ulsen & Kahn, 2012)

La forma de estimar los residuos generados por las actividades de construcción y demolición varía significativamente de unos lugares a otros, como se explica a continuación:

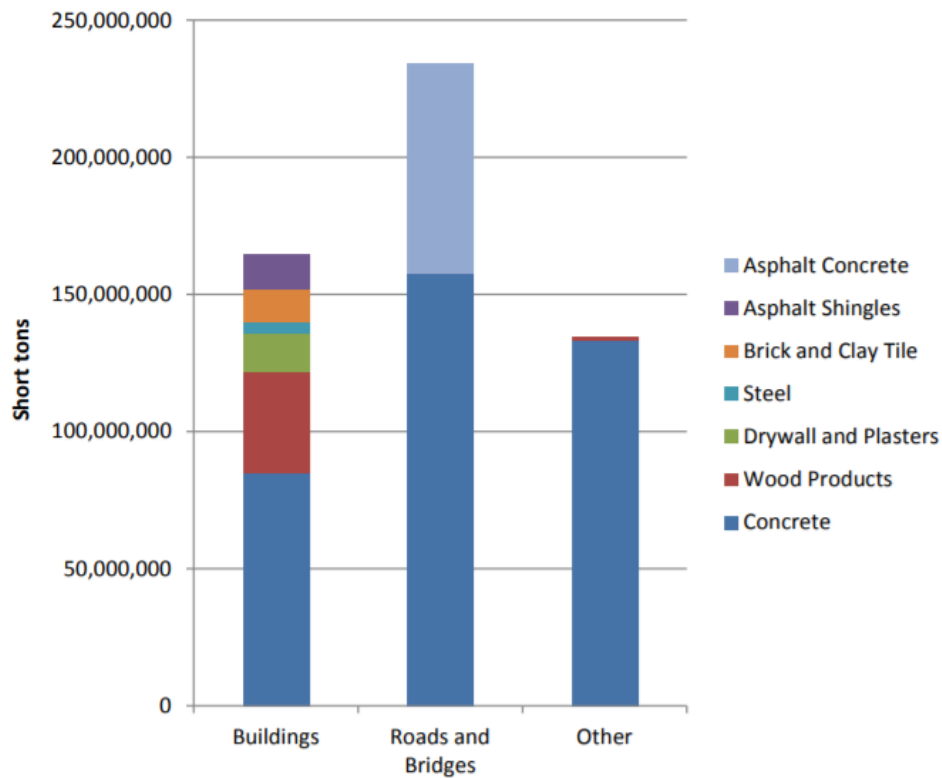
### 1.2.1 Estados Unidos

En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) deriva su estimación de la generación de desechos C y D en los Estados Unidos, la estimación incluye los residuos de C & D generados por la construcción, remodelación y demolición de edificios, carreteras y puentes y otras estructuras (Ver Figura 1.1)

En su hoja de datos oficiales del año 2014 sobre la Gestión Avanzada de Materiales Sustentables muestra:

- Se generaron 534 millones de toneladas de desechos de C & D en los Estados Unidos en 2014, más del doble de la cantidad de desechos sólidos municipales generados.
- La demolición representa más del 90 por ciento de la generación total de desechos de C & D, mientras que la construcción representa menos del 10 por ciento.

La siguiente tabla muestra la generación de residuos en los Estados Unidos durante el año 2014, sobresale que la construcción de carreteras y puentes es el tipo de construcción que mayores residuos genera en volumen con más de 200 millones de toneladas, por encima de la construcción de edificios que genero poco más de 150 millones de toneladas durante el mismo periodo.



**Figura 1.1 RCD generados en el año 2014 en USA por Material y tipo de residuo.**

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery

A través de la Administración General de Servicios (GSA por sus siglas en inglés) el gobierno ha implementado programas de gestión y Sustentabilidad ambiental, aunque por la extensión de su territorio y las características particulares de cada región, se usan programas especiales para cada una de las 11 en las que se divide.

A grandes rasgos los programas tienen como objetivos principales:

- Reducir la cantidad de residuos de demolición que terminan en vertederos.
- Reducir la cantidad de residuos secundarios que terminan en vertederos.
- Reciclar materiales.
- Revisar opciones de reciclaje y reutilización para proyectos de construcción y demolición.
- Desviar al menos el 50 por ciento de los materiales y escombros de construcción y demolición no peligrosos.

Como marco legal cuentan con legislación a nivel federal:

- Planificación para la sostenibilidad federal en la próxima década (Planning for Federal Sustainability in the Next Decade)
- Memorándum de Liderazgo Federal para un alto desempeño de sustentabilidad en Edificios. (Federal Leadership in High Performance and Sustainable Buildings Memorandum of Understanding).
- Guía para un alto desempeño de sustentabilidad en Edificios (High Performance and Sustainable Buildings Guidance)

Recursos Adicionales por parte de Asociaciones no gubernamentales como:

- La Asociación de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (Construction & Demolition Recycling Association (CDRA))
- Guía para reducción de residuo de demolición a través de la reutilización y reciclaje (Guidance for the Reduction of Demolition Waste through Reuse and Recycling)
- Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en Ingles) y el manejo de escombros de Construcción y Demolición (EPA Construction and Demolition (C&D) Debris)

Algunos beneficios alcanzados por la gestión de Residuos de Construcción y Demolición en los Estados Unidos son:

- Crear empleo y actividades económicas en industrias de reciclaje y proporcionar mayores oportunidades comerciales dentro de la comunidad local, especialmente cuando se utilizan métodos de deconstrucción y demolición selectiva. El Informe de Reciclaje de Información Económica (REI por sus siglas en ingles) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en Ingles) de 2016 mostró que en 2007 el reciclaje de materiales de C & D generó 230,000 empleos.
- Reducción de los gastos generales del proyecto de construcción a través de costos evitados de compra / eliminación, y la donación de materiales

recuperados a organizaciones benéficas calificadas, lo que proporciona un beneficio fiscal. La reutilización in situ también reduce los costos de transporte.

- Reducción de la cantidad de vertederos, lo que reduce los problemas ambientales asociados.
- Compensar el impacto ambiental asociado con la extracción y el consumo de recursos vírgenes y la producción de nuevos materiales.
- Conservar los sitios de vertedero/disposición de residuos.

### 1.2.2 Brasil

Otro caso interesante es Brasil, donde los Residuos de Construcción y Demolición representan el 40% del total de los Residuos Sólidos Urbanos. En las ciudades medianas (100,000.00-500,000.00 habitantes) y grandes (+500,000.00 habitantes) estos residuos provienen principalmente de:

- Remodelación y Demolición (60%)
- Obras Nuevas (20%)
- Construcción de vivienda (20%)

En localidades más pequeñas estos porcentajes varían.

La legislación brasileña clasifica a los Residuos de Construcción y Demolición (CDW por sus siglas en inglés) en cuatro clases: A, B, C y D.

- La Clase A contiene los residuos reutilizables o reciclables producidos por la construcción, demolición, remodelación, reparación de pavimentos y otras obras de infraestructura, así como la construcción y / o demolición de objetos prefabricados de hormigón como cerámica (ladrillos, bloques, baldosas, tablas de piso , etc.); mortero y concreto; e incluso suelo derivado del movimiento de tierras.
- La clase B contiene residuos como plásticos, papel, cartón, metales, vidrio, y madera, entre otros.

- Los residuos para los cuales aún no existen tecnologías o aplicaciones de reutilización desarrolladas se incluyen en la Clase C; por ejemplo, residuos derivados de productos que usan yeso en su composición.
- La Clase D incluye residuos peligrosos derivados de procesos de fabricación tales como pintura, disolventes, aceites, etc., o aquellos contaminados o nocivos para la salud derivados de la demolición, renovación y reparación en clínicas radiológicas e instalaciones industriales; también incluye tejas y otros objetos y materiales que contienen amianto o productos nocivos para la salud humana.

En Brasil, los componentes de RCD se incluyen predominantemente en la Clase A, alrededor del 91% de la masa, y la Clase B, (9%). Los componentes de RCD en las clases C y D no se han cuantificado.

Solo los desechos de clase A pueden depositarse en los vertederos de RCD. Los demás deben reciclarse o arrojarse a un vertedero autorizado para lo cual, una clasificación de RCD es obligatoria. La legislación ha intensificado el desarrollo de la gestión de RCD en Brasil. En la actualidad, las autoridades locales de todo el país están implementando esquemas de gestión de RCD.

Entre ellos 12 ciudades ya cuentan esquemas operativos que incluyen plantas de reciclaje. El agregado resultante se usa principalmente como sub-base de la carretera y estudios recientes han demostrado que el uso de RCD para la producción de hormigón celular espumado es uno de los posibles usos de dichos residuos.

Los contratistas de construcción están clasificando RCD en el sitio de construcción, y los pequeños empresarios están comenzando estaciones de transferencia para RCD y operaciones de clasificación que generan ingresos.

Sin embargo la experiencia brasileña muestra que una política basada únicamente en la regulación del transporte de RCD y el vertido no es totalmente eficiente para controlar el vertido ilegal.

La política debe complementarse con una red de estaciones de transferencia, lo que reduce los costos de transporte, haciendo que el vertido ilegal sea menos atractivo.

A pesar de que los vertederos de RCD son una opción factible en las ciudades pequeñas, el reciclaje será una herramienta muy importante en las grandes ciudades como São Paulo.

La existencia de un conjunto exhaustivo de resultados de investigación que demostraran el costo social de la mala gestión de RCD, así como las tasas de desperdicio de materiales, fue crucial porque produjo conciencia pública sobre el problema y mejoró la discusión dentro de la cadena de suministro.

### 1.2.3 Asia

La situación en Asia varía mucho de unos países a otros. Salvo excepciones como Corea y Japón, la falta de conocimientos y concientización sobre las prácticas de construcción eficientes se traducen en un uso excesivo de recursos naturales y la generación de grandes cantidades de residuos de construcción, que raramente se reciclan.

Existe legislación a nivel nacional, local y regional relacionada a la construcción sustentable; todas estas buscan comprometer a los países a reducir los residuos generados a través de la inclusión de las 3R, pero estas medidas políticas aún son muy pobres como se puede observar en las Tabla 1.1 y Tabla 1.2.



**Tabla 1.1 Gestión de RCD en algunos países asiáticos**

<i>Country</i>	<i>Annual C &amp; D waste (amount or proportion of the total waste)</i>	<i>Strategies and technologies</i>	<i>Practices</i>	<i>Policy and institutions</i>
Singapore (Ofori, 2000)		Recycling of construction waste such as cement, aluminum, steel and sand into aggregates	Reduce, reuse and recycling	Building and Construction Authority (BCA) established an ISO 14000 Certification Scheme – a surveillance audit for construction firms
Sri Lanka (Rameezdeen, 2006)		Reuse and recycling such as door frames, cabok (laterite brick), among others	Reuse and recycling industry	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reuse and recycling has been practiced</li> <li>• Development of Construction Waste Management (COWAM) Centre - for environmental education and information resource, awareness raising of construction waste, involvement and participation of citizens or NGOs in the strategy building, dissemination of information to the public</li> </ul>
Taiwan (Hsiao et al., 2002)	Approximately 2.4 Million Metric Tons of concrete waste	Recycling – Technology (Recycled concrete and Recycled Concrete Aggregate	Recycled Concrete Aggregate & Recycled Aggregate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPA initiated the waste asphalt concrete reutilization program in 1999 to standardize relevant quality requirements</li> <li>• established the Remaining Earthwork Information Service Center</li> </ul>
Thailand (Carden, 2005)	No available Data	Portion of C & D waste disposed to landfill	Reduce, reuse and recycling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Development of Construction and demolition waste program</li> <li>• Investigation on recycling and reuse of Debris from the Tsunami Disaster, which will contribute to the formulation of a future Disaster Debris Management Plan for Thailand</li> </ul>
Vietnam (VEM 2002, cited in Vietnam Environment: Monitor, 2004)	Construction waste and sewage sludge make up for about 8% of municipal waste (2004)	Reuse	construction waste is normally used for back filling	

Fuente: (V. Nitivattananon and G. Borongan “Construction and Demolition Waste Management: Current Practices in Asia” Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 5 - 7 September 2007, Chennai, India. pp.97-104)

**Tabla 1.2 Gestión de RCD en algunos países asiáticos**

<i>Country</i>	<i>Annual C &amp; D waste (amount or proportion of the total waste)</i>	<i>Strategies and technologies</i>	<i>Practices</i>	<i>Policy and institutions</i>
India (Pappu, 2007)	14.5 MT	Recycling and reuse Recycling and reuse of marble wastes in building application	A portion of C & D waste is recycle and reuse in building materials and share of recycled materials varies from 25% in old buildings to as high as 75% in new buildings	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministry of Environment and forests has mandated environmental clearance for all large construction projects</li> </ul>
Hong Kong, SAR (HK EPD, 2007)	42%	Reuse – done by selective demolition technique	Reuse of C&D waste in lower grade 37 %-80% public filling areas for land reclamation purposes for period 12 years	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction Waste Disposal Charging Scheme</li> <li>Public Works Programs, the contractors are required to formulate waste management plans</li> <li>adopt low waste construction techniques, selective demolition</li> <li>reuse of recycled aggregates in road sub-base and low grade concrete</li> <li>the tracking system for C&amp;D waste disposal developed to a GPS-and-GIS-integrated construction M&amp;E management system</li> </ul>
PR China (Jones, 2007)	17.5 %	Reuse and recycling		Municipal Construction Waste regulations-Imposes stricter management on waste from municipal construction projects.
Malaysia (Begum et al., 2006)	28.34% (including industrial waste)	Reuse and recycling	Reuse and recycling	Reuse and recycling has been practiced – economic dimension

Construction and Demolition Waste Management: Current Practices in Asia

Fuente: (V. Nitivattananon and G. Borongan “Construction and Demolition Waste Management: Current Practices in Asia” Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 5 - 7 September 2007, Chennai, India. pp.97-104)

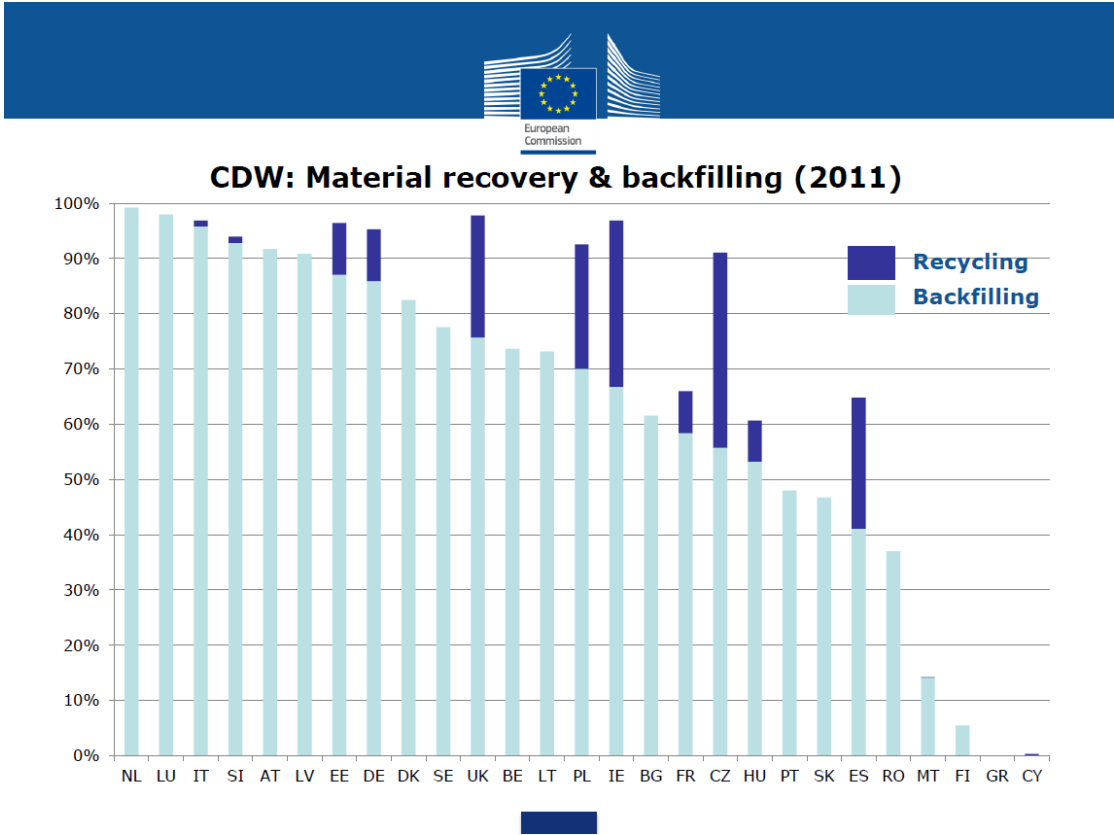
Los países con más experiencia en el tema de gestión de RCD son Japón, Hong Kong y Taiwán; en el caso de Japón llevan más de un cuarto de siglo de investigación sobre el reaprovechamiento del concreto producto de demolición, en el año de 1991 establecieron la ley de reciclaje, en la cual se mencionan los principales materiales que buscan controlar, reutilizar y reciclar, entre estos materiales se encuentran el concreto, asfalto y madera.

#### . 1.2.4 Unión Europea

La Unión Europea, en su catálogo de residuos (EWC, European Waste Catalogue), establece una clasificación de los RCDs por categorías.

Según las estadísticas, en la UE hay grandes diferencias entre unos países y otros, variando entre menos del 10% y más del 90% de reciclaje (Recycling) y recuperación de residuos para relleno (Backfilling)

En Países como Holanda (NL), Luxemburgo (LU) e Italia (IT) están sobre un 90% de recuperación de residuos de construcción y demolición para relleno, en España se recupera para relleno en torno al 40% y se recicla 20% de los RCDs que se genera como se puede observar en la Figura 1.2.



**Figura 1.2 Recuperación de RCD para relleno y reciclaje**  
Fuente: European Waste Catalogue

## 1.2.5 México

Uno de los avances en el tema de gestión de residuos en México es la publicación de la **Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011** que establece los criterios para clasificar a los residuos, en la cual los residuos de construcción y demolición son considerados residuos de manejo especial, los cuales deben de estar sujetos a un plan de gestión/manejo como se observa en la Tabla 1.3.

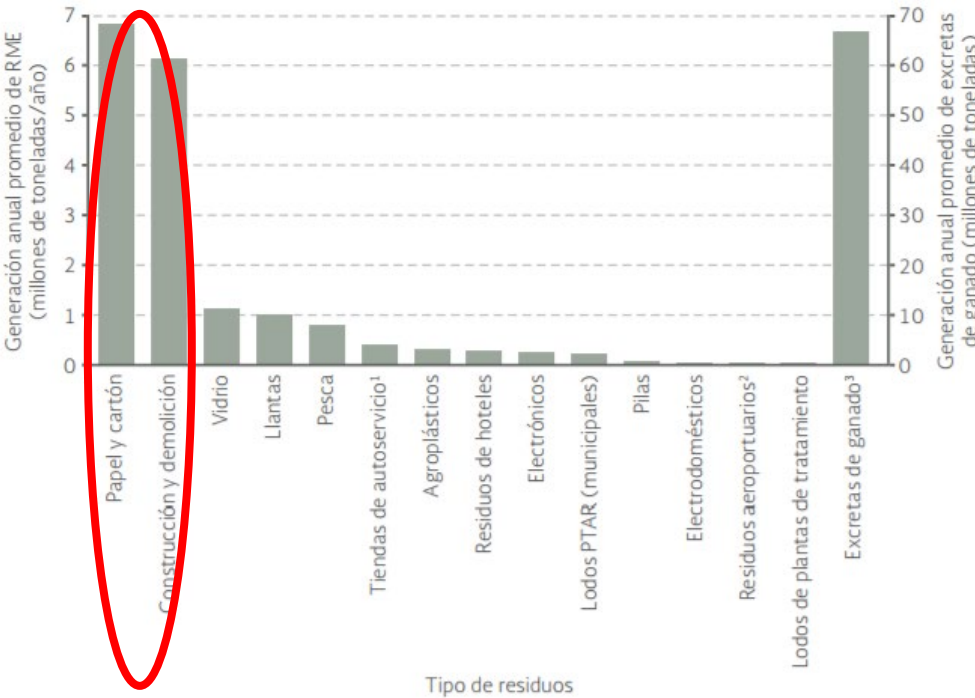
A nivel nacional y estatal se publicó la **Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos**. La cual, al igual que en la NOM-161-SEMARNAT-2011, clasifica los residuos de construcción y demolición como residuos de manejo especial.

**Tabla 1.3 Origen de los Residuos de manejo especial**

Recuadro	Origen de los residuos de manejo especial
<p>La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos clasifica a los residuos de manejo especial en ocho categorías según su origen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Los residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados.</li><li>2) Los de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos.</li><li>3) Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades.</li><li>4) Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que</li></ol>	<p>se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>5) Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.</li><li>6) Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes.</li><li>7) Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.</li><li>8) Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico.</li></ol> <p><b>Referencia:</b> DOF. <i>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos</i>. México. 2003 (8 de octubre).</p>

Fuente: DOF. Ley General para la Prevención y Gestión integral de Residuos

En México durante el periodo 2006-2012, los residuos de construcción y demolición llegaron a ser 6.11 millones de toneladas (Ver Figura 1.3), ocupando el tercer lugar en la clasificación de Residuos de Manejo Especial. (Semarnat. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012. INECC, Semarnat. México. 2012)



**Figura 1.3 Generación anual promedio de RME**

Fuente: INECC, Semarnat. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012

Sin embargo, en el Diagnostico Básico para la Gestión Integral de los Residuos elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en el 2012, señala que dicho diagnostico se vio limitado debido a que no se ha hecho efectivo el registro de los grandes generadores de residuos de manejo especial y a la necesidad de formular una estrategia efectiva para la identificación del número de fuentes generadoras, datos que servirían para inventariar tales residuos y determinar la necesidad de infraestructura.

Por otra parte de acuerdo con el estudio titulado: “**Estudio de análisis, evaluación y definición de estrategias de solución de la corriente de residuos generados por las actividades de construcción en México**” (SEMARNAT 2009), la generación de los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) representa, en peso promedio el 17.5% de los RSU (Ver Tabla 1.4). La problemática que presentan estos residuos es principalmente su disposición final incorrecta y su falta de aprovechamiento en obras nuevas o remodelaciones.

**Tabla 1.4 Indicadores de gestión y aprovechamiento de RME**

Indicadores de generación y aprovechamiento de algunas corrientes de RME. Promedio del periodo 2006 - 2012				Cuadro 8
RME	Generación promedio (mil t/año)	Aprovechamiento promedio anual (porcentaje)	Disposición final <sup>1</sup> (porcentaje)	Fuente
Agroplásticos	313.13	ND	ND	SEMARNAT (2007a) SEMARNAT (2009a)
Excretas <sup>2</sup>	66,708.27	ND	ND	INEGI (2007) REDALYC (2004) SAGARPA (2007) SAGARPA (s.f. <sup>3</sup> ) UNAM (s.f. <sup>3</sup> )
Pesca	799.02	3.67	ND	DGSPYRNR (2010) SAGARPA (2006a, 2010)
Residuos del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	8.04	32.20	67.43	AICM (2010)
Lodos PTAR (municipales)	232.00	ND	100	CONAGUA (2012)
Tiendas de autoservicio: Wal-Mart	407.19	67.97	32.03	WalmartMX (2012)
Construcción y Demolición	6,111.09	ND	ND	SEMARNAT (2009b)
Electrodomésticos	21.66	ND	ND	SEMARNAT (2010c)
Electrónicos	263.85	ND	ND	INE (2007a) INE (2010) SEMARNAT (2007b)
Vehículos al final de su vida útil (vehículos/año)	805,202.50	ND	ND	SEMARNAT (2009c) SEMARNAT (2012d)
Llantas	1,011.03	ND	ND	COCEF-BECC (2008) SEMAC (2012) SMADF (2002)
Vidrio	1,142.57	ND	ND	Vitro (2011) SEMARNAT (2010a)
Pilas	33.98	3.13	ND	AMEXPILAS (2006) AMEXPILAS (2008) AMEXPILAS (2012) INE (2007b) INE (2009)

Fuente: SEMARNAT

El gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría de Medio publicó la norma ambiental **NADF-007-RNAT-2004**, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para los residuos de construcción en el Distrito Federal, dicha norma se abroga con la publicación de la norma **NADF-007-RNAT-2013**, la cual menciona que queda estrictamente prohibido descargar, depositar o disponer residuos de la construcción y demolición en lugares distintos a los centros de acopio, centros de reciclaje o sitios de disposición final autorizados.

**La ley para la prevención y la gestión de residuos** del Estado de Quintana Roo señala en su artículo 57, fracción 7 la clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición como Residuos de Manejo Especial.

***Artículo 57.-** Los Residuos de Manejo Especial se clasifican como se indica a Continuación, salvo cuando se trate de Residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:*

***VII.-** Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.*

Y en el artículo 63, fracciones III y VII señala que los generadores de Residuos de Manejo Especial están obligados a elaborar un Plan de Manejo y almacenar temporalmente los residuos dentro de sus instalaciones.

***Artículo 63.-** En términos de la legislación federal y de esta Ley y su reglamento, los generadores o poseedores de Residuos de Manejo Especial están obligados a:*

***III.-** Elaborar un Plan de Manejo de acuerdo a la naturaleza de los Residuos;*

***VII.-** Previa aprobación, almacenar temporalmente los Residuos dentro de sus instalaciones, de acuerdo con las medidas de seguridad que correspondan, según sus características y los tiempos que establezcan los ordenamientos jurídicos correspondientes. En cualquier caso, deberá prevenirse la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, así como el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de tales Residuos, y disponer de los medios para contener fugas, derrames o incendios.*

### 1.2.6 Gestión de los residuos de manejo especial en México.

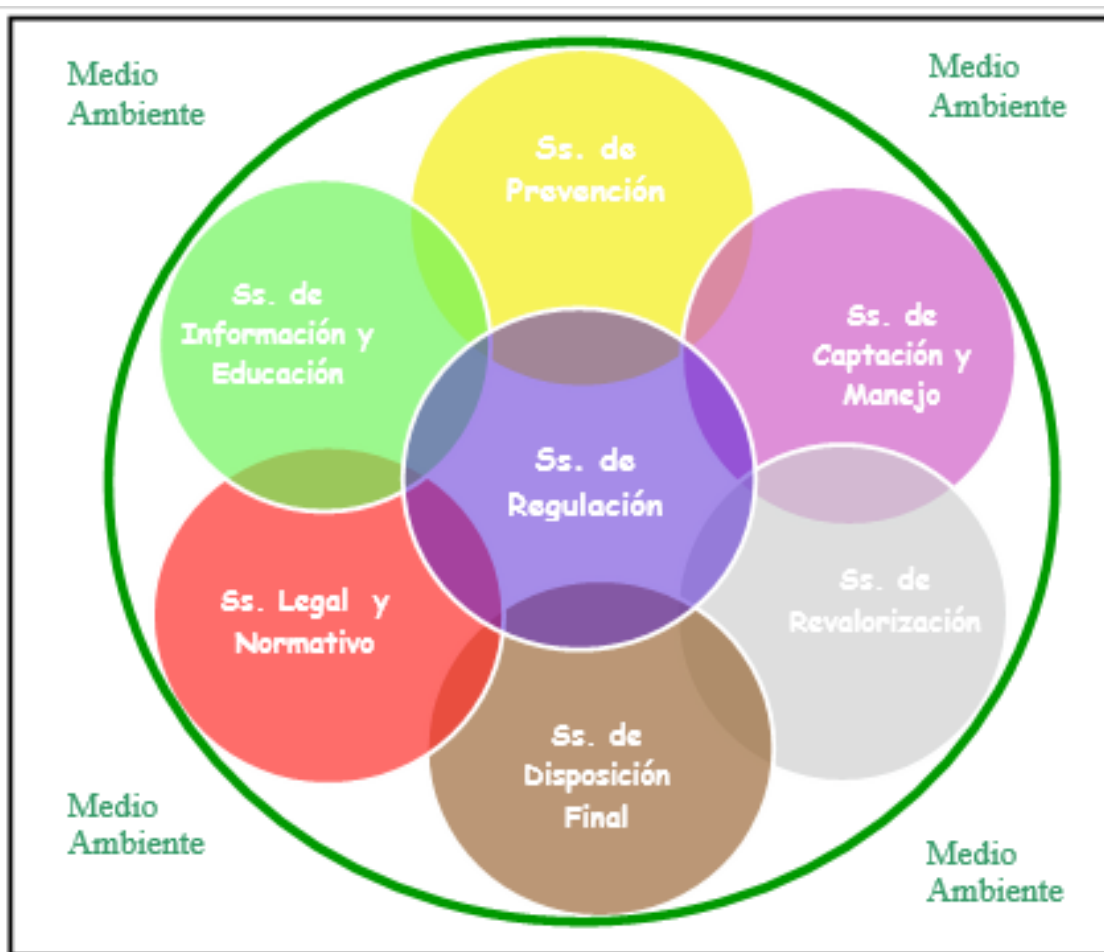
En la aplicación de la responsabilidad compartida, pero diferenciada, de todos los sectores en la prevención y gestión integral de los residuos, existen instrumentos que contemplan tanto la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos,

como las leyes locales (Distrito Federal y Guadalajara), entre los que destacan cuatro instrumentos.

- El primero de ellos son los Programas Rectores de Gestión de los Residuos (Distrito Federal, Querétaro)
- En segundo lugar están los inventarios, que sirven como apoyo a la toma de decisiones para reducir la generación, así como proporcionar a quien genere, recolecte, trate o disponga finalmente los residuos sólidos, los indicadores acerca de su estado físico y propiedades.
- En tercer lugar están los programas para la separación de los residuos, en orgánicos e inorgánicos, tanto **en domicilios, empresas, establecimientos mercantiles, industriales y de servicios, así como en instituciones públicas y privadas, centros educativos, dependencias gubernamentales y similares** y su depósito en contenedores para su recolección o reciclaje por el servicio público de limpia, con el fin de facilitar su aprovechamiento, tratamiento y disposición final.
- **No existe aún un programa que se encargue del manejo de los Residuos de Construcción y Demolición en obra.**



Derivado a lo anterior Domínguez (2007) desarrolló un Sistema Estratégico para la Prevención y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición para el Estado de Quintana Roo (Ver Figura 1.4), con un enfoque basado en la Teoría General de Sistemas, construyó un modelo teórico compuesto por los subsistemas de: prevención (SSPV), de captación y manejo (SSCM), revalorización (SSRV), disposición final (SSDF), de información y educación (SSIE), legal y normativo (SSLN) y de Regulación (SSRG), en cual se toman en cuenta los factores sociales, económicos, políticos, culturales y tecnológicos del entorno.



**Figura 1.4 Modelo del Sistema para la Prevención y Gestión de los RCD.**

Fuente: Domínguez J. (2007). Sistema estratégico para la prevención y gestión de los residuos de construcción y demolición. X Congreso Internacional de Reciclaje. Habana, Cuba.

El primer **subsistema de Prevención** se enfoca en la minimización de residuos, empleando prácticas de proyección y constructivas para reducir los desperdicios de material, seguido del **Subsistema de Captación y manejo**, por medio del cual se realiza la preclasificación desde de la obra, así como los métodos de desconstrucción tratando de reusar y de captar el más alto volumen de residuos posible.

El **Subsistema de revalorización** se enfoca directamente al cuidado del medio ambiente, ya que busca minimizar la extracción de recursos naturales, reincorporando los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción. Los residuos que no pudieron ser revalorizados, pasan al **Subsistema de disposición final** en el cual deberá de ser más fácil de reincorporar al medio ambiente sin perjudicar ya sea por incineración o vertido controlado.

Para que los anterior Subsistemas se ejecuten correctamente es importante ir a la par con el **Subsistema Legal y Normativo**, el cual consiste en dar certidumbre legal a todos los actores que intervienen en el sistema, buscando la protección de la salud de la población y del medio ambiente.

El **Subsistema de Información y Educación**, busca promover entre los involucrados los métodos de reducción y buenas prácticas para el manejo de los residuos, así como la incorporación de materiales reciclables, por último el **Subsistema de Regulación**, busca mantener al sistema en funcionamiento, coordinando cada una de las estrategias y actividades que realizan cada uno de los subsistemas.

De acuerdo a la investigación de campo hecha por Pelissier (2008) se analizaron diferentes edificaciones pertenecientes a diferentes sectores de la construcción, obteniéndose a partir de los M<sup>2</sup> de construcción y de los volúmenes de RCD analizados, diferentes índices de generación de RCD por cada sector (Ver Tabla 1.5).

**Tabla 1.5 Índices de generación de RCD por sector de la construcción**

SECTOR	SUPERFICIE EN M <sup>2</sup>	INDICE KG/M <sup>2</sup>
Educación	1,010.88	47.62
Vivienda	69.69	58.00
Turismo	1,010	69.60
Salud	2,058	53.19
Otros	1,037.14	57.10

Fuente: Tesis de Maestría “Diagnóstico para determinar las características y Disposición de los residuos de construcción y Demolición en Quintana Roo” Ing. Borjas Pelissier Leticia

En la Tabla 1.6 podemos ver el porcentaje de RCD genera cada etapa de la construcción en cada uno de los diferentes sectores de edificación que fueron analizados.

**Tabla 1.6 Índice de Generación de RCD por Etapa de la construcción**

ETAPA	SECTOR					
	EDUCACION	VIVIENDA	TURISMO	SALUD	OTROS	TOTAL
	%	%	%	%	%	%
CIMENTACION	6.59	5.36	3.27	7.25	6.06	5.71
ESTRUCTURA	32.93	12.33	19.12	15.45	19.72	19.91
CUBIERTA	21.08	75.20	15.33	15.30	18.00	28.98
ACABADOS	39.06	7.11	61.91	61.99	56.05	45.23
INSTALACIONES	0.34	0.00	0.01	0.00	0.07	0.08
OBRA EXTERIOR	0.00	0.00	0.36	0.00	0.11	0.09
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Tesis de Maestría “Diagnóstico para determinar las características y disposición de los residuos de construcción y demolición en Quintana Roo” Ing. Borjas Pelissier Leticia

A su vez Cortes (2008) en su Tesis de Maestría titulada “Propuesta de plan específico para la gestión de residuos de construcción y demolición en el Estado de Quintana Roo.” desarrollo los subsistemas de captación y revalorización de los residuos de construcción y demolición (RCD), para lograr su adecuada reinserción al ciclo de vida de las construcciones en el Estado de Quintana Roo.

**La metodología para el desarrollo de este proyecto se basó en 3 etapas:**

- 1. Captación y manejo diferenciado.**
- 2. Revalorización**
- 3. Propuesta de plantas**

Posteriormente Escudero (2016) realizó un Análisis costo-beneficio de los subsistemas de captación y revalorización de los residuos de construcción y demolición en Chetumal y su Área Metropolitana; en el cual concluyó que serían necesarios **58.90 m<sup>3</sup>** de RCD para que durante el horizonte de evaluación del proyecto se tenga un Valor Actual Neto (VAN) positiva de 3, 780,195. Sin embargo la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) sigue resultando negativa de -25.75%, lo que nos indica que no es rentable el proyecto durante el horizonte de evaluación. Siendo necesario contar con una generación de RCD de 147.25m<sup>3</sup> para que el proyecto resulte rentable con una VAN de 16, 939,489, una TIR de 6.22%, cabe señalar que mientras mayor sea la TIR es mejor para la rentabilidad del proyecto y una relación Beneficio/costo de 1.87, lo que significa que por cada peso invertido se tendrán 87 centavos de ganancia.

### **1.3 Planteamiento del problema**

De acuerdo a la Ley para la prevención y la gestión de residuos del estado de Quintana Roo en sus artículo 57, fracción VII y artículo 63 fracción VI y VII señalan que los programas de gestión de residuos serán responsabilidad del generador, entonces al no contar con un Plan de Gestión los generadores can en omisiones, prueba de ello es que de acuerdo a la Procuraduría de Protección al Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo en 2016 existieron 10 procedimientos en materia de residuos de construcción y se establecieron multas por un monto de \$139,044.00,y en 2017 existieron 2 procedimientos y se establecieron multas por un monto de \$100,330.00; la problemática planteada dio pie a la presente propuesta que busca subsanar la carencia señalada.

## 1.4 Estado del arte

El problema ambiental que plantean los Residuos de Construcción y Demolición se deriva no solo del creciente volumen de su generación, sino de su tratamiento, que todavía hoy es insatisfactorio en la mayoría de los casos, sin embargo diferentes países alrededor del mundo han tomado iniciativa a través de estudios para buscar resolver este problema; Pinto & Agoyapan (1994) establecen en un estudio hecho en Brasil que hasta el 30% del material en obra termina como residuo;

En Holanda, Bossink and H. J. H. Brouwersz, (1996) con su investigación titulada “Residuos de la construcción: cuantificación y evaluación de la fuente” (Construction waste: quantification and source evaluation) analiza como las empresas constructoras se benefician de una menor generación de residuos por menores costos de deposición y menor costo de compra de materiales vírgenes. Se presenta una visión general de las principales áreas de políticas del gobierno holandés sobre la sostenibilidad.

Más adelante E. K. Lauritzen (1998) en su trabajo titulado “Gestión de residuos de construcción de emergencia”(Emergency construction waste management), aborda el tema de la gestión de residuos de construcción y demolición desde la perspectiva de la emergencia después de un desastre natural en el caso del terremoto de Hanshin-Awaji el 17 de enero de 1995 en Japón y de la demolición de edificios dañados por la guerra y el reciclado de materiales de escombros en la reconstrucción de Beirut, Líbano y Mostar (Bosnia) y menciona 3 Principios generales y estrategias de gestión de residuos de desastres:

- Principio de prioridad tiempo-trabajo
- Principio de gestión integrada de residuos y recursos
- Principio de ejecución-demolición y planificación y control de residuos

Más adelante C. S. Poon, T.W. Yu and L. H. Ng (2001) presentan una “guía para gestionar y minimizar Residuos de construcción y demolición”. (A guide for managing and minimizing building and demolition waste) como respuesta a la aguda escasez de

vertederos en Hong Kong y la continua eliminación de los residuos de la construcción y demolición en los vertederos.

Por su parte N. Kartam, N. Al-Mutairi, (2004) en la investigación titulada “Gestión ambiental de residuos de construcción y demolición en Kuwait” (Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait), se centra en los esfuerzos de reciclaje que conducen a la minimización de los residuos totales de C y D que actualmente se depositan en Kuwait.

El plan de gestión de residuos de C & D y el estudio de viabilidad de una instalación de residuos reciclados de C & D presentada en este documento es una puerta de entrada para implementar pasos económicamente eficientes y ambientalmente seguros para controlar los residuos de C & D.

Algunas ventajas de la gestión de residuos son:

- Conservación / preservación de áreas de tierra preciosas, que pronto estará en demanda de expansión de la ciudad.
- La rentabilidad del uso de productos reciclados.
- Ahorro en el transporte de desechos de edificios y materias primas.
- Mejora del estado ambiental general.

Algunos retos a vencer para alcanzar la implementación de la gestión de residuos son:

- Establecer regulaciones y reglas claras a partir del gobierno de Kuwait para permitir y persuadir a los contratistas sobre el uso de tales productos reciclados.
- Crear conciencia pública a través de seminarios y programas presentados por expertos oradores.
- Los programas de reciclaje deberían promoverse comercialmente por las autoridades privadas y públicas.
- Las instituciones de investigación deberían contribuir al desarrollo en el campo del reciclado de residuos de C & D.

- La ubicación de la planta de reciclaje debe tomar en consideración al medio ambiente, contaminación y factores de seguridad.
- Se deben implementar pruebas exhaustivas para garantizar estabilidad estructural y seguridad para el uso de productos reciclados.
- Los precios de los productos reciclados deberían ser bajos en comparación al material recién importado / producido para alentar a la industria de la construcción en la aplicación de productos reciclados.

Por su parte W.Y. Tam (2007) concluyo que la implementación de un Plan de Gestión de residuos representa un aumento en costos al inicio, pero beneficios como: el establecimiento de métodos para reciclaje y reducción de residuos en un estudio realizado en Hong Kong.

De acuerdo a M. Osmani, J. Glass y A.D.F. Price (2008) en su trabajo “Perspectivas de los arquitectos sobre la reducción de residuos de construcción a través del diseño”. (Architects’ perspectives on construction waste reduction by design) concluyen que la gestión de residuos no es una prioridad en el proceso de diseño. Además, los arquitectos tenían la opinión que la mayor parte de desperdicio se produce principalmente durante la etapa de construcción y rara vez se genera durante las etapas de diseño; sin embargo, alrededor de un tercio de los residuos de la construcción pueden surgir esencialmente de decisiones de diseño.

Más adelante Solis-Guzman (2009) desarrollo en España, una metodología para la estimación de volúmenes de RCD durante la construcción en base a datos de presupuestos de obras de vivienda de interés social, sin embargo falta adaptar este método a una mayor variedad de edificios.

En su trabajo T. H. Christensen y L. Andersen, (2010) titulado “Residuos de construcción y demolición” (Construction and Demolition Waste) , mencionan que Los desechos de C & D se pueden dividir convenientemente en tres subcategorías: Edificios, caminos y excavaciones.



En vista de la manipulación de los residuos de la construcción, puede ser útil caracterizar los residuos de la construcción en términos de:

- Desperdicios de la construcción “limpios” dominados por concreto, azulejos, placas de yeso y mortero. Este es la fracción dominante y relativamente inerte.
- Materiales limpios como madera no tratada, chatarra de metal, vidrio y plásticos de embalaje que se asemejan a otros materiales de desecho y se pueden manejar como tales.
- Residuos contaminados del edificio que contienen aceite, residuos orgánicos, alquitrán o pinturas pesadas o epoxicas. Dependiendo del tipo del desperdicio, esta fracción puede ser pequeña o grande; cuanto más antiguo sea el edificio, más probable es que tenga piezas de construcción fuertemente pintadas o que tengan estado en contacto con residuos orgánicos y alquitrán (por ejemplo, chimeneas).
- Las fracciones especiales que necesitan manejo separado debido a su contenido de sustancias no deseadas como: Asbestos, El PVC duro que contiene cloro que puede liberarse como ácido tras la incineración. El PVC duro antiguo a menudo contenía plomo y cadmio como estabilizadores y pigmentos; El PVC blando, La lana mineral utilizada para aislamiento, Las espumas aislantes, La madera impregnada puede contener creosota, arsénico, cobre y cromo y Los metales pueden ser liberados durante combustión y potencialmente también por lixiviación.

Posteriormente B. Mcdonald, M. Smithers, (2010) en su investigación de caso de estudio titulada “Implementando un plan de manejo de desechos durante la fase de construcción de un proyecto: Un caso de estudio.” (Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study), concluye que se generó un 15% menos de volumen total de desechos en el sitio antes del reciclado y 43% menos de desechos se envió a vertederos.

Se realizaron ahorros de costos del 50% en términos de cargos por manejo de desechos. Los ahorros se obtuvieron casi en su totalidad de las estrategias basadas en el sitio para el manejo de residuos.

En su metodología menciona que el plan de gestión de residuos adoptado en este estudio de caso tiene los objetivos de reducir, reutilizar o reciclar residuos en proyectos de construcción.

El programa inicial fue respaldado por el Consejo de Reutilización de Recursos y Reciclaje (RRRC) para el estado de Victoria, Australia y tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de la construcción depositados en los vertederos

Los objetivos del programa a corto plazo son:

- Proporcionar datos precisos sobre volúmenes, costos y tipos de desechos generados.
- Mejorar el manejo de los residuos generados en orden de aumentar la cantidad reutilizada o reciclada.
- Alentar el establecimiento de organizaciones de reciclaje especializado.
- Reducir la cantidad de desechos generados a través de las actividades en el sitio.
- Reducir los residuos generados durante las fases de diseño y de licitación de un proyecto de construcción.
- Reducir el desperdicio general de los sitios de vertedero en un 25%.
- Medir y comparar los resultados.

A más largo plazo, el programa tiene como objetivo:

- Mejorar sustancialmente el objetivo de reducción del 25% en sitios de vertedero.
- Implementar una estrategia de minimización de residuos que abarque todos los aspectos de las actividades de la empresa; y combine esta estrategia con otros

criterios ambientales para avanzar hacia un desarrollo ecológicamente sostenible (EDS).

Iniciativas del Programa:

- Negociación de costos para retiro de desechos.
- Desarrollo de una cultura de recolección y minimización de desechos entre los trabajadores.
- Uso de materiales reciclados
- Reciclaje de materiales de construcción.

Más adelante Yuan & Shen (2011), concluye en su estudio que existen 3 direcciones para dirigir el análisis de RCD:

1. La efectividad ambiental y social de la gestión de RCD
2. El impacto de la implementación de cuotas de disposición
3. La interrelación de la gestión de RCD con otras actividades de la obra.

Según N. Udawattaa, J. Zuo, (2015) en su estudio titulado “Mejorando la Gestión de Residuos en Proyectos de Construcción: Un estudio de Australia.”(Improving waste management in construction projects: An Australian study) menciona cinco factores de soluciones para el manejo de desechos del análisis factorial exploratorio. Estos factores fueron:

- Creación de equipos y supervisión
- Lineamientos estratégicos en la gestión de residuos
- Diseño y documentación apropiados
- Innovación en las decisiones de gestión de residuos
- Gestión del ciclo de vida.

La evidencia de este estudio sugiere que tanto las tecnologías como los enfoques actitudinales requieren mejoras para eliminar / minimizar la generación de desechos en los proyectos de construcción.

Posteriormente Ajayi & Oyedele (2016) establecen prácticas y técnicas para la gestión de residuos en obra en el Reino Unido en base a datos de presupuestos de obra, sin embargo concluyen que falta más investigación de acuerdo a las diferentes regiones.

Por último M. Kelly, D. Dowd (2017) en el trabajo titulado “Una revisión de la gestión de residuos de construcción prácticas en casos de estudio seleccionados en Irlanda.” (A review of construction waste management practices on selected case studies in Ireland) A través de una revisión de la literatura se obtiene que la investigación se ha concentrado principalmente en las fases de construcción y demolición con menos investigación sobre las etapas de diseño y mantenimiento. Concluyen que las principales lecciones aprendidas de los casos de estudio fueron las siguientes:

- La necesidad de una colaboración cooperativa, contractual, y de arreglos para facilitar la participación temprana en el proyecto de las partes interesadas
- La importancia de considerar los problemas de gestión de residuos durante las fases iniciales de diseño a través de la preparación y la implementación de un Plan de Gestión de Residuos (WMP por sus siglas en inglés) desde la fase de diseño para identificar oportunidades de prevención y reducción de desechos.
- El establecimiento de objetivos de rendimiento de desecho para todo el proyecto por las partes interesadas, en particular el contratista principal y subcontratistas.
- La especificación de componentes de construcción fuera del sitio (prefabricados) y tecnologías de bajo desperdicio basadas en optimización de materiales.
- Énfasis en las oportunidades de reutilización y reciclaje tanto en las fases de diseño como de construcción.
- Uso de un Plan de Gestión de Residuos (WMP) desde una fase de diseño para preparar e implementar el Plan de Gestión de residuos en Sitio (SWMP enfocándose en líneas claras de comunicación y responsabilidades, materiales efectivos de logística y planificación gerencial, benchmarking y auditoría de rendimiento de los residuos y el cultivo de una 'Clima organizacional' que facilite una buena gestión de residuos.

## 1.5 Justificación

### 1.5.1 Justificación económica:

- Ahorro en costos de transporte de RCD a disposición final.
- Eficiencia: desde el punto de vista del consumo de materiales, si el material es malgastado en el sitio de trabajo, se paga dos veces por él, una para comprar el nuevo material y otra vez por el costo de disposición. Desde la óptica de la eficiencia del operario, la velocidad de trabajo se ve afectada por los residuos que entorpecen el movimiento propio de la persona.
- Calidad de obra: la presencia de materiales residuales impide la inspección visual de tareas ya realizadas, con la consecuencia de detectarse en etapas Posteriores con mayor costo de reparación.
- Seguridad y prevención de riesgos: el ordenamiento de los residuos dentro de la obra reducirá los accidentes por su causa y protegerá la salud de los operarios. Un ambiente ordenado facilitará la posibilidad de observar riesgos potenciales.
- Minimización de costos totales de demolición con la asignación de las técnicas de reutilización de ciertos elementos que pueden ser recuperados.

### 1.5.2 Justificación social:

- Prevención de la disposición inapropiada de los desechos, la cual puede ser causante de daños a la salud.
- Marketing: un buen manejo y control de los RCD dará crédito a la empresa Por ser una corporación aceptada por la comunidad y mostrar que se construye protegiendo el medio natural.
- Implementación de la cultura de la reducción, captación y manejo de residuos de construcción y demolición
- Responsabilidad: como generador de algunos residuos potencialmente peligrosos se debe resguardar la responsabilidad por un daño ocasionado al personal de obra o de la población por la disposición no autorizada de aquellos residuos.

### 1.5.3 Justificación ambiental:

- Prevención de la disposición inapropiada de los desechos, la cual puede ser causante del daño al medio ambiente.
- Aumento del tiempo de vida Sitios de Disposición Final.
- Reducción de explotación de recursos naturales.

## **1.6 Premisa**

Es necesario implementar un Plan de Gestión Interno en Obra, para lograr la revalorización los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

## **1.7 Objetivo general**

Proponer un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en obras de edificación adaptado a los materiales y procesos constructivos de la región.

## **1.8 Objetivos particulares**

- Desarrollar la estructura del Programa de generación de Residuos de Construcción y Demolición, clasificándolos de manera cuantitativa y cualitativa en obra.
- Realizar la estructura del Programa de depósito, almacenamiento temporal, traslado de residuos en obra, y disposición final de los residuos.
- Formular una Guía de información para orientar a constructores, clientes, autoridades y demás involucrados.

## Capítulo 2 Metodología

### 2.1 Actividades del Objetivo general

Proponer un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en obras de edificación adaptado a los materiales y procesos constructivos de la región. (Ver Figuras 2.1 y 2.2)

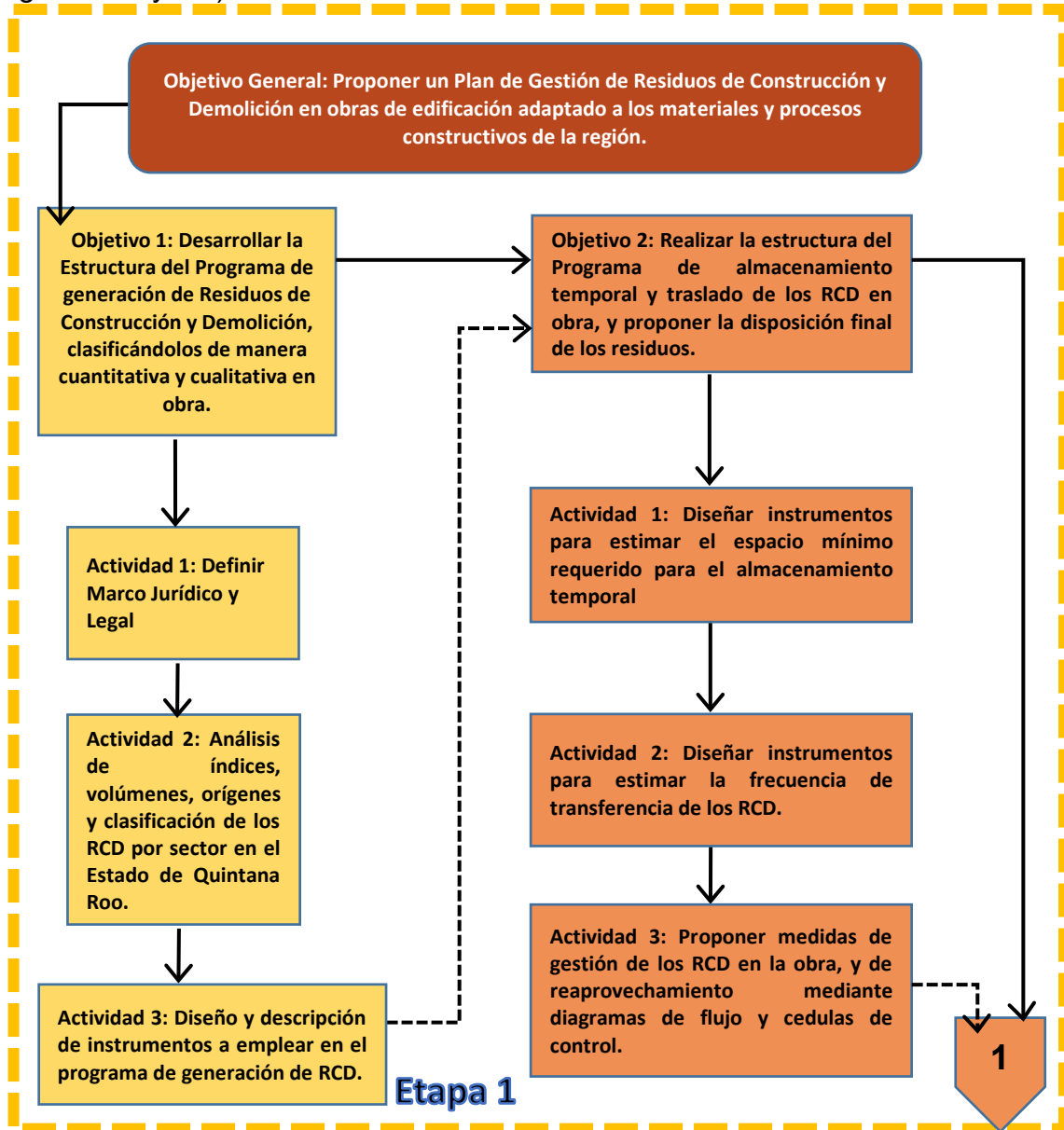
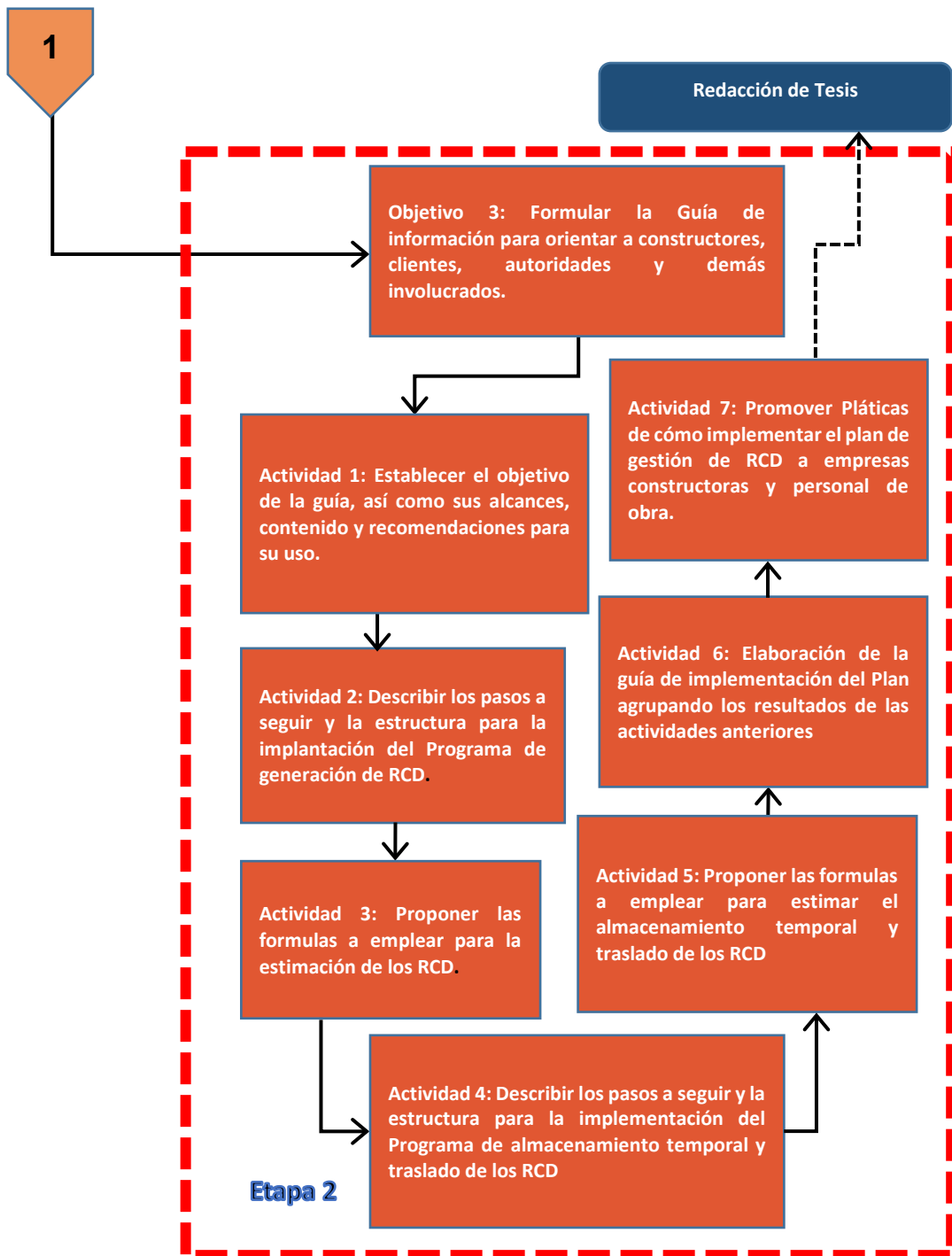


Figura 2.1 Etapa 1 de Metodología para el Desarrollo del Plan de Gestión de RCD

Fuente: Elaboración propia





**Figura 2.2 Etapa 2 de Metodología para el Desarrollo del Plan de Gestión de RCD**

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Actividades de Objetivos particulares

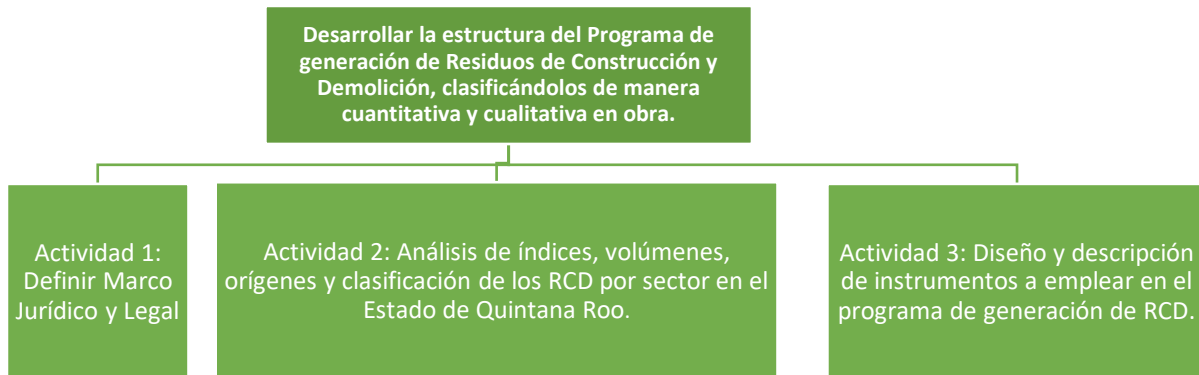
### 1. Desarrollar la estructura del Programa de generación de Residuos de Construcción y Demolición, clasificándolos de manera cuantitativa y cualitativa en obra. (Ver Figura 2.3)

**Actividad 1:** Definir Marco Jurídico y Legal en base a normativa como:

- La ley para la prevención y la gestión de residuos del Estado de Quintana Roo.
- Ley de equilibrio ecológico y la protección del ambiente del estado de Quintana Roo.
- Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004
- NOM-161-SEMARNAT-2011

**Actividad 2:** Análisis de índices, volúmenes, orígenes y clasificación de los RCD por sector en el Estado de Quintana Roo.

**Actividad 3:** Diseño y descripción de instrumentos a emplear en el programa de generación de RCD.



**Figura 2.3 Desarrollo de actividades de Objetivo 1**

Fuente: Elaboración propia

#### Descripción de Actividades:

**Actividad 1:** Consultar y recopilar legislación vigente a sobre el manejo y gestión de los residuos de Construcción y Demolición (RCD) , con el fin de obtener definiciones sobre estos residuos, su tratamiento, posible reciclaje, revalorización y disposición final; armando con esta información un marco normativo.

**Actividad 2:** En base a estudios hechos anteriormente en el estado, obtener los índices, volúmenes, orígenes y clasificación de los RCD por cada uno de los diferentes

sectores y etapas de la construcción, para la posterior elaboración de los instrumentos a emplear en el programa de generación de RCD.

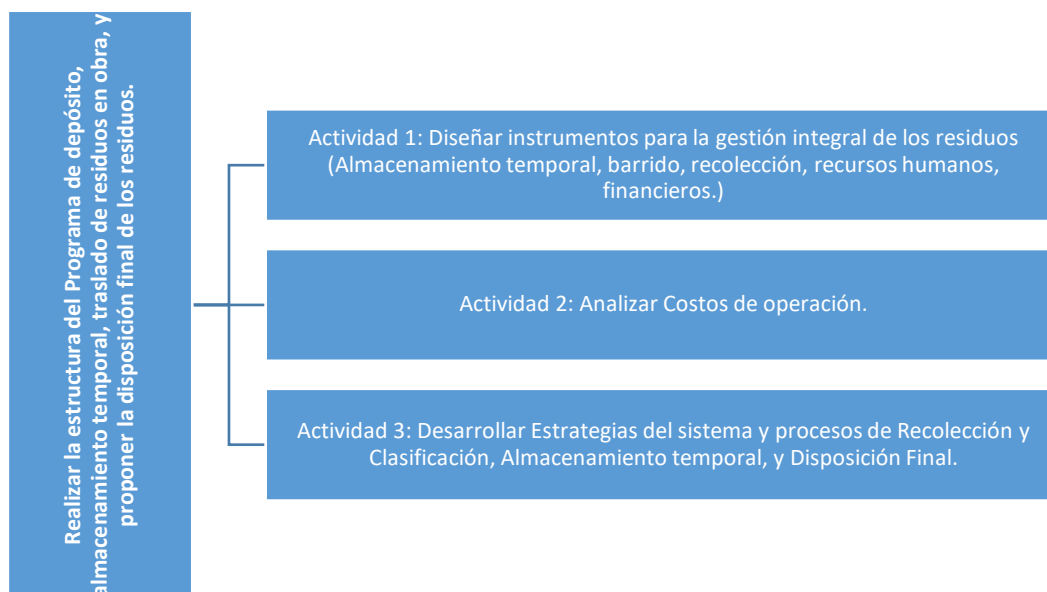
**Actividad 3:** En base a los parámetros obtenidos anteriormente se elaboraran los instrumentos de programación como fichas técnicas y cronogramas que sirvan para tener un registro de la cantidad de residuos programados en cada una de las diferentes etapas de la obra, en base al tipo de edificación; incluyendo descripción de cómo llenar las fichas técnicas y ejemplos de cómo ordenar y clasificar la información sobre estos residuos conforme avanza la obra.

## **2. Realizar la estructura del Programa de depósito, almacenamiento temporal, traslado de residuos en obra, y proponer la disposición final de los residuos. (Ver Figura 2.4)**

**Actividad 1:** Diseñar instrumentos para el Almacenamiento temporal, barrido, recolección, recursos humanos, financieros.

**Actividad 2:** Analizar Costos de operación.

**Actividad 3:** Desarrollar Estrategias del sistema y procesos de Recolección y Clasificación, Almacenamiento temporal, y Disposición Final.



**Figura 2.4 Desarrollo de actividades de objetivo 2**

Fuente: Elaboración propia

## **Descripción de Actividades:**

**Actividad 1:** Diseñar instrumentos (fichas técnicas, cronogramas, graficas) para la gestión integral de los residuos a través de un almacenamiento temporal, pasando una previa clasificación y selección de material re-provechables.

**Actividad 2:** Elaborar un presupuesto con la integración de los costos directos e indirectos para la ejecución del Plan, tomando en cuenta mano de obra, materiales y costos administrativos en relación a la cantidad de residuos programados y el tipo de obra.

**Actividad 3:** Elaborar diagramas de funcionamiento y flujo de actividades del sistema por procesos de operación, recolección, almacenamiento temporal, y traslado de residuos en obra.

En base a un análisis de problemas existentes en obra para almacenar temporalmente y mediante el uso de herramientas como el análisis FODA y diagrama de Ishikawa, proponer estrategias para la traslado de los residuos que no puedan ser reaprovechados en la obra a sitios de disposición final, o a puntos de captación de acuerdo a sus características.

### **3) Formular la Guía de información para orientar a constructores, clientes, autoridades y demás involucrados. (Ver Figura 2.5)**

**Actividad 1:** Establecer el objetivo de la guía, así como sus alcances, contenido y recomendaciones para su uso.

**Actividad 2:** Describir los pasos a seguir y la estructura para la implantación del Programa de generación

**Actividad 3:** Proponer las formulas a emplear para la estimación de los RCD.

**Actividad 4:** Describir los pasos a seguir y la estructura para la implementación del Programa de almacenamiento temporal y traslado de los RCD

**Actividad 5:** Proponer las formulas a emplear para estimar el almacenamiento temporal y traslado de los RCD

**Actividad 6:** Elaboración de la guía de implementación del Plan agrupando los resultados de las actividades anteriores

**Actividad 7:** Promover Pláticas de cómo implementar el plan de gestión de RCD a empresas constructoras y personal de obra.



**Figura 2.5 Desarrollo de actividades de objetivo 2**

**Fuente: Elaboración propia**

## **Descripción de Actividades:**

**Actividad 1:** Describir el contenido de la guía, su estructura, recomendaciones para su uso, alcances y limitaciones.

**Actividad 2:** Describir los pasos a seguir para la implementación del programa de generación de RCD, así como los datos básicos a emplear y la estructura propuesta para ordenar la información.

**Actividad 3:** Proponer las formulas necesarias para obtener los volúmenes de generación de acuerdo a datos de la obra y datos obtenidos de los índices y subíndices obtenidos en el objetivo 1.

**Actividad 4:** Describir los pasos a seguir para la implementación del programa de almacenamiento temporal y transferencia de RCD, así como los datos básicos a emplear y la estructura propuesta para ordenar la información.

**Actividad 5:** Proponer las formulas necesarias para obtener las áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal de los RCD de acuerdo a su generación y la frecuencia de traslado de los residuos en función del área disponible para su almacenamiento temporal.

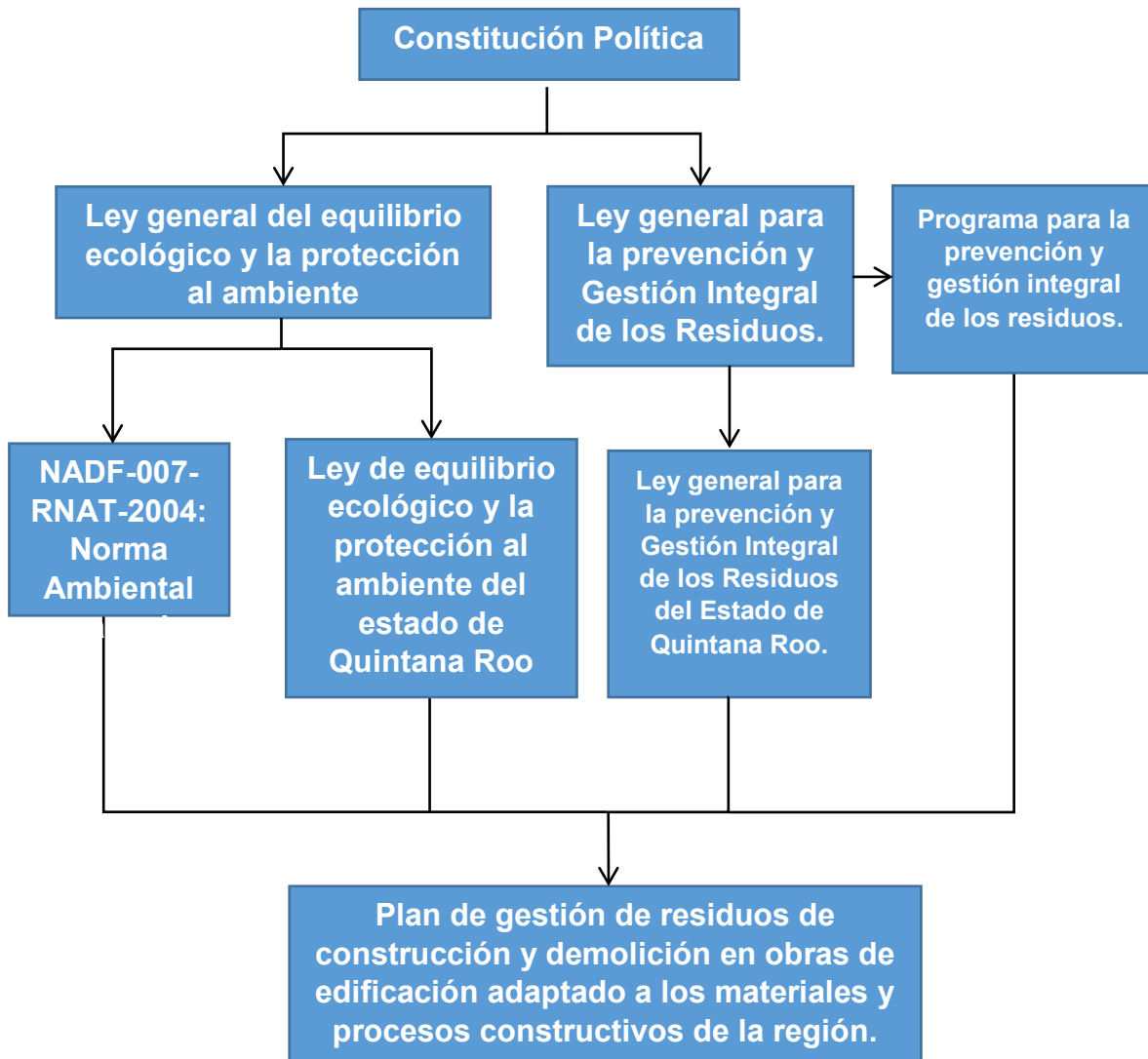
**Actividad 6:** Integración de la documentación necesaria para la implementación del Plan de Gestión de RCD en obra. El producto que se espera obtener de esta fase es un documento que contenga, en forma general, las instrucciones para implementar el plan en un proyecto u obra.

**Actividad 7:** Mediante platicas orientativas en asociaciones civiles relacionadas con la construcción presentar el Plan de RCD en obra a constructores, trabajadores, contratistas y cualquier persona involucrada durante el proceso de obra, para que conozcan cuál es su propósito, su alcance, y los beneficios que puede tener la implementación del Plan en la obra.

# Capítulo 3 Desarrollo de los programas de generación de residuos, almacenamiento temporal y traslado de RCD.

## 3.1 Definición de marco legal y jurídico

Tanto a nivel Federal como Estatal, existe diferente normativa que regula clasifica los residuos y a sus generadores, así como las responsabilidades que le corresponden a los generados. (Ver Figura 3.1 y Tabla 3.1)



**Figura 3.1 Marco legal y normativo del Plan de gestión de RCD**  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.1 Marco Legal y Jurídico que aplica a este Plan de Gestión de RCD.**

<b>Normativa</b>	<b>Ámbito</b>	<b>Aspectos que contempla</b>
<b>Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.</b>	<b>Federal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación</li> </ul>
<b>NADF-007-RNAT-2004: Norma Ambiental para el Distrito Federal</b>	<b>Estatad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.</li> </ul>
<b>Ley de Equilibrio Ecológico y la protección del medio ambiente del estado de Quintana Roo.</b>	<b>Estatad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establece el derecho y la obligación corresponsable de las personas dentro del territorio del Estado, en forma individual o colectiva, para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, el desarrollo sustentable y la protección al ambiente.</li> </ul>
<b>Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos.</b>	<b>Federal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define que es un Plan de manejo</li> <li>• Define que son los Residuos de Manejo Especial</li> <li>• Establece facultades de las entidades federativas</li> </ul>
<b>Ley para la prevención y gestión integral de residuos del estado de Quintana Roo.</b>	<b>Estatad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definiciones</li> <li>• Establece que se debe elaborar un Plan de Manejo de acuerdo a la naturaleza de los Residuos.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia



La **Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente** que define los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, menciona en su capítulo III sobre la Política Ambiental, Artículo 15, fracción IV, que “Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales”.

En el Capítulo IV, sección V sobre la Evaluación del Impacto Ambiental, Artículo 28 señala que “La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:...

... IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;”

La **NADF-007-RNAT-2004: Norma Ambiental para el Distrito Federal**, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.

Menciona: “La composición de los residuos generados por la industria de la construcción varía mucho dependiendo del tipo de actividad ya sea demolición o construcción, además de los métodos utilizados para ello. Los residuos generados durante estas actividades consisten generalmente en pedacería de materiales utilizados para construir tales como:

- Madera
- Tabla roca,
- Residuos de albañilería
- Metales,
- Vidrio
- Plásticos
- Asfalto
- Concretos
- Ladrillos
- Bloques
- Cerámicos entre otros.”

En sus Disposiciones Generales señala que: “Para efectos de la presente norma ambiental, los generadores de residuos de la construcción se clasifican de acuerdo con la Tabla 3.2:

**Tabla 3.2 Requerimientos ambientales de los generadores de RCD**

Categoría	Requerimientos
Mayor o igual a 7 m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de plan de manejo de residuos de acuerdo a lo establecido por las disposiciones jurídicas aplicables.</li> </ul>
Menor de 7 m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o la Delegación correspondiente.</li> <li>• Sin presentación de plan de manejo de residuos.</li> </ul>

Fuente: NADF-007-RNAT-2004

En su clasificación de los Residuos de Construcción propone 3 tipos (Ver Tabla 3.3):

- A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno.
- B. Residuos de Excavación
- C. Residuos Solidos

**Tabla 3.3 Clasificación de RCD en NADF-007-RNAT-2004**

A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno	
Nombre	
1.	Prefabricados de mortero o concreto (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc.).
2.	Concreto simple.
3.	Concreto armado.
4.	Cerámicos.
5.	Concretos asfálticos.
6.	Concreto asfáltico producto del fresado.
7.	Productos de mampostería.
8.	Tepetatosos.
9.	Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, Blocks, etc).
10.	Blocks.
11.	Mortero.
B. Residuos de excavación	
Nombre	
1.	Suelo orgánico.
2.	Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.
3.	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo.
C. Residuos sólidos	
Nombre	
1.	Cartón.
2.	Madera.
3.	Metales.
4.	Papel.
5.	Plástico.
6.	Residuos de podas, tala y jardinería.
7.	Paneles de yeso.
8.	Vidrio.
9.	Otros.

Fuente: NADF-007-RNAT-2004

En las especificaciones técnicas para el manejo de los residuos de la construcción señala que: “Los generadores de residuos de la construcción de volúmenes mayores o iguales a 7m<sup>3</sup> y los prestadores de servicios además de cumplir con la presentación del plan de manejo de residuos y demás ordenamientos legales aplicables en la

materia, deben observar las disposiciones indicadas en las siguientes fases del manejo, según sea el caso:

- a) Separación en la fuente (origen)
- b) Almacenamiento (temporal en el sitio de obra)
- c) Recolección y Transporte
- d) Aprovechamiento
- e) Disposición Final

Sobre la separación (Ver Tabla 3.4): “La separación en la fuente se debe hacer en base a la clasificación:

- A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno.
- B. Residuos de Excavación
- C. Residuos Sólidos”

Sobre el almacenamiento: “El almacenamiento de residuos de construcción dentro del predio del proyecto únicamente debe ser temporal, se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada en las áreas de mayor movimiento y debe retirarse los residuos en el plazo que establezcan las disposiciones jurídicas correspondientes.”

Sobre la recolección y transporte (Ver Tabla 3.4):

“a. Durante la recolección y transporte de los residuos de la construcción se debe respetar la separación de estos residuos realizada desde la fuente por el generador conforme a lo establecido en el cuadro 2 de ésta norma y evitar mezclarlos con otro tipo de residuos.

b. El prestador del servicio del transporte debe circular en todo momento, con los aditamentos necesarios que garanticen la cobertura total de la carga para evitar la dispersión de polvos y partículas, así como la fuga o derrame de residuos líquidos durante su traslado a sitios de disposición autorizados.”

**Tabla 3.4 Lista de RCD, Tipo de transporte de RCD y destino de RCD**

CLAVE	DESCRIPCIÓN Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y materiales de relleno
RMEDCA	Prefabricados de concreto o mortero (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc.).
	Concretos simple.
	Concreto armado.
	Cerámicos.
	Concretos asfálticos.
	Concreto asfáltico producto del fresado.
	Productos de mampostería.
	Tepetatosos.
	Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, blocks, etc).
	Blocks.
	Mortero.
CLAVE	DESCRIPCIÓN Residuos de la excavación
RMEDCE	Suelo orgánico.
	Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.
	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo.

CLAVES	TIPO DE VEHÍCULO	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )
TVCT	Camioneta	3
TVCA	Cajas Abiertas	5
TVVO	Volteo	7
TVR	Rabones	10
TVOE	Otro	Especifique

CLAVE	DESCRIPCIÓN
DRE	Reciclaje.
DRU	Reuso.
DET	Estación de transferencia.
DRS	Relleno sanitario.
DOE	Otro (especifique).

Fuente: NADF-007-RNAT-2004

Sobre el aprovechamiento de los Residuos de la Construcción (Ver Tabla 3.4):

“Para el aprovechamiento de los residuos clasificados en la **sección A** y presentar la evaluación de impacto ambiental, se debe enviar a reciclaje al menos el 30% de estos residuos durante el primer año de aplicación del plan e incrementar dicho porcentaje en un 15% anual hasta llegar al 100% como óptimo.

Para el aprovechamiento de los residuos clasificados en la **sección B** y presentar la evaluación de impacto ambiental, se debe **reusar directamente en el sitio de generación** al menos el 10% de estos residuos salvo que mediante estudios y pruebas de laboratorio se demuestre un porcentaje diferente.

Para los residuos identificados como residuos sólidos en la **sección C**, el generador debe buscar su valorización preferentemente.

Sobre la disposición final de los residuos:

“Aquellos residuos de la construcción clasificados en la **sección A** que no se envíen a reciclaje, deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.

Los residuos de la construcción clasificados en la **sección B** que no sea posible su rehúso deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.

Los residuos sólidos identificados en la **sección C** que no puedan ser valorizados o comercializados deben ser enviados a disposición final en los sitios autorizados.

En el caso de que se generen residuos peligrosos o suelo contaminado, se deben disponer o confinar conforme a la legislación aplicable.”

Otra Norma Ambiental que tiene relación es la **Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-011-SMA-RS-200** que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México, y que en lo general mantiene similitud con la NADF-007-RNAT-2004, aunque con la diferencia de que en su Clasificación contempla una diferencia entre tipos de generador de RCD y sus requerimientos como podemos ver en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Clasificación de los generadores de RCD según volumen de generación**

Categoría	Tipo de generador	Requerimientos
C	Menor a 7m <sup>3</sup>	Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) registrado en la Secretaría o el municipio donde se realice la actividad. El destino final de los residuos de la construcción deberán ser los sitios autorizados por la Secretaría.
B	Mayor de 7m <sup>3</sup> y Menor a 80m <sup>3</sup>	Presentación de plan de manejo de residuos ante autoridades Municipales. Presentación del Manifiesto de entrega transporte y recepción de residuos de la construcción ante autoridades Municipales. Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) registrado en la Secretaría o el municipio donde se realice la actividad. El destino final de los residuos de la construcción deberán ser los sitios autorizados por la Secretaría.
A	Mayor de 80 m <sup>3</sup>	Presentación de plan de manejo de residuos ligado como requisito para la autorización en materia de Impacto Ambiental, ante la Secretaría Presentación de manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos de la construcción. Ante la Secretaría. Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) registrado en la Secretaría o el municipio donde se realice la actividad. El destino final de los residuos de la construcción deberán ser los sitios autorizados por la Secretaría.

Fuente: NTEA-011-SMA-RS-200

### **Ley de Equilibrio Ecológico y la protección del medio ambiente del estado de Quintana Roo.**

Menciona en su Título Segundo, Capítulo I, **Artículo 5to** que:

“Corresponden al Estado, como orden de gobierno, por conducto de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, las siguientes atribuciones:

X. La prevención y el control de la contaminación generada por el aprovechamiento de las sustancias no reservadas a la Federación, que constituyen depósitos de naturaleza similar a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su descomposición que solo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamento de obras.”

En su **Artículo 151**: “Queda sujeto a la autorización de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, el manejo y disposición final de residuos industriales no peligrosos.

Los municipios conforme a sus reglamentos, otorgaran las autorizaciones para la localización, instalación y funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehúso, tratamiento, y disposición final de residuos domésticos, así como para el diseño, la construcción, y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de estos residuos.”

### **Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos.**

Define como Plan de manejo: “Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, **residuos de manejo especial** y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica, y social, con fundamento en el Diagnostico Básico para la gestión integral de Residuos, diseñado para la Gestión integral de residuo, 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 los tres niveles de gobierno.”

Residuos de Manejo Especial: “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.”

En su capítulo único, **artículo 9**: “Son facultades de las entidades federativas:

I. Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos así como elaborar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el programa Nacional de Remediación de sitios Contaminados y coordinar su instrumentación con las entidades federativas y municipios, en el marco del Sistema



Nacional de Planeación Democrática, establecido en el artículo 25 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos.

II. Expedir conforme a sus respectivas atribuciones, y de acuerdo con las disposiciones de esta ley, y en coordinación con la federación y de conformidad con el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial y el Programa Nacional de Remediación de sitios contaminados, los ordenamientos jurídicos que permitan darle cumplimiento conforme a sus circunstancias particulares, en materia de manejo de residuos de manejo especial, así como de prevención de la contaminación de sitios con dichos residuos y su remediación.

III. Autorizar el manejo integral de los residuos de manejo especial, e identificar los que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo, en coordinación con la Federación y de conformidad con el Programa Nacional para la prevención y gestión de los residuos de manejo especial y el Programa Nacional de Remediación Sitios contaminados.

IV. Verificar el cumplimiento de los instrumentos y disposiciones jurídicas referidas en la fracción anterior en materia de residuos de manejo especial e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables.

XI. Promover la participación de los sectores privado y social en el diseño e instrumentación de acciones para prevenir la generación de residuos de manejo especial, y llevar a cabo su gestión integral adecuada, así como la prevención de la contaminación de sitios con estos residuos y su remediación, conforme a los lineamientos de esta Ley y las normas oficiales mexicanas correspondientes;

XVII. Regular y establecer las bases para el cobro por la presentación de uno o varios de los servicios de manejo integral de residuos de manejo especial a través de mecanismos transparentes que induzcan la minimización y permitan destinar los ingresos correspondientes al fortalecimiento de la infraestructura respectiva;

XVIII. Someter a la consideración de la Secretaría; los programas para el establecimiento de sistemas de gestión integral de residuos de manejo especial y la construcción y operación de rellenos sanitarios, con objeto de recibir asistencia técnica del Gobierno Federal para tal fin;”

En su **artículo 19** : “Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;”

### **Ley para la prevención y gestión integral de residuos del estado de Quintana Roo.**

Maneja las siguientes definiciones:

**Acopio:** Acción de reunir los residuos de una o diferentes fuentes para su manejo;

**Almacenamiento:** Retención temporal de los residuos en lugares propicios para prevenir daños al ambiente, los recursos naturales y a la salud de la población en tanto son recolectados para su reutilización, reciclado, co-procesamiento, tratamiento o disposición final;

**Ambientalmente Adecuado:** Acción acorde con la protección del ambiente, la salud y los recursos naturales; la prevención de la generación, la valorización y el manejo integral de los residuos, así como con las disposiciones jurídicas aplicables;

**Cadena Productiva:** Toda actividad tendiente a reutilizar, reciclar, coprocesar como combustible alterno o aprovechar la capacidad calorífica de los materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se desvían de su tratamiento o disposición final para ser valorizados o introducidos a los mercados de subproductos o de productos reciclados;

**Cédula de Desempeño Ambiental:** Instrumento documental de recopilación de información de emisiones y transferencia de contaminantes de sustancias sujetas a reportes para dar seguimiento a las condicionantes establecidas en los títulos,

concesiones, permisos, autorizaciones y otros actos de autoridad, que a efecto haya otorgado la Secretaría en materia ambiental para la actualización de la base de datos del registro;

**Composta:** Material inodora, estable y parecido al humus, rico en materia orgánica, resultado del proceso de compostaje de los residuos biodegradables;

**Composteo:** Proceso de descomposición aeróbica de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos específicos;

**Criterios:** Lineamiento contenidos en la presente Ley para orientar las acciones de gestión integral de los residuos que tendrán el carácter de instrumentos de política ambiental;

**Desechos:** Residuos que económica, técnica o socialmente no son valorizables y son tratados o enviados a sitios de disposición final;

**Desempeño Ambiental:** Grado de cumplimiento de los objetivos con metas establecidas en los sistemas de gestión integral y manejo ambientalmente adecuado de los residuos;

**Gran Generador:** Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 27.3 Kilogramos/día o su equivalente a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año;

**Gestión Integral:** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo integral de los residuos, desde su generación hasta la disposición final;

**Lixiviados:** Líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen y que puede dar lugar a la contaminación al ambiente o riesgos a la salud;

**Manejo Integral:** Actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, almacenamiento, barrido, recolección, transporte, tratamiento 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 y bajo esquemas de factibilidad tecnológica, ambiental, económica y social;

**Micro generador:** Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;

**Pequeño Generador:** Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida;

**Plan de Contingencia Ambiental:** Instrumento de organización de las acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención previo, durante y después de un desastre que involucre la generación y/o liberación de residuos al ambiente, con base en la evaluación de riesgos, disponibilidad de recursos materiales y humanos, preparación de la comunidad y capacidad de respuesta local e internacional;

**Plan de Manejo:** Instrumento de gestión integral, que contiene el conjunto de acciones así como los procedimientos para lograr la minimización de la generación de los residuos y la valorización de los subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, económica y social, así como para realizar un manejo integral de los residuos que se generen;

**Planta de Tratamiento:** Instalación donde se lleva a cabo cualquier proceso de tratamiento de los residuos para valorizarlos o disponerlos finalmente;

**Prevención:** Conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente;

**Programa Estatal:** Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el Estado de Quintana Roo;

**Programa Municipal:** Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos;

**Recolección:** Acción de recibir los residuos de sus generadores y trasladarlos para su tratamiento o disposición final;

**Recolección Selectiva o Separada:** Acción de recolectar los residuos separando desechos y subproductos;

**Reciclaje:** Proceso de transformación por el cual los subproductos valorizables de los residuos son utilizados como materia prima para la fabricación de productos nuevos;

**Reciclaje Energético:** Sistema de tratamiento, basado en la recuperación de la energía disponible de los Residuos;

**Residuo:** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;

**Residuos Inorgánicos:** Aquellos constituidos por materiales que no son biodegradables y que pueden ser susceptibles de reutilización o reciclado tales como vidrio, papel, cartón, plástico, laminados de materiales reciclables, aluminio y metales no peligrosos;

**Residuos Orgánicos:** Aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Por ejemplo los restos de comida, frutas, restos de jardinerías, cáscaras entre otros;

**Residuos Peligrosos:** 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 esta Ley por ejemplo aceites lubricantes usados, acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo, convertidores catalítico de vehículos automotores entre otros;

**Residuos de Manejo Especial:** 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;

**Residuos Sólidos Urbanos:** Los generados en las casas habitación, 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 residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;

**Responsabilidad Compartida:** Al 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 órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social;

**Reutilización:** A empleo de un residuo sólido sin que medie un proceso de transformación;

**Secretaría:** La Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente;

**Sistema de Manejo Ambiental:** Conjunto de medidas adoptadas a través de las cuales se incorporan principios ambientales en las actividades cotidianas de los entes públicos y privados con el objetivo de reducir su impacto negativo al ambiente, mediante el ahorro y consumo eficiente de agua, energía y materiales que alienta con sus políticas de adquisiciones la prevención de la generación de residuos, su aprovechamiento y su manejo integral;

**Sitio Contaminado:** Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que han sido contaminados con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana,

a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas;

**Subproductos:** Materiales o productos usualmente desechados y que son técnica, económica o socialmente susceptibles de valorización;

**Tratamiento:** Procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad;

**Valorización:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos.

En su **artículo 38** menciona: “Están obligados a la formulación y ejecución de los Planes de Manejo:

I.- Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos;...”

“En la formulación y ejecución de los Planes de Manejo a los que hace referencia este artículo, se contará con la orientación de las autoridades con competencia en la materia a fin de facilitar su implementación ambientalmente adecuada, económicamente viable y socialmente aceptable.”

En su **artículo 39** señala: “Los generadores de Residuos de Manejo Especial y los Grandes Generadores de Residuos que formulen y ejecuten Planes de Manejo deberán:

I.- Realizar una auditoría para determinar las modalidades de Residuos que están generando y distinguir aquellas que sean potencialmente aprovechables o susceptibles de valorización;

II.- Identificar oportunidades para disminuir la generación de sus Residuos a través de modificaciones en sus prácticas de consumo y producción;

III.- Determinar las opciones disponibles para la comercialización y reciclado de los materiales susceptibles de valorización contenidos en sus Residuos;

IV.- Diseñar las estrategias a seguir para reducir la generación de Residuos y para separar, reutilizar, reciclar, co-procesar, donar o intercambiar materiales para su valorización;

V.- Identificar los actores y sectores a involucrar en el desarrollo de un plan de manejo colectivo, cuando sea el caso, mediante la suscripción de acuerdos de voluntades, convenios y contratos;

VI.- Capacitar al personal que será involucrado en la separación de los Residuos con fines de valorización; y

VII.- Establecer un mecanismo para el registro electrónico de la información concerniente al plan de manejo, para su actualización cada dos años y para notificar los cambios o la continuidad de las formas de manejo a las autoridades con competencia en la materia.”

En el **artículo 56**: “Para los efectos de la presente Ley son de competencia Federal los Residuos Peligrosos, de competencia estatal los Residuos de Manejo Especial y de competencia de los Municipios los Residuos Sólidos Urbanos.”

En el **artículo 57**: “Los Residuos de Manejo Especial se clasifican como se indica a Continuación, salvo cuando se trate de Residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:...

...**VII.-** Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;...”

En el **artículo 63**: “En términos de la legislación federal y de esta Ley y su Reglamento, los generadores o poseedores de Residuos de Manejo Especial están obligados a:

I.- Inscribirse en el padrón que establezca la Secretaría, mecanismo que se realizará a través de una solicitud formal a esta dependencia estatal;

II.- Identificar, clasificar y separar los Residuos;

III.- Elaborar un Plan de Manejo de acuerdo a la naturaleza de los Residuos;

IV.- Presentar el Plan de Manejo ante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, para su revisión y en su caso aprobación;

V.- Presentar los permisos de las autoridades locales para el desarrollo de alguna actividad ligada con el manejo de los Residuos;



VI.- Presentar un informe anual y elaborar una bitácora que se conservará y mantendrá durante los dos años posteriores al período anual que cubren, para la disposición de las autoridades competentes, en los que se asienten los datos acerca de la generación y el manejo integral a las que sujetarán sus Residuos, esta información se presentará a través de la Cédula de Desempeño Ambiental. Esta información será necesaria para integrar el Sistema Estatal de Información sobre la Prevención y la Gestión Integral de Residuos y la remediación de la contaminación de suelos;

VII.- Previa aprobación, almacenar temporalmente los Residuos dentro de sus instalaciones, de acuerdo con las medidas de seguridad que correspondan, según sus características y los tiempos que establezcan los ordenamientos jurídicos correspondientes. En cualquier caso, deberá prevenirse la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, así como el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de tales Residuos, y disponer de los medios para contener fugas, derrames o incendios;

VIII.- Prevenir la contaminación de suelos al cierre o suspensión de operaciones;

IX.- Evitar la disposición final de subproductos valorizables cuando sea técnica y económicamente factible o se cuente con planes de manejo específicos para ellos;

X.- Utilizar solamente empresas registradas o autorizadas por las autoridades competentes, según corresponda, para el Manejo Integral de sus Residuos, y

XI.- Cualquier otra recomendación que la autoridad competente considere.

### 3.2 Análisis de índices, volúmenes, orígenes y clasificación de los RCD por sector en el estado de Quintana Roo.

El análisis de los índices de generación de residuos en el Estado, elaborado por la Borjas Pelissier Leticia en su Tesis de Maestría “Diagnóstico para determinar las características y disposición de los residuos de construcción y demolición en Quintana Roo”, se agrupa por sectores de la siguiente manera:

- Sector educación (Ver Tablas 3.6-3.8)
- Sector vivienda (Ver Tablas 3.9-3.11)
- Sector Turismo (Ver Tablas 3.12-3.14)
- Sector Salud (Ver Tablas 3.15-3.16)
- Otro sector (obras públicas diversas, locales comerciales, obra particular, etc.) (Ver Tablas 3.17-3.18)

**Tabla 3.6 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector educación**

<b>SECTOR:</b> Educación	<b>SUPERFICIE</b> :	1010.88 m <sup>2</sup>	<b>ÍNDICE GENERAL</b> =	47.62	kg/m <sup>2</sup>
-----------------------------	------------------------	---------------------------	----------------------------	-------	-------------------

TOTALES							
TIPO DE RCD ETAPA	CONCRET O, MORTERO kg	R. BLOCK, VIG, BOV kg	PISOS kg	METALES kg	OTROS kg	TOTAL kg	PORCENTAJE (%)
CIMENTACION	2,888.74	52.65	0.00	230.29	0.00	<b>3,171.68</b>	<b>6.59</b>
ESTRUCTURA	7,265.00	6,631.95	0.00	477.98	1,476.80	<b>15,851.73</b>	<b>32.93</b>
CUBIERTA	3,772.08	4,894.50	0.00	6.50	1,475.83	<b>10,148.91</b>	<b>21.08</b>
ACABADOS	16,463.85	0.00	1,842.57	25.35	470.80	<b>18,802.57</b>	<b>39.06</b>
INSTALACIONES	32.50	0.00	0.00	0.00	130.00	<b>162.50</b>	<b>0.34</b>
OBRA EXTERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTALES</b>	<b>30,422.17</b>	<b>11,579.10</b>	<b>1,842.57</b>	<b>740.12</b>	<b>3,553.43</b>	<b>48,137.38</b>	<b>100.00</b>
(%)	<b>63.20</b>	<b>24.05</b>	<b>3.83</b>	<b>1.54</b>	<b>7.38</b>	<b>48,137.38</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Índice general** =  $(48,137.38 / 1,010.88) = 47.62 \text{ kg/m}^2$

**Tabla 3.7 Índices por etapa y tipo del Sector Educación**

<b>Cimentación</b>	<b>3,171.68 kg/1,010.88 m<sup>2</sup></b>	<b>3.1375 kg/ m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	2,888.74 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	2.8576 kg/ m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	52.65kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	0.0521 kg/ m <sup>2</sup>
Metales	230.29 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	0.2278 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>15,851.73 kg/1,010.88 m<sup>2</sup></b>	<b>15.68 kg/ m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	7,265.00 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	7.187 kg/ m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	6,631.95kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	6.56 kg/m <sup>2</sup>
Metales	477.98 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	0.4728 kg/m <sup>2</sup>
Otros	1,476 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	1.46 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>10,148.91 kg/1,010.88 m<sup>2</sup></b>	<b>10.04 kg/ m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	3,722.08 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	3.7 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,894.50 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	4.84 kg/m <sup>2</sup>
Metales	6.50 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	0.0064 kg/m <sup>2</sup>
Otros	1,475.83 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	1.46 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>18,802.57 kg/1,010.88 m<sup>2</sup></b>	<b>18.60 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	16,463.85 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	16.28 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	1,842.57 kg/1,010.88 m <sup>2</sup>	1.8227 kg/m <sup>2</sup>
Metales	25.35 kg/ 1,010.88 m <sup>2</sup>	0.025 kg/m <sup>2</sup>
Otros	470.80 kg/ 1,010.88 m <sup>2</sup>	0.4657 kg/m <sup>2</sup>
<b>Instalaciones</b>	<b>162.50 kg/ 1,010.88 m<sup>2</sup></b>	<b>0.16075 kg/ m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	32.50 kg/ 1,010.88 m <sup>2</sup>	0.032 kg/m <sup>2</sup>
Otros	130 kg/ 1,010.88 m <sup>2</sup>	0.1286 kg/m <sup>2</sup>

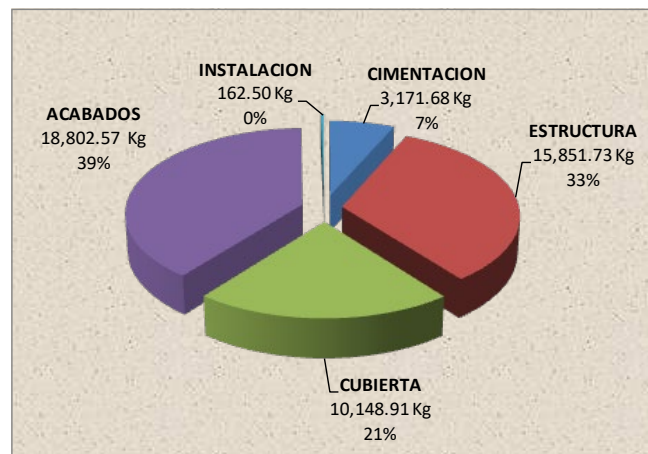
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.8 Índices por etapa y tipo del sector educación**

INDICES POR ETAPA Y TIPO DEL SECTOR EDUCACIÓN							
TIPO ETAPA	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	( % )
CIMENTACION	2.8576	0.0521	0.00	0.2278	0.00	<b>3.1375</b>	<b>6.5969</b>
ESTRUCTURA	7.187	6.56	0.00	0.4728	1.46	<b>15.68</b>	<b>32.968</b>
CUBIERTA	3.682	4.84	0.00	0.0064	1.459	<b>9.987</b>	<b>20.99</b>
ACABADOS	16.28	0.00	1.8227	0.025	0.4657	<b>18.60</b>	<b>39.108</b>
INSTALACIONES	0.032	0.00	0.00	0.00	0.1286	<b>0.1606</b>	<b>0.337</b>
OBRA EXTERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
TOTALES	<b>30.0386</b>	<b>11.4521</b>	<b>1.8227</b>	<b>0.732</b>	<b>3.5133</b>	<b>47.56</b>	<b>100.00</b>
(%)	<b>63.159</b>	<b>24.079</b>	<b>3.832</b>	<b>1.539</b>	<b>7.387</b>	<b>47.56</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

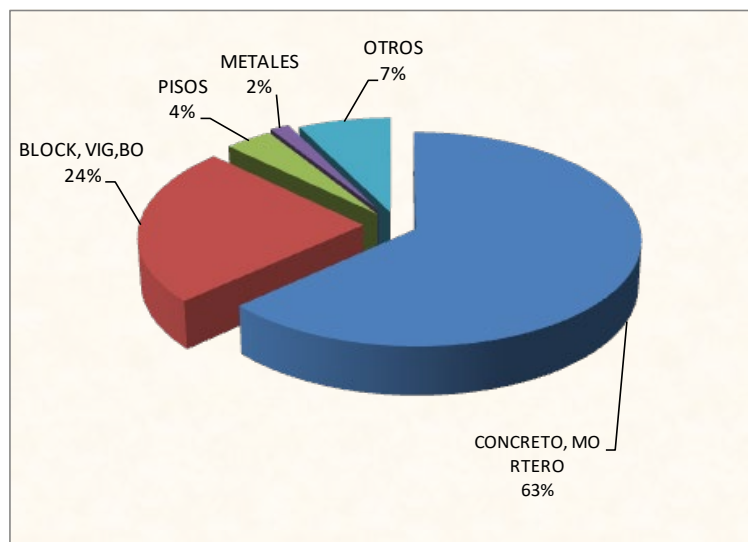
**Residuos por Etapa:** Con respecto al tipo de los residuos generados por etapa, se puede observar en la Figura 3.2, que éstos son los que resultaron de la etapa de construcción, ya sea cimentación, estructura, cubierta, acabados, instalaciones y de la obra exterior, obteniendo la mayor cantidad de RCD proveniente de la etapa de acabados, siendo ésta el 39.06% en este sector.



**Figura 3.2 Residuos por etapas del sector educación**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Clasificación:** Por otro lado en la Figura 3.3 se muestra como está distribuida la clasificación de los residuos dentro de la obra, observando en ella que el residuo de concreto y mortero representa el 63% del total de los RCD, seguido por el block y la bovedilla con un 24%.



**Figura 3.3 Clasificación de los RCD sector educación**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Tabla 3.9 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector vivienda**

<b>SECTOR:</b> Vivienda	<b>SUPERFICIE:</b> 69.69 m <sup>2</sup>	<b>INDICE GENERAL=</b> 58.00 kg/m <sup>2</sup>
-------------------------	---	--

TOTALES								
ETAPA	TIPO	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	(%)
CIMENTACION		210.00	0.00	0.00	0.00	6.74	<b>216.74</b>	<b>5.36</b>
ESTRUCTURA		273.49	215.83	0.00	0.61	8.43	<b>498.36</b>	<b>12.33</b>
CUBIERTA		2,479.00	544.25	0.00	8.55	7.85	<b>3,039.65</b>	<b>75.20</b>
ACABADOS		146.09	0.00	122.00	0.00	19.15	<b>287.24</b>	<b>7.11</b>
INSTALACIONES		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
OBRA EXTERIOR		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTALES</b>		<b>3,108.58</b>	<b>760.08</b>	<b>122.00</b>	<b>9.16</b>	<b>42.17</b>	<b>4,042.00</b>	<b>100.00</b>
<b>PORCENTAJE (%)</b>		<b>76.91</b>	<b>18.80</b>	<b>3.02</b>	<b>0.23</b>	<b>1.04</b>	<b>4,042.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Índice general**= (4,042.00 / 69.69) = 58.00 kg/m<sup>2</sup>

**Tabla 3.10 Índice por etapa y tipo de residuo del Sector Vivienda**

<b>Cimentación</b>	<b>216.74 kg/69.69 m<sup>2</sup></b>	<b>3.11 kg/ m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	210 kg/69.69 m <sup>2</sup>	3.013 kg/m <sup>2</sup>
Otros	6.74 kg/69.69 m <sup>2</sup>	0.0967 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>498.36 kg/69.69 m<sup>2</sup></b>	<b>7.15 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	273.49 kg/69.69 m <sup>2</sup>	3.924 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	215.83 kg/69.69 m <sup>2</sup>	3.097 kg/m <sup>2</sup>
Metales	0.61 kg/69.69 m <sup>2</sup>	0.00875 kg/m <sup>2</sup>
Otros	8.43 kg/69.69 m <sup>2</sup>	0.121 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>3,039.65 kg/69.69 m<sup>2</sup></b>	<b>43.62 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	2,479.00 kg/69.69 m <sup>2</sup>	35.57 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	544.25 kg/69.69 m <sup>2</sup>	7.81 kg/m <sup>2</sup>
Metales	8.55 kg/69.69 m <sup>2</sup>	0.123 kg/m <sup>2</sup>
Otros	7.85 kg/69.69 m <sup>2</sup>	0.113 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>287.24 kg/69.69 m<sup>2</sup></b>	<b>4.122 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	146.09 kg/69.69 m <sup>2</sup>	2.096 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	122.00 kg/69.69 m <sup>2</sup>	1.751 kg/m <sup>2</sup>
Otros	19.15 kg/ 69.69 m <sup>2</sup>	0.275 kg/m <sup>2</sup>

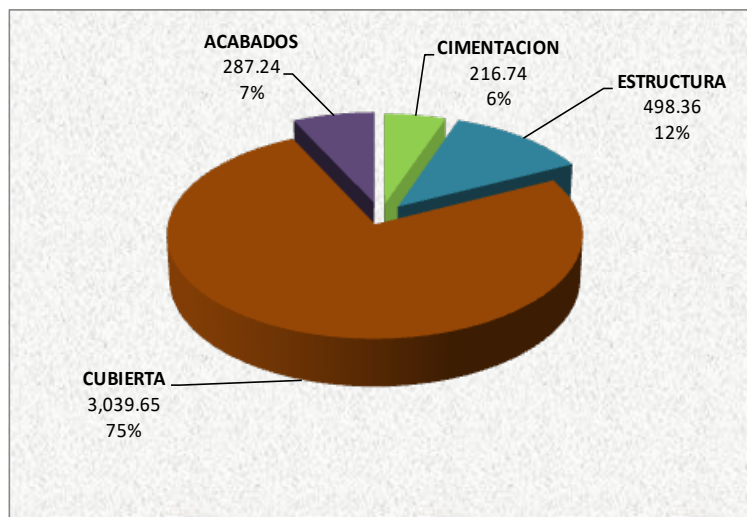
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.11 Índices por etapa y tipo de residuo del sector vivienda**

INDICES POR ETAPA Y TIPO DE RESIDUO DEL SECTOR VIVIENDA							
TIPO	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
ETAPA	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	( % )
CIMENTACION	3.013	0.00	0.00	0.00	0.0967	<b>3.11</b>	<b>5.36</b>
ESTRUCTURA	3.924	3.097	0.00	0.00875	0.121	<b>7.15</b>	<b>12.327</b>
CUBIERTA	35.57	7.81	0.00	0.123	0.113	<b>43.62</b>	<b>75.206</b>
ACABADOS	2.096	0.00	1.751	0.00	0.275	<b>4.122</b>	<b>7.11</b>
INSTALACIONES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
OBRA EXTERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
TOTALES	<b>44.60</b>	<b>10.91</b>	<b>1.751</b>	<b>0.13175</b>	<b>0.6057</b>	<b>58</b>	<b>100.00</b>
(%)	<b>76.896</b>	<b>18.81</b>	<b>3.019</b>	<b>0.227</b>	<b>1.044</b>	<b>58</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

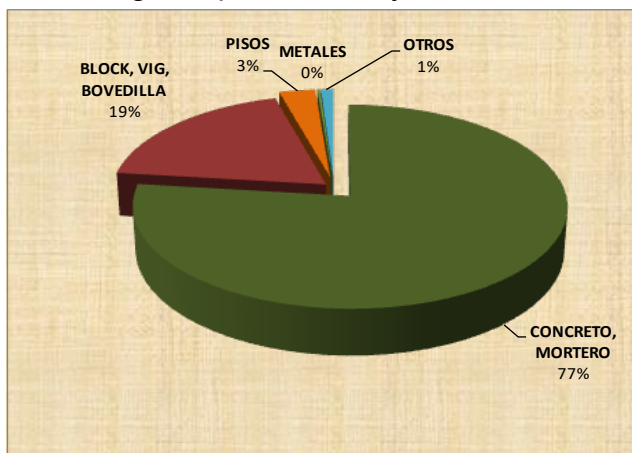
**Residuos por Etapa:** En la Figura 3.4, se observa que en este sector, se origina mayor RCD en la etapa de cubierta, con un 75% de residuos seguida de la estructura.



**Figura 3.4 Residuos por etapa del sector vivienda**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Clasificación:** En la Figura 3.5 se da a conocer la clasificación de los residuos dentro del sector vivienda, observando que el residuo de concreto y mortero representa el 77% del total de los RCD, seguido por el block y la bovedilla con un 19%.



**Figura 3.5 Clasificación de los RCD sector vivienda**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Tabla 3.12 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector turismo**

<b>SECTOR:</b> Turismo		<b>SUPE</b>	1010 m <sup>2</sup>	<b>INDICE</b>	69.60	kg/m <sup>2</sup>		
		<b>RFICIE</b>	:	<b>GENERAL=</b>				
TOTALES								
ETAPA	TIPO	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	
							PORCENTAJE (%)	
CIMENTACION		800.00	150.00	0.00	1,348.00	0.00	2,298.00	3.27
ESTRUCTURA		4,200.00	5,550.00	0.00	3,560.00	130.00	13,440.00	19.12
CUBIERTA		1,568.00	8,650.00	0.00	535.00	25.00	10,778.00	15.33
ACABADOS		31,165.00	0.00	12,350.00	0.00	10.00	43,525.00	61.91
INSTALACIONES		10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.01
OBRA EXTERIOR		250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.00	0.36
<b>TOTALES</b>		<b>37,993.00</b>	<b>14,350.00</b>	<b>12,350.00</b>	<b>5,443.00</b>	<b>165.00</b>	<b>70,301.00</b>	<b>100.00</b>
<b>PORCENTAJE (%)</b>		<b>54.04</b>	<b>20.41</b>	<b>17.57</b>	<b>7.74</b>	<b>0.23</b>	<b>70,301.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia



**Índice general**= (70,301.00 / 1010.00) = 69.60 kg/m<sup>2</sup>

**Tabla 3.13 Índice por etapa y tipo del Sector Turismo**

<b>Cimentación</b>	<b>2,298.00 kg/1,010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>2.275 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	800 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.792 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	150 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.1485 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,348.00 kg/ 1,010.00 m <sup>2</sup>	1.335 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>13,440.00 kg/1,010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>13.31 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	4,200 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	4.16 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	5,550.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	5.495 kg/m <sup>2</sup>
Metales	3,560.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	3.5247 kg/m <sup>2</sup>
Otros	130.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.1287 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>10,778.00 kg/1,010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>10.7 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	1,568.00kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	1.5524 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	8,650.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	8.564 kg/m <sup>2</sup>
Metales	535.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.5297 kg/m <sup>2</sup>
Otros	25 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.0247 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>43,525.00 kg/1,010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>43.094 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	31,165.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	30.856 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	12,350.00 kg/1010.00 m <sup>2</sup>	12.2277 kg/m <sup>2</sup>
Otros	19.15 kg/ 69.69 m <sup>2</sup>	0.275 kg/m <sup>2</sup>
<b>Instalaciones</b>	<b>10.00 kg/1,010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>0.0099 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	10.00 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.0099 kg/m <sup>2</sup>
<b>Obra Exterior</b>	<b>250 kg/1010.00 m<sup>2</sup></b>	<b>0.24752 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	250 kg/1,010.00 m <sup>2</sup>	0.24752 kg/m <sup>2</sup>

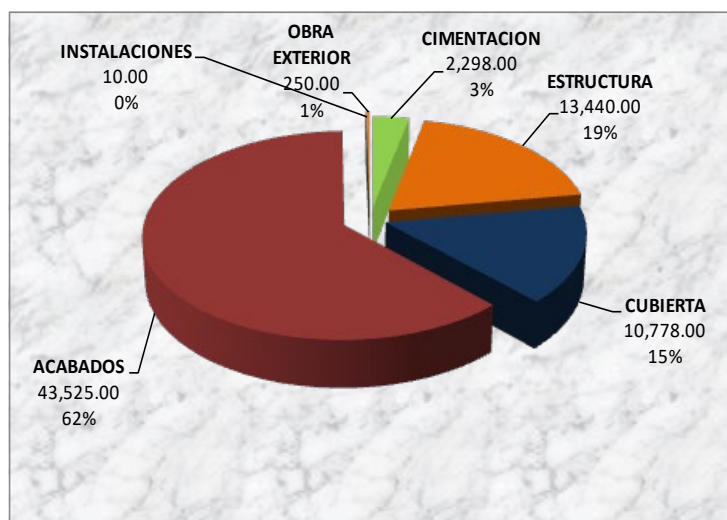
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.14 Índices por etapa y tipo de residuo del sector turismo**

INDICES POR ETAPA Y TIPO DE RESIDUO DEL SECTOR TURISMO							
TIPO DE RCD	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
ETAPA	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	( % )
CIMENTACION	0.792	0.1485	0.00	1.335	0.00	<b>2.275</b>	<b>3.2566</b>
ESTRUCTURA	4.16	5.495	0.00	3.5247	0.1287	<b>13.31</b>	<b>19.0529</b>
CUBIERTA	1.5524	8.564	0.00	0.5297	0.1287	<b>10.7</b>	<b>15.32</b>
ACABADOS	30.856	0.00	12.2277	0.00	0.275	<b>43.2</b>	<b>61.8397</b>
INSTALACIONES	0.0099	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.0099</b>	<b>0.0141</b>
OBRA EXTERIOR	0.24752	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.24752</b>	<b>0.3545</b>
<b>TOTALES</b>	<b>37.617</b>	<b>14.2075</b>	<b>12.2277</b>	<b>5.3894</b>	<b>0.5324</b>	<b>69.858</b>	<b>100.00</b>
(%)	<b>53.847</b>	<b>20.337</b>	<b>17.5036</b>	<b>7.7147</b>	<b>0.762</b>	<b>69.858</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

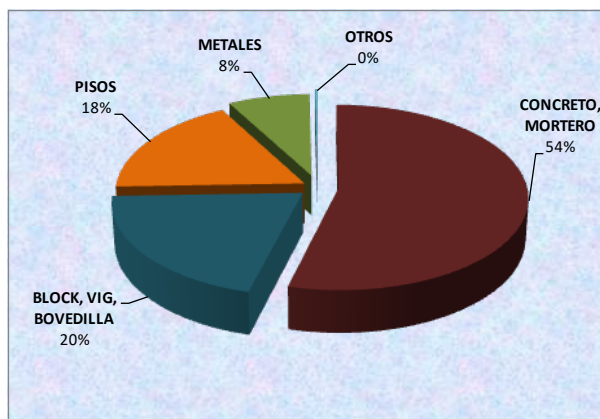
**Residuos por etapa:** La Figura 3.6, es una representación gráfica del origen de los RCD, donde se observa que se origina mayor cantidad de residuos en la etapa de acabados con un 62%.



**Figura 3.6 Residuos por etapa del sector turismo**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Clasificación:** La clasificación de los residuos dentro del sector turismo, tiene la misma composición que la de los demás sectores, sin embargo es el concreto y mortero representa el 54% del total de los RCD, seguido por el block y la bovedilla con un 20%. (ver Figura 3.7).



**Figura 3.7 Clasificación de los RCD sector turismo**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Tabla 3.15 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector salud**

SECTOR: Salud		SUPERFICIE: 2058 m <sup>2</sup>			ÍNDICE: 53.19 kg/m <sup>2</sup>		
TOTALES							
TIPO DE RCD	CONCRETO, MORTERO	BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
ETAPA	kg	kg	Kg	kg	kg	kg	(%)
CIMENTACION	1,600.00	325.00	0.00	5,850.00	163.00	7,938.00	7.25
ESTRUCTURA	5,521.00	4,782.50	36.00	6,500.00	76.10	16,915.60	15.45
CUBIERTA	1,153.00	14,233.00	0.00	1,360.00	0.00	16,746.00	15.30
ACABADOS	44,786.00	0.00	23,070.00	0.00	0.00	67,856.00	61.99
INSTALACIONES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OBRA EXTERIOR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>	<b>53,060.00</b>	<b>19,340.50</b>	<b>23,106.00</b>	<b>13,710.00</b>	<b>239.10</b>	<b>109,455.60</b>	<b>100.00</b>
<b>PORCENTAJE (%)</b>	<b>48.48</b>	<b>17.67</b>	<b>21.11</b>	<b>12.53</b>	<b>0.22</b>	<b>109,455.60</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Índice General** = (109,455.60 / 2058.00) = 53.19 kg/m<sup>2</sup>

**Tabla 3.16 Índice por etapa y tipo del Sector Salud**

<b>Cimentación</b>	<b>7,938.00 kg/ 2,058.00 m<sup>2</sup></b>	<b>3.857 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	1,600.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	0.777 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	325.00kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	0.1579 kg/m <sup>2</sup>
Metales	5,850.00 kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	2.8425 kg/m <sup>2</sup>
Otros	163.00 kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	0.0792 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>16,915.60 kg/ 2,058.00 m<sup>2</sup></b>	<b>8.219436 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	5,521.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	2.682 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,782.50 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	2.3238 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	36.00 kg /2,058.00 m <sup>2</sup>	0.01749 kg/m <sup>2</sup>
Metales	6,500.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	3.1584 kg/m <sup>2</sup>
Otros	76.10 kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	0.0369776 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>16,746.00 kg/2,058.00 m<sup>2</sup></b>	<b>8.137 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	1,153.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	0.5602 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	14,233.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	6.9159 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,360.00 kg/2,058.00 m <sup>2</sup>	0.660835 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>67,856.00 kg/ 2,058.00 m<sup>2</sup></b>	<b>32.9718 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	44,786.00 kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	21.7619 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	23,070.00 kg/ 2,058.00 m <sup>2</sup>	11.21 kg/m <sup>2</sup>

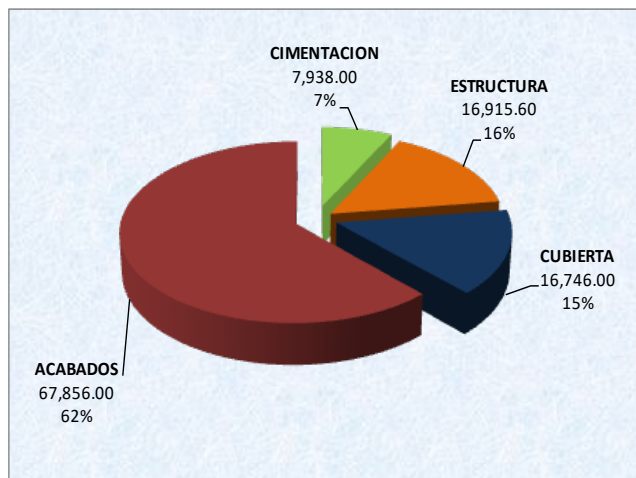
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.17 Índices por etapa y tipo de residuo del Sector Salud**

<b>INDICES POR ETAPA Y TIPO DE RESIDUO DEL SECTOR SALUD</b>							
<b>ETAPA \ TIPO</b>	<b>CONCRE TO, MORTER O</b>	<b>R. BLOCK, VIG, BOV</b>	<b>PISOS</b>	<b>METALES</b>	<b>OTROS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCEN TAJE</b>
	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>( % )</b>
<b>CIMENTACION</b>	0.777	0.1579	0.00	2.8425	0.0792	<b>3.8566</b>	<b>7.251</b>
<b>ESTRUCTURA</b>	2.682	2.3238	0.01749	3.1584	0.0369776	<b>8.2186</b>	<b>15.453</b>
<b>CUBIERTA</b>	0.5602	6.9159	0.00	0.660835	0.00	<b>8.1369</b>	<b>15.299</b>
<b>ACABADOS</b>	21.7619	0.00	11.21	0.00	0.00	<b>32.9719</b>	<b>61.996</b>
<b>INSTALACIONES</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>OBRA EXTERIOR</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTALES</b>	<b>25.7811</b>	<b>9.3976</b>	<b>11.2274</b>	<b>6.66173</b>	<b>0.116177</b>	<b>53.184</b>	<b>100</b>
<b>(%)</b>	<b>48.475</b>	<b>17.6699</b>	<b>21.11</b>	<b>12.5258</b>	<b>0.2184</b>	<b>52.184</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

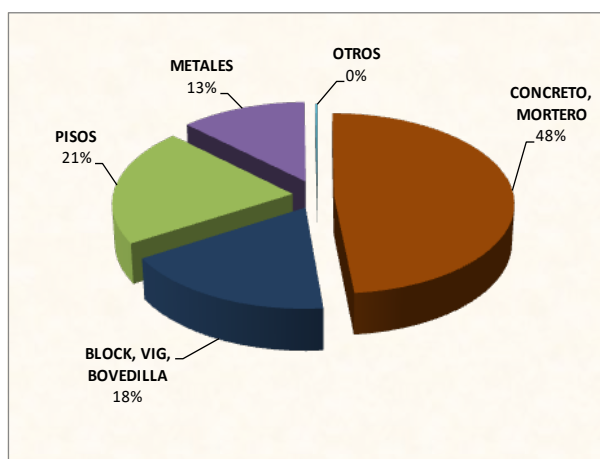
**Residuos por etapa:** La Figura 3.8, es una representación gráfica del origen de los RCD en el sector salud, donde se puede ver que se origina mayor cantidad de residuos en la etapa de acabados con un 62%.



**Figura 3.8 Residuos por etapa del sector salud**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Clasificación:** Dentro de esta clasificación el concreto y mortero representan el 48% del total de los RCD, seguido por los pisos con un 21%. (Ver Figura 3.9).



**Figura 3.9 Clasificación de los RCD por sector salud**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Tabla 3.18 Índice, orígenes y clasificación de los RCD en el sector otros**

SECTOR: Otros		SUPERFICIE: 1037.14 m <sup>2</sup>		INDICE GENERAL = 57.10 kg/m <sup>2</sup>			
TOTALES							
ETAPA \ TIPO DE RCD	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	(%)
CIMENTACION	1,555.25	131.91	0.00	1,857.07	42.44	3,586.67	6.06
ESTRUCTURA	4,314.87	4,295.07	9.00	2,634.65	422.83	11,676.42	19.72
CUBIERTA	2,243.02	7,560.00	0.00	477.51	377.17	10,657.70	18.00
ACABADOS	23,720.00	0.00	9,346.14	6.34	124.99	33,197.47	56.05
INSTALACIONES	10.63	0.00	0.00	0.00	32.50	43.13	0.07
OBRA EXTERIOR	62.50	0.00	0.00	0.00	0.00	62.50	0.11
<b>TOTALES</b>	<b>31,906.27</b>	<b>11,986.98</b>	<b>9,355.14</b>	<b>4,975.57</b>	<b>999.93</b>	<b>59,223.89</b>	<b>100.00</b>
<b>PORCENTAJE (%)</b>	<b>53.87</b>	<b>20.24</b>	<b>15.80</b>	<b>8.40</b>	<b>1.69</b>	<b>59,223.89</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Índice general** =  $(59,223.89 / 1037.14) = 57.10 \text{ kg/m}^2$

**Tabla 3.19 Índice por etapa y tipo del Sector Otros**

<b>Cimentación</b>	<b>3,586.67 kg/ 1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>3.458 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	1,555.25 kg/1,037.14 m <sup>2</sup>	1.499 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	131.91 kg/1,037.14 m <sup>2</sup>	0.127186 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,857.07 kg/1,037.14 m <sup>2</sup>	1.790568 kg/m <sup>2</sup>
Otros	42.44 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.04092 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>11,676.42 kg/1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>11.258287 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	4,314.87 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	4.16035 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,295.07 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	4.1412 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	9.00 kg/1,037.14 m <sup>2</sup>	0.008677 kg/m <sup>2</sup>
Metales	2,634.65 kg/1,037.14 m <sup>2</sup>	2.54 kg/m <sup>2</sup>

Otros	422.83 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.407688 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>10,657.70 kg/1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>10.276 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	2,243.02 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	2.16269 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	7,560.00 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	7.2892 kg/m <sup>2</sup>
Metales	377.17 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.36366 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>33,197.47 kg/ 1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>32.008 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	23,720.00 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	22.87 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	9,346.14 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	9.0113 kg/m <sup>2</sup>
Metales	6.34 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.0061129 kg/m <sup>2</sup>
Otros	124.99 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.1205 kg/m <sup>2</sup>
<b>Instalaciones</b>	<b>43.13 kg/ 1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>0.0415855 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	10.63 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.01024933 kg/m <sup>2</sup>
Otros	32.50 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.031336 kg/m <sup>2</sup>
<b>Obra Exterior</b>	<b>62.50 kg/ 1,037.14 m<sup>2</sup></b>	<b>0.06026 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	62.50 kg/ 1,037.14 m <sup>2</sup>	0.06026 kg/m <sup>2</sup>

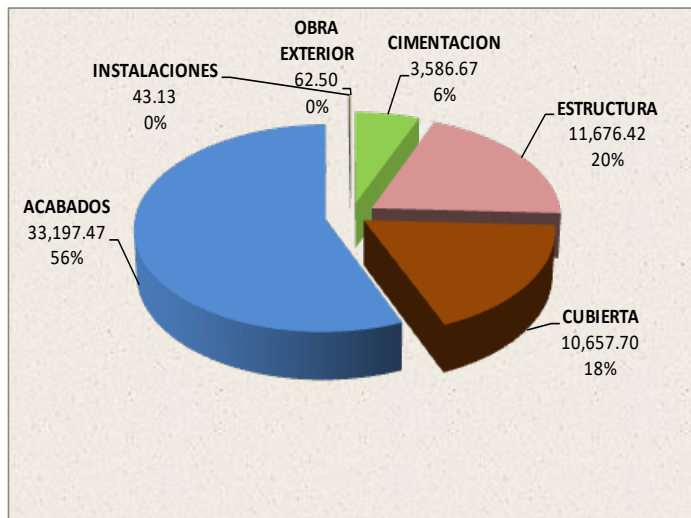
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.20 Índices por etapa y tipo de residuo del Sector Otros**

INDICES POR ETAPA Y TIPO DE RESIDUO DEL SECTOR OTROS							
TIPO DE RCD	CONCRETO, MORTERO	R. BLOCK, VIG, BOV	PISOS	METALES	OTROS	TOTAL	PORCENTAJE
ETAPA	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	( % )
<b>CIMENTACION</b>	1.499	0.127186	0.00	1.790568	0.00	<b>3.416754</b>	<b>6.0377</b>
<b>ESTRUCTURA</b>	4.16035	4.1412	0.008677	2.54	0.407688	<b>11.257915</b>	<b>19.89</b>
<b>CUBIERTA</b>	2.16269	7.2892	0.00	0.36366	0.00	<b>9.81555</b>	<b>17.345</b>
<b>ACABADOS</b>	22.87	0.00	9.0113	0.0061129	0.1205	<b>32.0079</b>	<b>56.55</b>
<b>INSTALACIONES</b>	0.01024933	0.00	0.00	0.00	0.031336	<b>0.0415853</b>	<b>0.07348</b>
<b>OBRA EXTERIOR</b>	0.06026	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.06026</b>	<b>0.106485</b>
<b>TOTALES</b>	<b>30.7625</b>	<b>11.557586</b>	<b>9.019977</b>	<b>4.70</b>	<b>0.559524</b>	<b>56.59</b>	<b>100</b>
(%)	<b>54.36</b>	<b>20.42337</b>	<b>15.939</b>	<b>8.30</b>	<b>0.98873</b>	<b>56.59</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración Propia

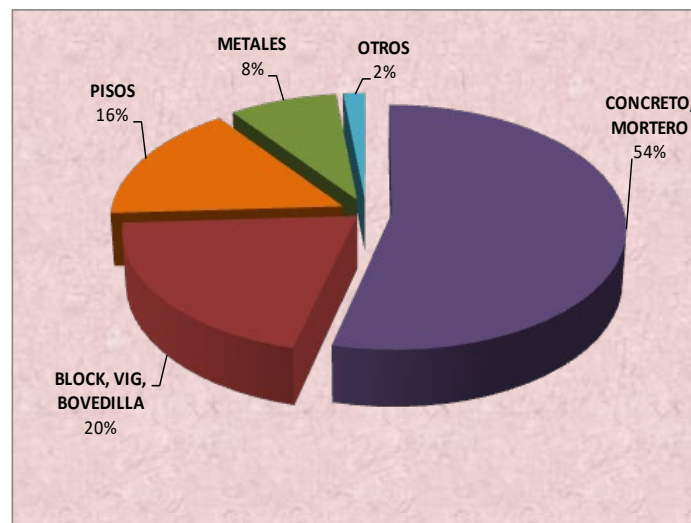
**Residuos por etapa:** En el sector otros se ve reflejado en la Figura 3.10 que la etapa de acabados fue la mayor generadora de RCD con un 56%.



**Figura 3.10 Residuos por etapa del sector otros**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008

**Clasificación:** En el sector otros se muestra que dentro de la clasificación realizada en el apartado 2.5, el concreto y mortero representan el 54% del total de los RCD, seguido por el block y la bovedilla, con un 21%. (Ver Figura 3.11).



**Figura 3.11 Clasificación de los RCD sector otros**

Fuente: Borjas Pelissier, 2008



### 3.3 Programa de generación de residuos de construcción y demolición.

La generación de RCD es muy variable, por lo tanto puede resultar difícil de cuantificar, los motivos principales generalmente son dos: la falta de datos y su vertido incontrolado, hechos que dificultan la obtención de cifras reales de los volúmenes generados en el estado.

La generación de RCD en el estado de Quintana Roo se ha calculado a partir de las proyecciones de población de México y las entidades federativas 1990-2030 del Consejo Nacional de Población (CONAPO) (Ver Figura 3.12), considerando una tasa de generación de 0.0995 Toneladas (99.5 kg) por habitante y año, en la Gráfica de la Pronóstico de Generación de RCD se puede observar que la generación total de RCD refleja un crecimiento sostenido (Ver Figura 3.13). Este pronóstico está elaborado sin tomar en cuenta fenómenos naturales, económicos, sociales o extraordinarios que podrían modificar dicha producción, tomando en cuenta los índices obtenidos en estudios anteriores y que reflejan la cantidad de residuos generados en la entidad.

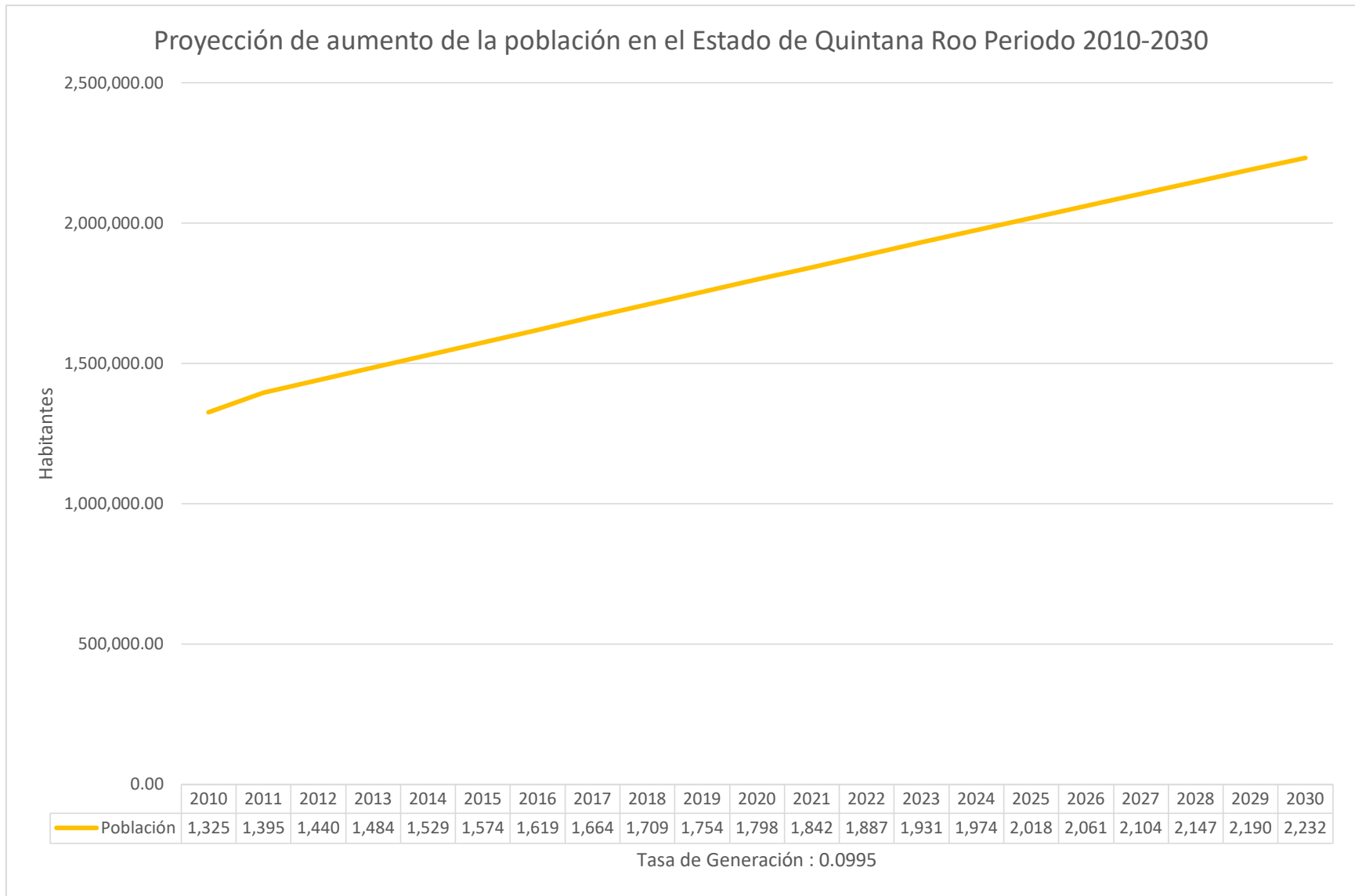
También se muestra un diagrama de flujo de la actual gestión de los RCD (Ver Figura 3.14), en contraste con el diagrama de flujo propuesto en este plan para una mejor gestión (Ver Figura 3.15) Así como un diagrama de aplicación sobre los pasos a seguir para implementación y sobre cuando es más conveniente su implementación (Ver Figura 3.16)

En la Tabla 3.21 se muestran los RCD a los que aplica el presente plan de gestión.

Los formatos de información general sobre la obra y sus características se llenan de acuerdo a los formatos presentados de las Tablas 3.22 a la 3.24

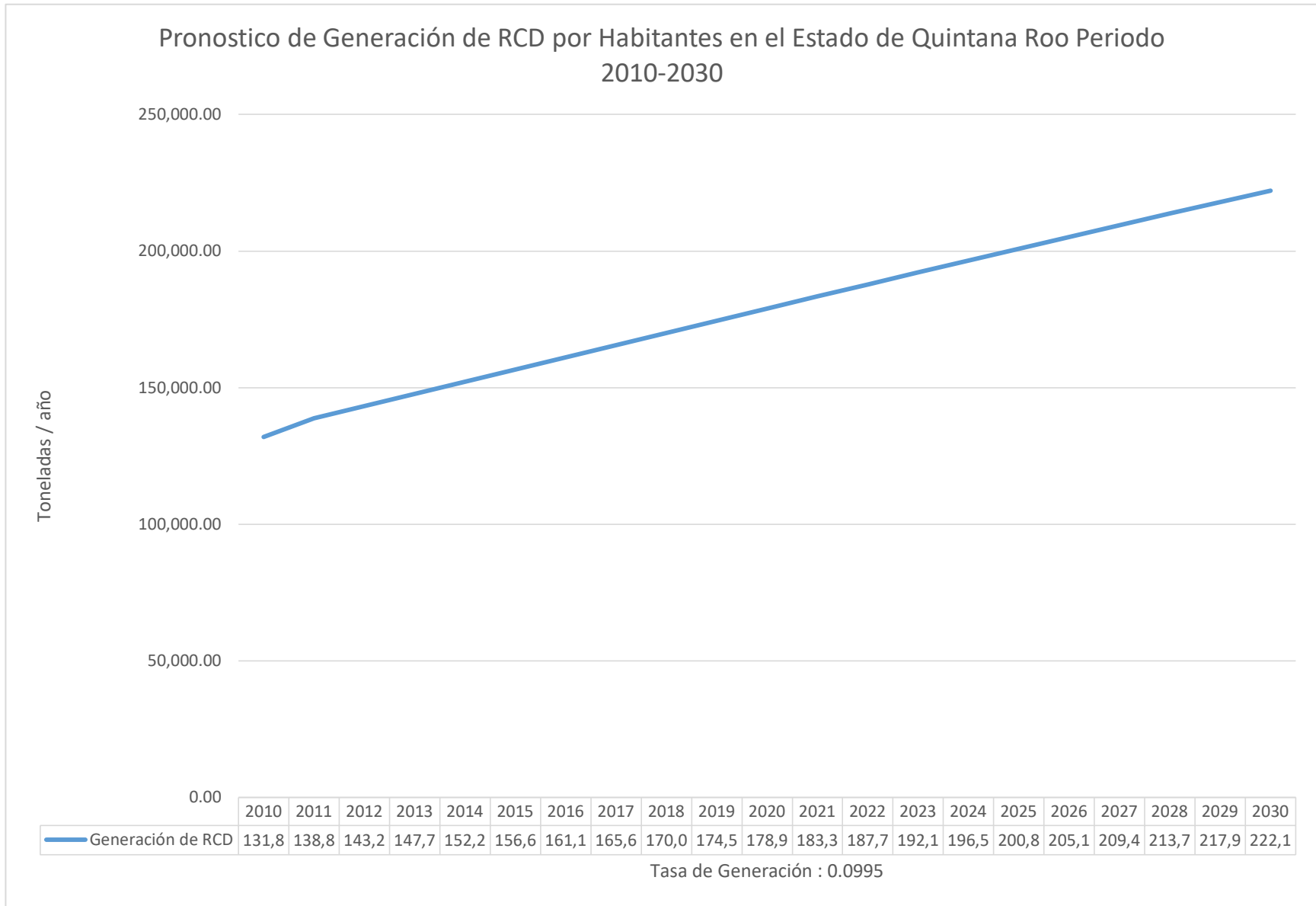
Y la estructura para el programa de generación de RCD en la Tabla 3.25

Por ultimo formatos de Checklist para el control del plan de las Tablas 3.26 a la 3.31



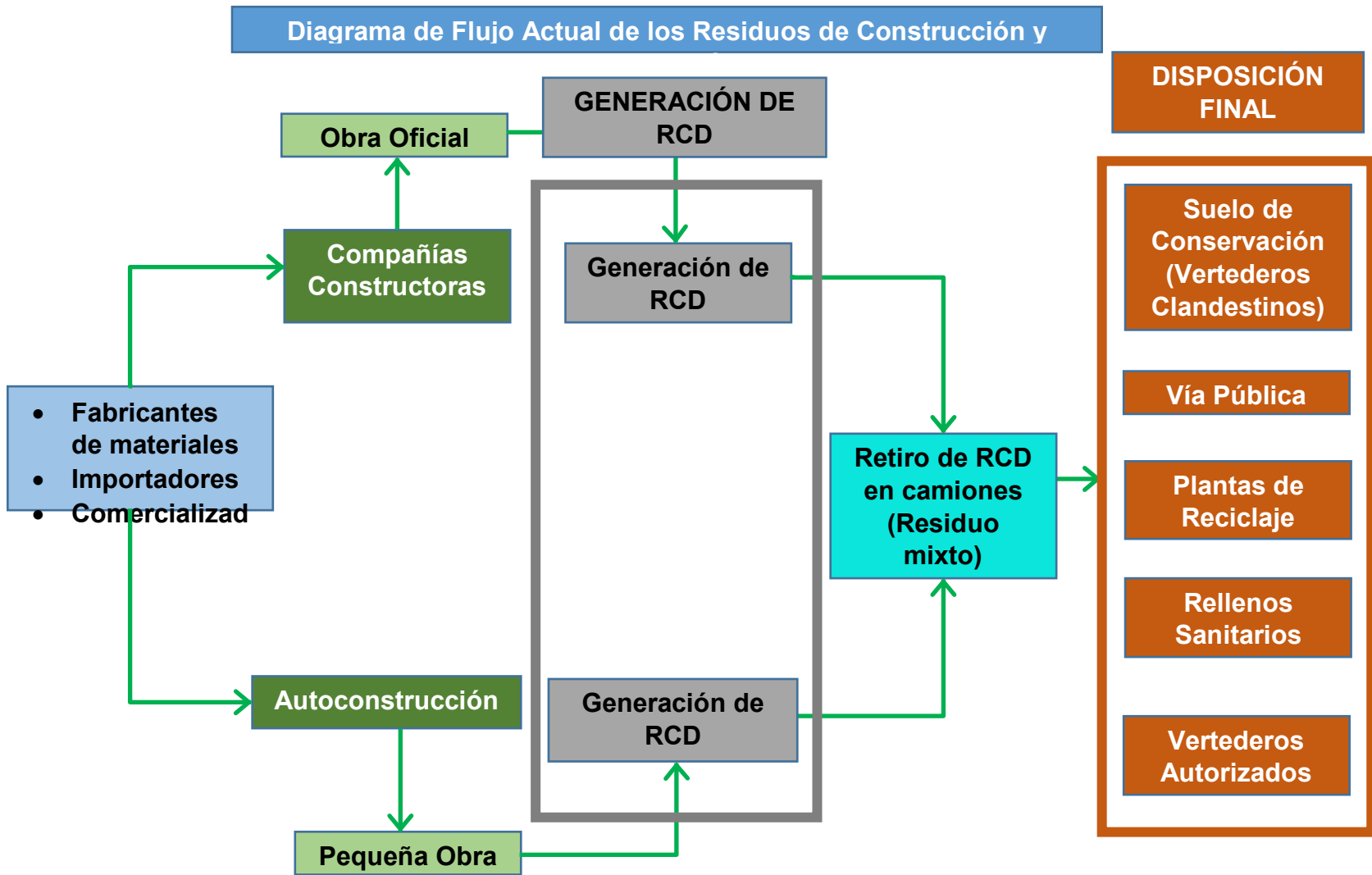
**Figura 3.12 Proyección de aumento poblacional en Q. Roo Periodo 2010-2030**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 3.13 Pronostico de Generación de RCD en Q. Roo Periodo 2010-2030**

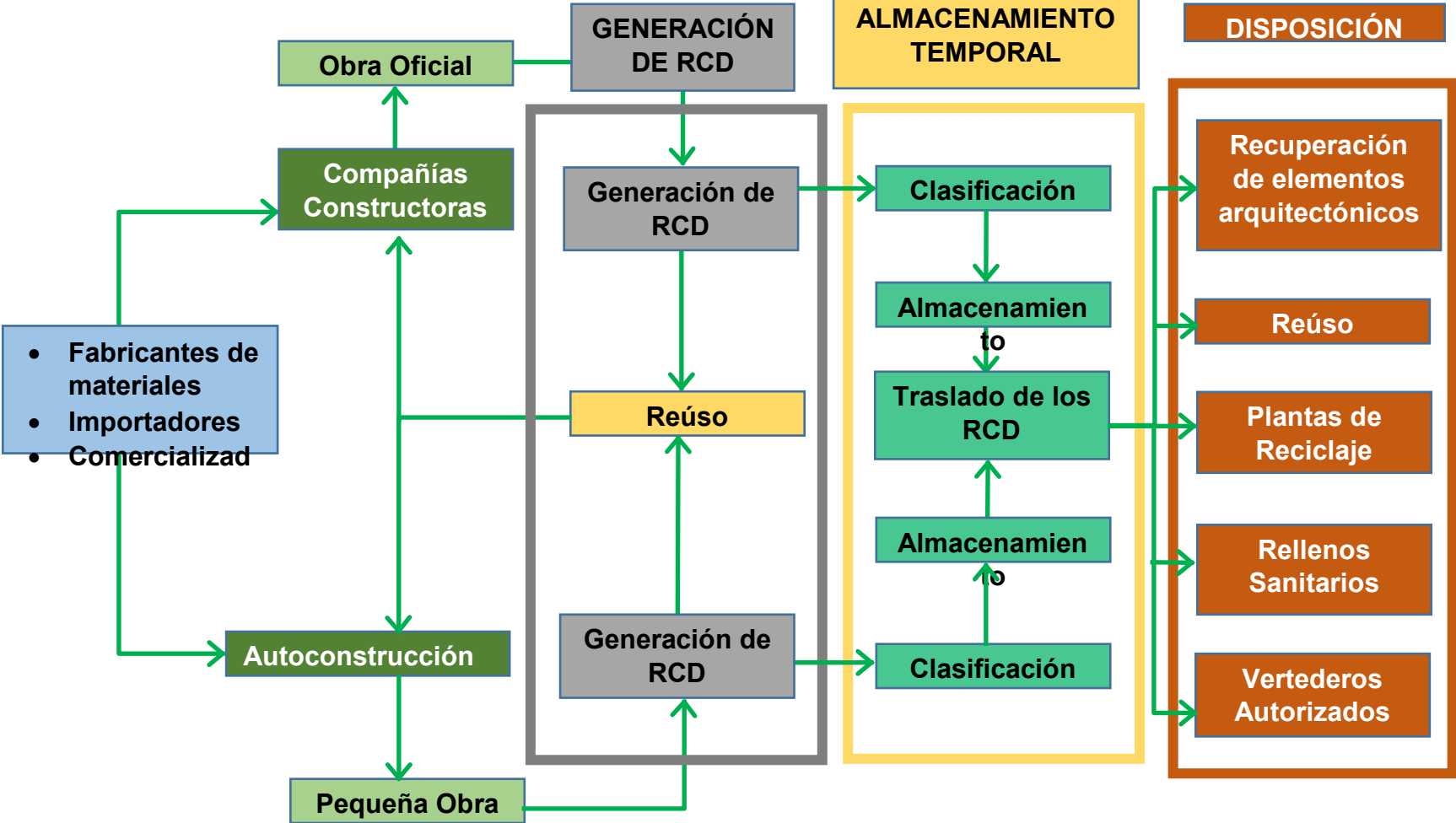
Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.14 Diagrama de Flujo Actual de los RCD**

Fuente: Elaboración propia

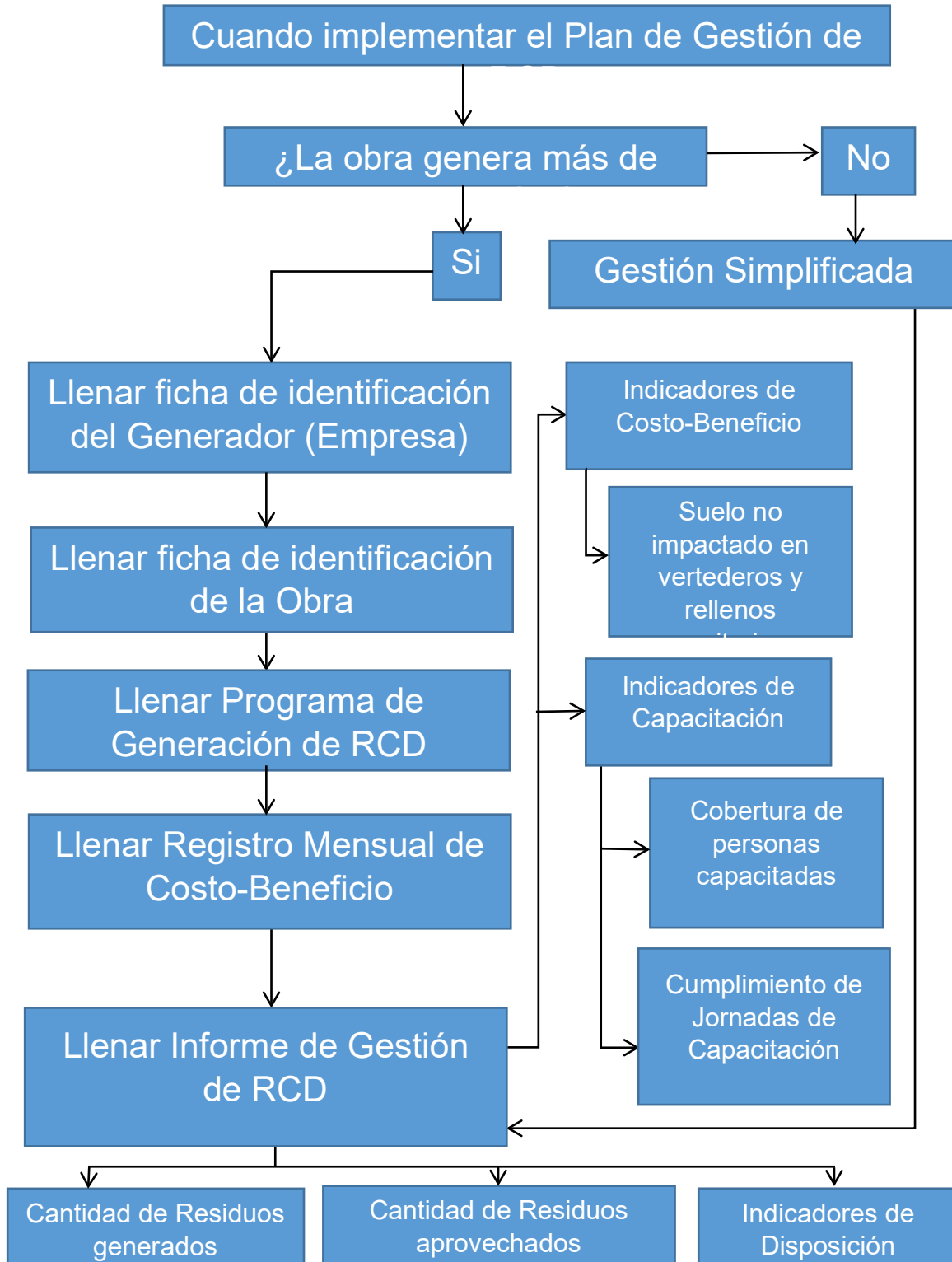
**Diagrama de Flujo Objetivo del Plan de RCD**



**Figura 3.15 Diagrama de Flujo Objetivo del Plan de RCD**

Fuente: Elaboración propia

## Diagrama de Aplicación



**Figura 3.16 Diagrama de Aplicación**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.21 RCD a los que aplica el presente Plan de Gestión**

Concreto, Mortero
Residuo de Block, Vigüeta y Bovedilla
Pisos, Cerámicos, Mosaicos.
Metales
Otros*
*Los residuos peligrosos deberán separarse y gestionarse de acuerdo con su naturaleza.

Fuente: Elaboración Propia





**Tabla 3.23 Ficha de identificación del Generador y Características de obra**

<b>20. Croquis de Localización</b>	

**III. Características de la Obra**

21. Fecha de Inicio de la	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">DIA</td> <td style="width: 33%;">MES</td> <td style="width: 33%;">AÑO</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DIA	MES	AÑO				Obra				
DIA	MES	AÑO										
22. Duración estimada de	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 80%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;">MESES</td> </tr> </table>		MESES	la Obra								
	MESES											
23. Tipo de Obra	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%;">EDUCACIÓN</td> <td style="width: 20%;">VIVIENDA</td> <td style="width: 20%;">TURISMO</td> <td style="width: 20%;">SALUD</td> <td style="width: 20%;">OTROS</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	EDUCACIÓN	VIVIENDA	TURISMO	SALUD	OTROS						(Sector)
EDUCACIÓN	VIVIENDA	TURISMO	SALUD	OTROS								
24. M <sup>2</sup> de Construcción												
25. Índice de Generación de Residuos de acuerdo al Tipo de Obra												
26. Total de Residuos de Construcción o Demolición Estimado												

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.24 Instructivo de Llenado de la Ficha de identificación del generador**

<b>IV. Instructivo de llenado</b>
<p><b>Generalidades:</b> Este formato aplica a las empresas constructoras, dependencias de gobierno del estado de Quintana Roo, contratistas y cualquier otra persona moral o física involucrada en actividades relacionadas con la construcción; se recomienda su aplicación a obras de construcción civil que generen más de 7m<sup>3</sup> de residuos en total. Debe ser llenado por el responsable de la implementación de la Gestión Integral de los Residuos de Construcción y Demolición.</p> <p>El representante legal o responsable de la implementación de la Gestión Integral de los Residuos de Construcción y Demolición debe informar de manera autógrafa la ficha de Identificación del Generador.</p>
<p><b>Instrucciones de llenado</b></p> <p><b>Anotar en el lugar especificado para ello:</b></p> <p><b>1.1 Registro Ambiental Único:</b> Registro de inscripción anual al padrón de asesores y/o gestores de trámites para la Elaboración de Planes de Manejo de Residuos ante la Secretaria de Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.</p> <p><b>2. Nombre o Razón Social de la Empresa:</b> Tal y como aparece en la escritura pública de la persona moral o física que llena este formato.</p> <p><b>3. Representante Legal:</b> De a la empresa, negocio o comercio.</p> <p><b>4. RFC:</b> El Registro Federal de Contribuyentes con homoclave asignado por el Servicio de Administración Tributaria (SAT) a la persona moral o física.</p> <p><b>5. Domicilio de la Empresa:</b> Anotar en el lugar especificado para ello los datos del domicilio fiscal registrado ante el SAT.</p> <p><b>6. Código Postal</b></p> <p><b>7. Municipio</b></p> <p><b>8. Ciudad</b></p> <p><b>9. Entidad Federativa</b></p> <p><b>10. Teléfono de la Empresa:</b> Número telefónico con 12 dígitos para la República Mexicana.</p> <p><b>11. Email de la Empresa:</b> Designado para recibir notificaciones.</p> <p><b>12. Residente de Obra:</b> Representante Técnico del Ejecutor de la obra.</p> <p><b>13. Responsable del Plan de Gestión de RCD:</b> Encargado de Implementar en la obra de construcción el procedimiento de manejo integral de residuos de construcción y demolición.</p> <p><b>14. Calle y Número de la Obra</b></p>

**15. Colonia**

**16. Ciudad**

**17. Municipio**

**18. Código Postal**

**19. Entidad Federativa**

**20. Croquis de Localización:** de las calles, avenidas principales y aledaños para llegar al sitio de obra.

**21. Fecha de Inicio de la Obra:** La fecha en que la empresa, persona moral o física inicio actividades o tiene programado iniciar actividades en el formato de día, mes y año (dd/mm/aaaa)

**22. Duración estimada de la Obra:** La duración estimada de las obras o actividades en que la empresa, persona moral o física tiene programado terminar sus actividades en el formato de meses.

**23. Tipo de Obra (Sector):** Sector de la construcción al que pertenece la obra, (Educación, Vivienda, Turismo, Salud, Otros)

**24. M2 de Construcción:** Superficie de construcción total.

**25. Índice de Generación de Residuos de acuerdo al Tipo de Obra:** Índice obtenido del análisis de los volúmenes de residuos generados por cada sector, etapa y tipo de residuo de la construcción expresado en Kg/m<sup>2</sup>.

**26. Total de Residuos de Construcción ó Demolición:** Total de residuos programados en general en Kg.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.25 Estimación de la Cantidad de Residuos Generados**

<b>Estimación de la Cantidad de Residuos Generados, expresada en Toneladas y Metros Cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generaran en la obra por Etapa y Tipo de Residuo.</b>				
<b>Etapa y Tipo de Residuo</b>	<b>M2 de Construcción</b>	<b>Índice de Generación</b>	<b>Residuos generados en KG</b>	<b>Residuos generados en TON</b>
<b>Cimentación</b>				
Concreto, Mortero				
R. Block, Vigueta, Bovedilla				
Metales				
<b>Estructura</b>				
Concreto, Mortero				
R. Block, Vigueta, Bovedilla				
Metales				
Otros				
<b>Cubierta</b>				
Concreto, Mortero				
R. Block, Vigueta, Bovedilla				
Metales				
Otros				
<b>Acabados</b>				
Concreto, Mortero				
Pisos				
Otros				
<b>Instalaciones</b>				
Concreto, Mortero				
<b>Obra Exterior</b>				
Concreto, Mortero				
<b>TOTAL ESTIMADO</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.26 Residuos procedentes de la excavación de la obra**

Residuos procedentes de la excavación de la obra	M3 de excavación	Toneladas de residuo
Tierras y pétreos		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.27 Resumen de estimación de RCD por su tipo de clasificación**

TABLA DE RESUMEN DE ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN POR SU TIPO DE CLASIFICACIÓN		
TIPO DE CLASIFICACIÓN	TOTAL ESTIMADO EN KG	TOTAL ESTIMADO EN TONELADAS
Concreto, Mortero		
R. Block, Vigueta, Bovedilla		
Pisos		
Metales		
Otros		
<b>TOTAL ESTIMADO</b>		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.28 Medidas para la prevención de RCD en obra.**

Instrucciones: Indicar con una "x" en el recuadro si se cumplen las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.	
	Separación en origen de los residuos peligrosos contenidos en los RCD
	Reducción de envases y empaques en los materiales de construcción
	Aligeramiento de los envases
	Envases plegables: cajas de cartón, botellas...
	Optimización de la carga de la carga en tarimas
	Utilización de materiales con mayor vida útil
	Habilitación de zona de almacenaje de productos sobrantes reutilizables

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.29 Checklist de Reutilización, valoración o eliminación de RCD**

Instrucciones: Indicar con una “x” en el recuadro si se cumplen las operaciones de Reutilización, valoración o eliminación a las que se destinarán los residuos generados en obra.	
Reutilización	
	No se prevé operación de reutilización alguna
	Reutilización de tierras procedentes de la excavación
	Reutilización de residuos pétreos en agregados reciclados o en urbanización
	Reutilización de materiales cerámicos
	Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio,...
	Reutilización de materiales metálicos
	Otros (indicar):
Valoración	
	No se prevé operación alguna de valoración "in situ"
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado y recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
	Otros (indicar)
Disposición Final	
	Deposito en vertederos de residuos inertes
	Deposito en vertederos de residuos no peligrosos
	Deposito en vertederos de residuos peligrosos
	Otros (indicar)

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.30 Checklist de Medidas de segregación y Planos**

<b>Instrucciones: Indicar con una “x” en el recuadro si se cumplen las medidas de segregación "in situ" previstas (clasificación/selección)</b>	
	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
	Derribo separativo/ Segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plasticos+cartón+envases, orgánicos, peligrosos)
	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva “todo mezclado”, y posterior tratamiento en planta
<b>Instrucciones: Indicar con una “x” en el recuadro si se cuenta con planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en la obra, planos que posteriormente podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, siempre con el acuerdo del Director o supervisor de la obra.</b>	
<b>Planos donde se especifique la situación de:</b>	
	Bajantes de escombros.
	Acopios y/o contenedores de los distintos tipos de RCDs (Concreto/Mortero, Residuo de Block, Vigueta y Bovedilla, Pisos, Metales, Otros.....)
	Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos
	Contenedores para residuos sólidos urbanos
	Ubicación de planta móvil de reciclaje “in situ”
	Ubicación de materiales reutilizables como agregados, materiales cerámicos, tierras, maderas etc.
	Otros (indicar)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.31 Checklist de prescripciones técnicas en el proyecto**

<b>Instrucciones: Indicar con una “x” en el recuadro si se incluyen las prescripciones técnicas en el proyecto, con relación al almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.</b>	
	Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apuntalamientos, estructuras auxiliares, etc. para las partes o elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes.
	Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminantes y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles, etc.). Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpintería, y demás elementos que lo permitan. Por último, se procederá derribando el resto.
	El depósito temporal de los escombros, se realizará en sacos industriales iguales o inferiores a 1 metro cúbico, contenedores metálicos específicos. Dicho almacenamiento temporal, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.
	El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, chatarra...), que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
	Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro. En los mismos debe figurar la siguiente información: razón social, teléfono del titular del contenedor/envase, y el número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos, del titular del contenedor. Dicha información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales u otros elementos de contención, a través de adhesivos, placas,
	El responsable de la obra adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras a la que prestan servicio.
	En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.
	Se asegura en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) son centros con la autorizados, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados, e inscritos en los registros correspondientes. Asimismo se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.
	Los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases, lodos de fosas sépticas...), serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipales



	Las tierras superficiales que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible, en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación, y la contaminación con otros materiales.
--	--

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Programa de depósito, almacenamiento temporal y traslado de RCD.

Una vez que se ha estimado la cantidad de Residuos de Construcción y Demolición que se generaran a lo largo de la obra, desde el inicio hasta el final y se tiene una clasificación de estos de acuerdo a su Etapa (Cimentación, Estructura, Cubierta, Acabados, Instalaciones, Obra Exterior) y su tipo de clasificación (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta/Bovedilla, Pisos, Metales y Otros.) se debe contemplar un área del almacenamiento temporal clasificándolos de acuerdo a su tipo; en general se debe buscar disminuir el tiempo que los residuos permanecen en el sitio de obra; el objetivo de este programa es contemplar en base al programa de generación de residuos la cantidad, dimensiones y características de los contenedores para cada uno de los residuos en que se clasifican y la frecuencia con que se recomienda el traslado de los mismo para evitar un exceso de acumulación que entorpezca el ritmo de construcción de la obra, de tal manera que se pueda programar su traslado a un lugar adecuado y contemplar el papel de los involucrados en el Plan (Ver Tabla 3.32)

Este programa busca racionalizar y optimizar la gestión de los RCD para minimizar la producción y mejorar la valorización a través de las siguientes medidas:

1. Determinar el espacio para el almacenamiento de los RCD estimados en base al volumen y frecuencia de traslado de residuos, proyectado en Toneladas y M<sup>3</sup>.
2. Evaluar la separación o recolección selectiva de residuos estimados en el Programa de generación de residuos. (Ver Figura 3.17 y 3.18)
3. Contemplar la gestión externa de los residuos a través de plantas de reciclaje, centros de acopio o puntos verdes.

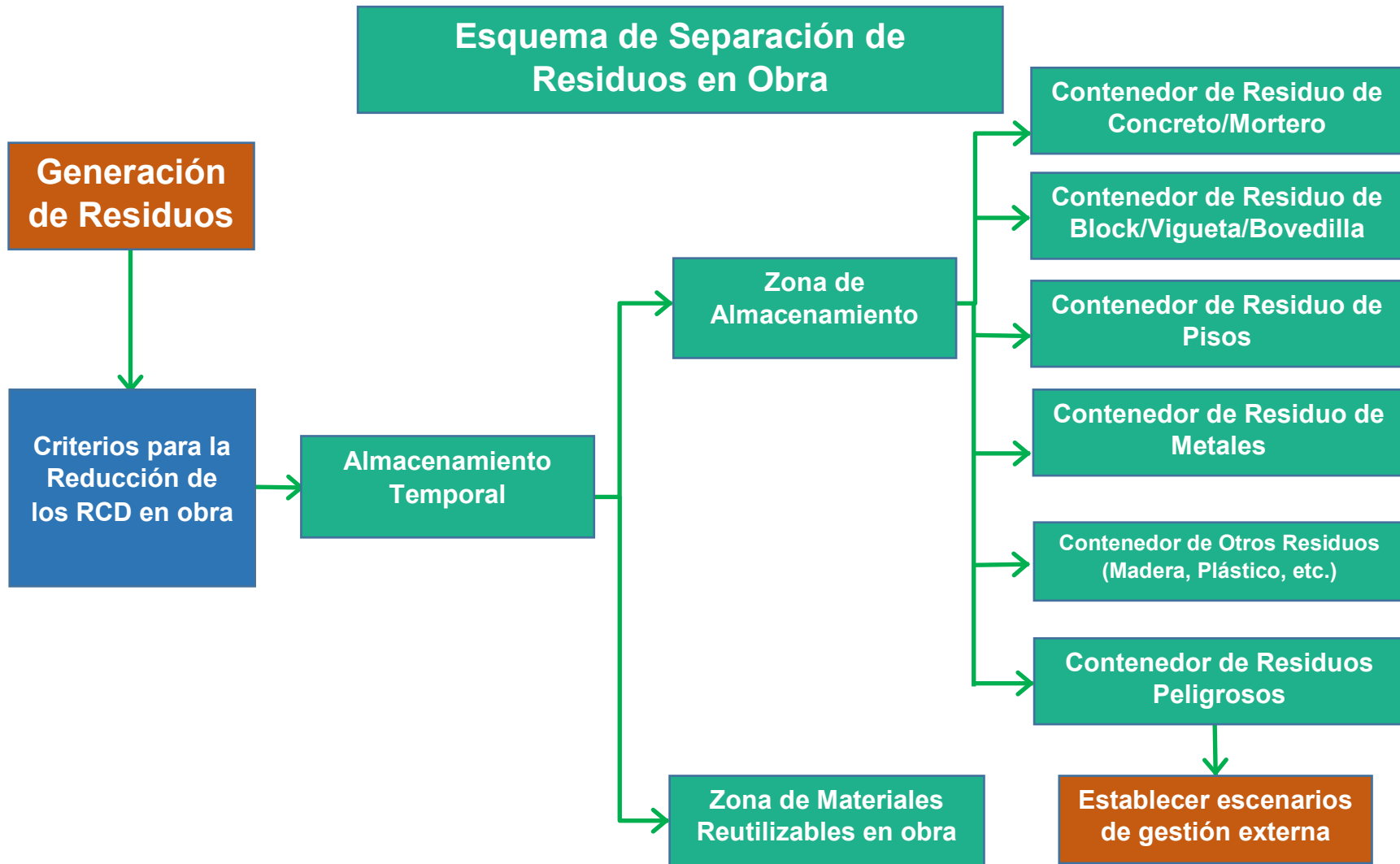
4. Dibujos, Planos o Croquis de los espacios, instalaciones o procedimientos provistos para el almacenamiento temporal en el sitio de la obra.
5. Especificaciones técnicas del almacenamiento y tratamiento de los residuos (características de contenedores, equipo y herramientas para su manejo y transporte).
6. Estimar el costo de la implementación del plan de almacenamiento temporal.
7. Elaborar un reporte de gestión de residuos con información referente al almacenamiento temporal con los siguientes datos:
  - a. Destino de los residuos: Disposición en vertederos controlados, Plantas de reciclaje, Reutilización en el mismo sitio de obra.
  - b. Localización de los vertederos autorizados más cercanos.
  - c. En obras de Demolición información sobre las características de la construcción, tipo de sistema constructivo, materiales empleados, elementos constructivos que pueden ser reciclados/recuperados.
  - d. En obras de Demolición tener un registro sobre los residuos peligrosos que pueden ser generados especificando la separación selectiva y evitando el contacto de residuos peligrosos con otros materiales.
  - e. Tipo de transporte destinado para el traslado de los RCD, capacidad y frecuencia.

**Tabla 3.32 Involucrados en la construcción y su papel en la gestión de RCD**

<b>Involucrados en la construcción y su papel en la gestión de RCD</b>		
<b>Involucrado</b>	<b>Motivo</b>	<b>Factor de influencia</b>
Desarrollador Inmobiliario	Legislación Ambiental, Economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación y financiación del plan de gestión de RCD</li> <li>• Supervisión de trabajos</li> <li>• Selección de zonas de almacenamiento</li> </ul>
Contratista	Legislación Ambiental, Economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación y seguimiento del plan de gestión de RCD</li> <li>• Supervisión de trabajadores de obra</li> <li>• Selección de zonas de almacenamiento</li> </ul>
Dueño de la construcción	Legislación Ambiental, Economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiación del plan de gestión de RCD</li> <li>• Supervisión de trabajos</li> <li>• Selección de zonas de almacenamiento</li> </ul>

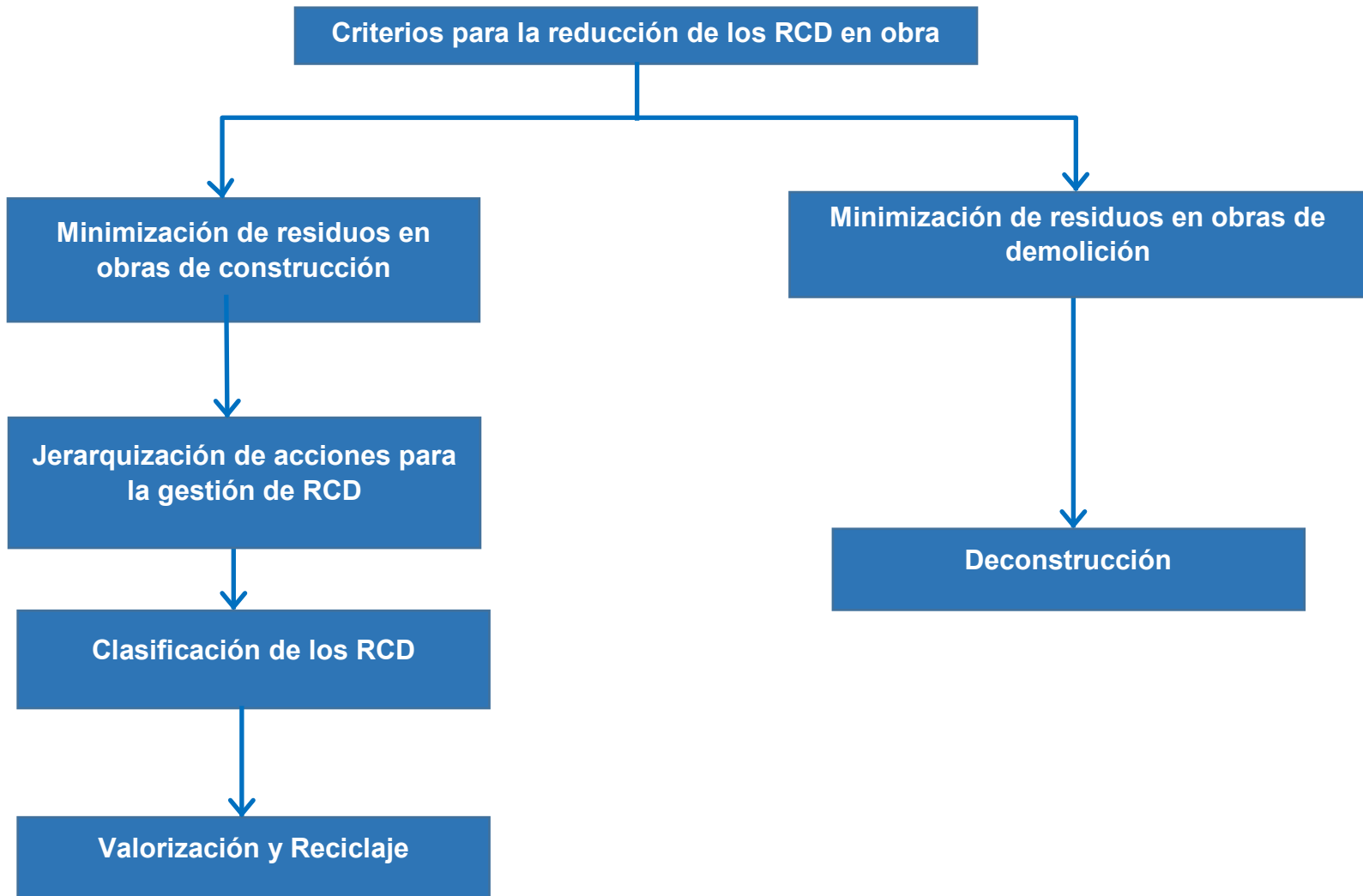
Trabajadores de obra	Eficiencia en obra, seguridad e higiene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación y seguimiento del plan de RCD</li> <li>• Sistema de recolección y almacenamiento temporal.</li> </ul>
Empresas de tratamiento de residuos	Negocio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acopio de residuos para su reciclaje</li> </ul>
Autoridades	Legislación Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otorgamiento de permisos, supervisión de obra y sanciones.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.17 Esquema de Separación de Residuos en Obra**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.18 Esquema de Separación de Residuos en Obra**

Fuente: Elaboración propia

## Jerarquización de Acciones para la gestión de RCD

Es necesario definir una jerarquía de prioridades que ordene de modo decreciente el interés de las acciones posibles (Fig. 3.19)



**Figura 3.19 Jerarquización de acciones para la gestión de los RCD**  
Fuente: Elaboración Propia

- **Reducir:** es una acción de prevención, que trae aparejadas como ventajas principales la disminución de los gastos de gestión y el ahorro en materia prima, por lo que el balance medioambiental global es beneficioso. Se consiguen, además, otras ventajas adicionales: el consumo de energía por transporte se reduce, los costos por disposición final son menores (cuando se paga una tasa de vertido), se generan menos impactos ambientales ocasionados por el transporte y la gestión en general. Esta premisa comienza por la incorporación de esta exigencia desde el proyecto mismo. Todos los que intervienen en el proyecto deben buscar soluciones ingeniosas de manera de reducir la cantidad de materiales y, en consecuencia, los residuos. (Ver Figura 3.20)

Entre las acciones posibles se mencionan: el diseño de secciones mecánicamente más eficaces, la utilización de placas delgadas y ligeras y la disminución de la cantidad de medios auxiliares (andamios, encofrados, Maquinarias). Existen actualmente en la industria de la construcción varias tecnologías alternativas en lo que a producción de residuos se refiere, tales como la construcción con elementos prefabricados de hormigón, estructuras metálicas prefabricadas, tabiques divisorios con paneles de yeso, entre otros.

- **Reutilizar:** es una actividad que involucra la re-aplicación de un material de modo que mantiene su forma e identidad original. Es decir, la recuperación de elementos constructivos completos y el reuso con las mínimas transformaciones posibles. Por lo tanto, también conduce a la reducción de los residuos. La reutilización importa ventajas medioambientales y económicas. Los elementos constructivos que pueden ser regenerados o reutilizados directamente, tienen un valor económico más alto que considerados como simples residuos.

Durante el proceso de construcción se generan algunos residuos reutilizables procedentes de los materiales y otros de los materiales auxiliares, tales como encofrados de madera y metálicos, andamios o sistemas de protección y seguridad.

Los embalajes y envases pueden reutilizarse, en especial los grandes contenedores y silos, que son recargables tantas veces como sea necesario, y los pallets que a veces necesitan ser reparados para nuevos usos.

- **Reciclar:** es la operación que incorpora los residuos en un proceso en el que el material residual requerirá ser tratado, y luego sometido a un proceso de elaboración junto con otros insumos. Es una de las estrategias de gestión de los residuos sólidos en general, y en particular de los RCD, igual de útil que el vertido, pero ambientalmente preferible.

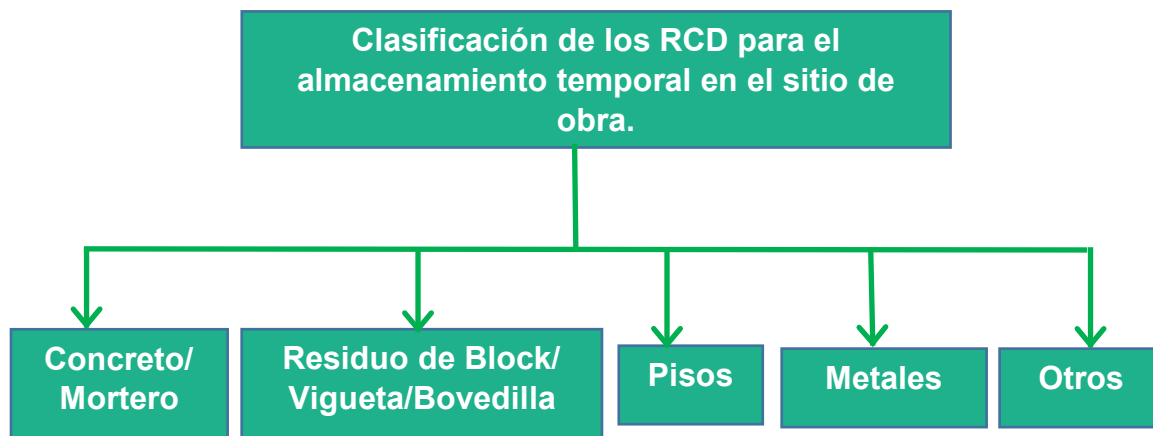
La naturaleza de los materiales que componen los RCD determina cuáles son reciclables y su utilidad potencial. Los residuos pétreos, hormigones y block principalmente, pueden ser reintroducidos en las obras como material

de relleno, una vez que hayan sido sometidos a un proceso de trituración y cribado.

Estos residuos pueden ser aprovechados en la medida en que se le otorguen alternativas de uso y se les proporcione un manejo adecuado, no solo desde el momento en que se generan sino también en su destino. Las fracciones de RCD susceptibles de ser recicladas son principalmente: vidrio, papel, madera, metales y concreto.

- **Disposición final:** finalmente, y después de agotar las alternativas descritas, los residuos sobrantes deben ir a un vertedero controlado, según su naturaleza, en depósitos de inertes, de residuos no especiales y de residuos peligrosos, si es inerte, se puede disponer en un vertedero controlado que al menos no altere el paisaje; si es “no especial”, se puede disponer en vertederos de residuos sólidos municipal ; si es especial, ha de ser depositado en vertederos específicos para residuos peligrosos, y en algunos casos sometidos a tratamiento a fin de que no representen una amenaza para el medio ambiente.

Evidentemente que para que sea factible cumplir con la mencionada jerarquización de actuaciones deben darse ciertas condiciones técnicas, económicas y legales que las apoyen.



**Figura 3.20** Clasificación de los RCD para almacenamiento temporal en el sitio

Fuente: Elaboración propia



Durante la clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición es importante a su vez la aplicación de las recomendaciones del principio de jerarquía que se compone por la regla de las **3 R = Reducir + Reutilizar + Reciclar**, sin embargo este principio solo es viable si se realiza una separación y recogida selectiva, las ventajas de llevar a cabo estas recomendaciones son:

- Mediante la clasificación se reduce el volumen aparente de los residuos generados al disminuir los espacios huecos del contenedor.
- Se contribuye a dar una imagen de orden y de control general en la obra.
- Mediante la clasificación se evita que un residuo peligroso contamine a otro.

Para fomentar el reciclado o re-utilización de los materiales en el sitio de obra estos tienen que estar debidamente clasificados y lo menos contaminados posible evitando que se mezclen, pues tienen propiedades físicas y químicas diferentes.

En general podemos agrupar los 5 tipos de residuos de construcción y demolición en 3 tipos de acuerdo a su composición:

- **Residuos inertes.** Aquellos que no presentan ningún riesgo de polución de las aguas y de los suelos y que, en general, podríamos asimilar a los materiales pétreos.
- **Residuos no peligrosos.** Son los que por su naturaleza pueden ser tratados o almacenados en las mismas instalaciones que los residuos domésticos.
- **Residuos peligrosos.** Los formados por materiales que tienen determinadas características perjudiciales para la salud o el medio ambiente.

En la Tabla 3.33 se agrupa en estos tres tipos los residuos más habituales de las obras de construcción.

**Tabla 3.33 RCD más habituales en las obras de construcción**

Residuos inertes	Residuos No Peligrosos	Residuos Peligrosos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto</li> <li>• Mortero</li> <li>• Residuo de Block</li> <li>• Residuo de Vigueta</li> <li>• Residuo de Bovedilla</li> <li>• Pisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales (Armaduras y perfiles de acero)</li> <li>• Madera</li> <li>• Papel y Cartón</li> <li>• Plástico</li> <li>• Tabla-roca (Yeso)</li> <li>• Vidrios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envases y restos de aceites, lubricantes, combustibles</li> <li>• Desencofrantes</li> <li>• Anticongelantes y líquidos para el curado del hormigón</li> <li>• Adhesivos</li> <li>• Aerosoles y agentes espumantes</li> <li>• Chapopotes</li> <li>• Disolventes</li> <li>• Detergentes</li> <li>• Madera tratada con productos tóxicos.</li> <li>• Pinturas y barnices</li> <li>• Silicona y otros productos de sellado</li> <li>• Tubos fluorescentes</li> <li>• Pilas y baterías</li> <li>• Trapos y brochas contaminados otros materiales peligrosos</li> <li>• Restos que contengan fibras de amianto (Asbestos).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

El almacenamiento temporal de los residuos se debe realizar basándose en el principio de aseguramiento de las condiciones de protección ambiental y de la salud humana.

El almacenamiento puede realizarse en contenedores para este fin, las características de los mismos dependerán del tipo de material. Para facilitar la clasificación y almacenamiento de todos los materiales generados en la etapa de construcción se puede disponer de contenedores o cajones de fácil manipulación.

Los cajones deben fabricarse de acuerdo con el tamaño del material que se vaya a disponer en ellos.

Para manejo de escombros y áridos, se pueden utilizar contenedores de 5 a 6m<sup>3</sup>. Estos requieren equipo especializado para su carga y transporte; la carga se puede hacer manual, mediante palas mecánicas pequeñas, o el uso de montacargas.

Por lo general, serán necesarios como mínimo los siguientes elementos de almacenamiento:

- Una zona específica para materiales reutilizables
- Un contenedor para residuos de Concreto/mortero
- Un contenedor para residuos de Block/Vigueta/Bovedilla
- Un contenedor para Pisos
- Un contenedor para Metales
- Un contenedor y compactador para otros residuos (Madera, Papel, Cartón, Plástico, Tabla-roca, Vidrio)
- Un contenedor para materiales potencialmente peligrosos (Ver Tabla 40)

La clasificación en distintos contenedores para otros residuos se realizará en función de las posibilidades de reciclaje y si existe demanda de los mismos. Es decir, la proximidad de recicladores para plásticos, metales, papel y madera.

También, desde el punto de vista de economía en el transporte, puede ser ventajosa la selección de residuos de diferente naturaleza.

Por ejemplo, por la reducción del volumen que ocupan: residuos pétreos mezclados con tablas o paneles dejan huecos que desaprovechan el contenedor y se “transporta aire”.

La disposición y cantidad de contenedores dependerá del volumen producido en obra y las zonas de almacenamiento pueden ser más de una. Serán útiles en esta fase del plan los volúmenes obtenidos en el programa de generación de residuos de construcción y demolición.

La recogida en obra se encuentra en gran parte condicionada por la relación “superficie ocupada por la obra/superficie del terreno”, dependiendo de esta relación

el espacio disponible para el almacenamiento de los residuos y, por lo tanto, la frecuencia de recolección.

Además, mientras mayor sea el coeficiente de ocupación, menor será la posibilidad de selección en origen. Esto obliga a pensar que cuanto mayor sea el factor de ocupación, más eficaz debe ser el manejo de los residuos hacia los puntos de retiro de los materiales.

Además, cabe la posibilidad de que no se realice la segregación de los distintos materiales que componen los residuos, por motivos de mercado o económicos. Esto es, dependerá de las posibilidades de reciclaje de los materiales y de los costos de disposición en vertedero.

### **Calculo de costos de Gestión de RCD**

Los costos finales de gestión se podrán determinar a partir de los costos individuales del alquiler o compra de contenedores, transporte de los residuos, y personal operativo. Este costo se debe determinar por etapas y en su conjunto.

La gestión de los residuos tiene un costo económico que resulta de sumar los costos de recogida en obra, separación selectiva, más los costos de gestión por valorización, más los derivados de la disposición final (transporte y vertido).

La redacción del Plan de Gestión de RCD puede ser complementada con una hoja de cálculo en Excel que facilite su aplicación.

La construcción es una industria muy preocupada por la reducción de los costos de producción. Es por eso que solamente empezará a preocuparse seriamente por solucionar el problema de los RCD que genera cuando se conozcan en forma fehaciente los costos de no minimizar los residuos o de gestionarlos de una forma irracional. Los valores de dichos costos se obtendrán luego de elaborar y aplicar el Plan de Gestión Interna.

## **Recomendaciones al manejo de RCD a pie de obra**

Las recomendaciones propuestas para el manejo a pie de obra consideran la aplicación de criterios de minimización y el almacenaje en contenedores para los RCD.

### **Aplicación de criterios de minimización**

A fin de reducir residuos en cantidad y toxicidad, se proponen los siguientes criterios:

- Fomentar mediante reuniones informativas periódicas con el personal de la obra el interés por reducir los recursos utilizados y el volumen de los residuos generados.
- Aplicar en la obra las operaciones de reutilización que se hubieren previsto en fase de proyecto.
- Incrementar, en lo posible, el número de veces que se utilizan los medios auxiliares, tales como encofrados y moldes.
- Establecer una zona protegida de acopio de materiales, a resguardo de acciones que puedan dañarlos.
- Supervisar el movimiento de los residuos, de forma que no queden restos incontrolados.
- Controlar la ejecución de la obra según planos y proyecto, pues los errores de obra generan residuos imprevistos por su demolición y nueva ejecución.

### **Elementos de Protección personal para el manejo de los RCD**

- Guantes de trabajo
- Protección de ojos y boca con gafas de policarbonato y cubre-bocas
- Botas de trabajo con suela de caucho antideslizante

### **Valorización y Reciclaje de los productos mixtos de construcción.**

En el presente apartado se describen los procesos de reciclaje de la fracción no pétreo, susceptible de valoración: madera, metales, plástico, vidrio y papel.

En la Tabla 3.34 se recogen las posibilidades de reutilización para los productos mixtos de construcción.

**Tabla 3.34 Posibilidades de utilización para los RCD.**

Posibilidades de utilización para los RCD.	
Tipo de Residuo	Posibilidades
Tierra de excavación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilizar como relleno en la misma obra</li> </ul>
Concreto, Mortero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclar como agregado grueso</li> </ul>
Block, Vigueta, Bovedilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilizar como relleno en la misma obra</li> </ul>
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácilmente reciclable o bien reutilizable en su forma original, en función del uso al que ha sido sometido y su condición.</li> <li>• Proceso de trituración para la fabricación de tablero aglomerado.</li> <li>• Guarniciones</li> <li>• Barreras de Seguridad</li> <li>• Paneles</li> <li>• Laminación para piso de duela</li> </ul>
Metales (Acero o Aluminio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición para su reintroducción al ciclo productivo como materia prima.</li> </ul>
Plástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclado mecánico para botellas y objetos huecos</li> <li>• Reciclado químico para bolsas y plásticos heterogéneos</li> </ul>
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo mezclado con materia prima en la fabricación de nuevos envases.</li> <li>• Otras aplicaciones: árido para hormigón flexible y rígido, drenajes, fibra de vidrio, losetas, recipientes, material abrasivo, etc.</li> </ul>
Papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel para impresión</li> <li>• Papel prensa</li> <li>• Papel sanitario</li> <li>• Papeles para envases.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## **La De-construcción como una alternativa a largo Plazo para la disminución de Demolición.**

La deconstrucción es el conjunto de operaciones coordinadas que permiten un alto nivel de recuperación y aprovechamiento de los residuos, para reincorporarlos de nuevo al proceso económico. Como deconstrucción conoceremos la incorporación de manera coordinada de las operaciones de desmantelado y recolección selectiva de materiales en el proceso de demolición de una estructura. En tal caso, ya no se trata de un derribo más, sino del desmantelamiento ordenado de elementos. Es por lo tanto una alternativa al derribo (demolición) actual, que nos va a permitir aprovechar al máximo los materiales que componen la edificación, teniendo en cuenta que el 95% de un edificio está formado por materiales pétreos inertes fácilmente recuperables y reciclables.

La Deconstrucción implica las siguientes operaciones:

- Desmontaje ordenado de los elementos arquitectónicos recuperables, de manera que puedan ser reutilizados en otras construcciones con un mínimo de transformaciones o adaptaciones (Por ejemplo: puertas marcos de ventana y puertas).
- Identificación de los materiales tóxicos o peligrosos con la finalidad de aislarlos del resto y darles el tratamiento respectivo a fin de reincorporarlos al ciclo de la naturaleza en condiciones óptimas (los materiales de aislamiento que contienen amianto, la madera tratada por sustancias químicas, etc.).
- Derribo masivo de la estructura del edificio, con el objeto de recuperar los materiales reciclables (hormigones, cerámicas, piedra,).
- Recuperación de los materiales reciclables que no son de tipo pétreo. El reciclaje de estos materiales no presenta una gran dificultad ya que en realidad forman parte ya de un hábito de la industria (los metales, plásticos, etc.).

Es importante tener claro que en la práctica es posible que no se pueda recuperar todo, lo importante es considerar que el objetivo es obtener un alto valor de aprovechamiento de los materiales y elementos de construcción que componen una edificación de manera que haya un balance entre el costo económico y medioambiental.

Además, debe quedar claro que aquello que no estaba diseñado ser desmantelado es posible que no se pueda desmantelar , en estos casos se tratará hasta donde sea posible de recuperar elementos que puedan ser utilizados nuevamente, de no ser posible se deben clasificar los desechos para tratar de reciclarlos

En demoliciones, la reutilización y el reciclaje, nos van a facilitar una mejor gestión de los residuos.

La de-construcción es una alternativa a la demolición que nos va a permitir aprovechar al máximo los materiales que componen un edificio.

Si los residuos de demolición se reciclan y valoran de manera que quedan incorporados en una nueva construcción, habremos conseguido otro objetivo que también beneficia al medio ambiente; reduciremos el impacto que se origina en la fabricación de nuevos productos pues no hará falta fabricar tantos.

Para la etapa de de-construcción se propone el uso del formato mostrado en la Tabla 3.35



**Tabla 3.35 Ficha de de-construcción**

<b>Ficha de de-construcción</b>	
<b>Instrucciones: llenar los recuadros con la información relacionada con los elementos que se van a de-construir.</b>	
Elemento constructivo	
Material	
Dimensiones	
Peso	
Volumen	
<b>Tipo de residuos</b>	
Concreto/Mortero	
Residuo de Block, Vigüeta y Bovedilla	
Pisos	
Metales	
Otros	
Posibilidades de valorización (Re-utilización, Reciclaje o No Valorizable)	

Fuente: Elaboración propia

## **Consideraciones respecto del almacenaje y contenedores**

Del volumen de residuos estimado en el Programa de Generación de RCD para la obra surgirá la cantidad de contenedores necesarios y la conveniencia de la clasificación y separación de residuos o no.

También el Programa aporta la planificación acerca de dónde y con qué medios almacenar los residuos. Se tratará de hallar un lugar amplio y de fácil acceso para máquinas y vehículos, a fin de agilizar la recogida. Si no se logra, habrá que mover los residuos de un lugar a otro hasta depositarlos en el camión que los recoja.

En definitiva, hay que almacenarlos y sacarlos del predio tan rápidamente como sea posible. Se debe evitar tener montones de residuos dispersos por toda la obra, porque fácilmente pueden ser causa de accidentes. Si se ha previsto el reciclaje de algunos materiales, es importante que tales residuos se almacenen justo después de que se generen para evitar que se ensucien y mezclen con otros sobrantes.

Lo mismo ocurre con la segregación de residuos peligrosos, solo la recogida selectiva asegurará una gestión correcta de los mismos.

Los tipos de contenedores a utilizar dependerán de la naturaleza de los residuos generados, todos deben estar claramente etiquetados, en función de las características de los residuos que se van a almacenar. Las etiquetas deben ser de gran tamaño y resistentes al agua.

## **Características generales de contenedores para almacenamiento temporal**

- Ser de un material resistente que permita hacer una fácil limpieza (Metal, Plástico) (Ver Tabla 3.36 y Figura 3.21)
- Simbología y señalización adecuada
- Estar en buen estado para evitar la proliferación de vectores, roedores, y lixiviados
- Estar separados por zona y tipo de material (Ver Tabla 3.37,3.38 y Figura 3.22)
- Estar ubicados en zonas de fácil acceso para el traslado de los RCD
- Estar adecuadamente ventilados

**Tabla 3.36 Contenedores de RCD según tipos de residuos**

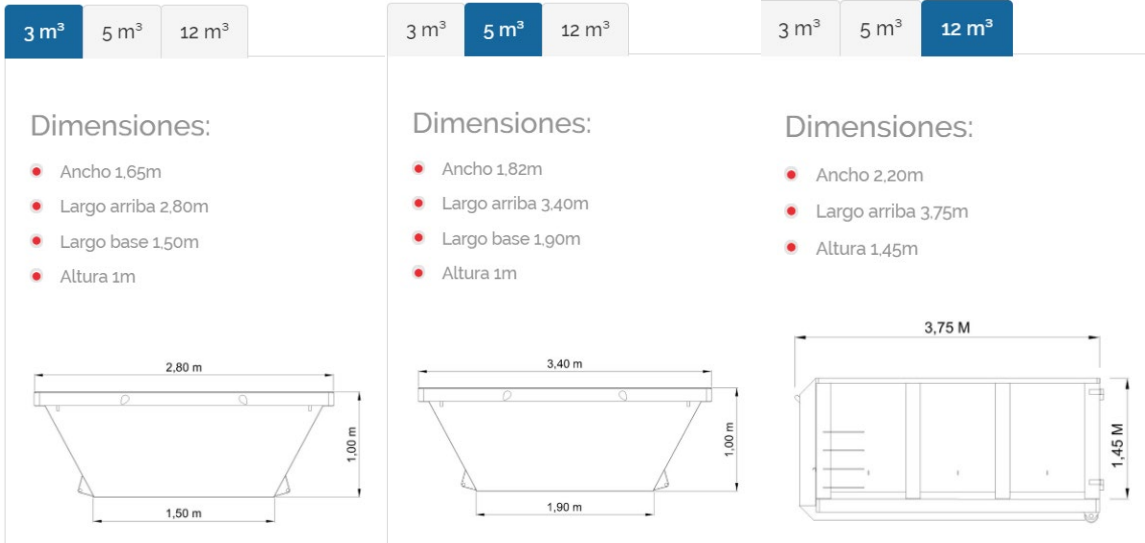
Contenedor	Tipo de Residuo	Características
Cerrado, de pequeño volumen	Peligrosos	Frenan el paso de olores y gases, impidiendo que estos se esparzan.
Abierto, de gran volumen	Concreto, Mortero, Block, Vigueta, Bovedilla, Metales.	Deben ser útiles para grandes cantidades de residuos.
Abierto, de diversos tamaños	Otros ( Madera, Plástico, Papel, Vidrio)	Ser útiles para la recogida selectiva.

Fuente: Elaboración propia

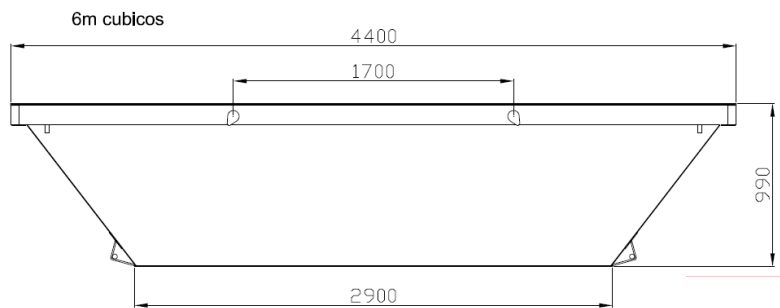
**Tabla 3.37 Opciones de Almacenamiento, Tratamiento y Valorización**

Material	Almacenamiento	Tratamiento en obra	Valorización
Pétreos (Concreto, Mortero, Residuo de Block, Vigueta y Bovedilla)	Contenedor de obra metálico (3m <sup>3</sup> )(5m <sup>3</sup> )(7m <sup>3</sup> )(9m <sup>3</sup> )(12m <sup>3</sup> )	Trituradora móvil (Reducción del 50% de volumen)	Reutilización en obra (Material de relleno, concreto de baja resistencia)
Metales	Contenedores de obra metálicos (5m <sup>3</sup> ) (7m <sup>3</sup> )	Limpieza de clavos y restos de concreto.	Planta de reciclaje
Plásticos, Papel, Cartón y Madera	Contenedores de obra metálicos (1m <sup>3</sup> ) o plástico (0.65m <sup>3</sup> )	Se dividen en reciclables y no reciclables	Planta de reciclaje
Materiales peligrosos	Contenedores de plásticos con tapa (0.90m <sup>3</sup> ) (0.36m <sup>3</sup> )	Evitar su mezcla con otros tipos de residuos.	Disposición controlada en vertederos autorizados.

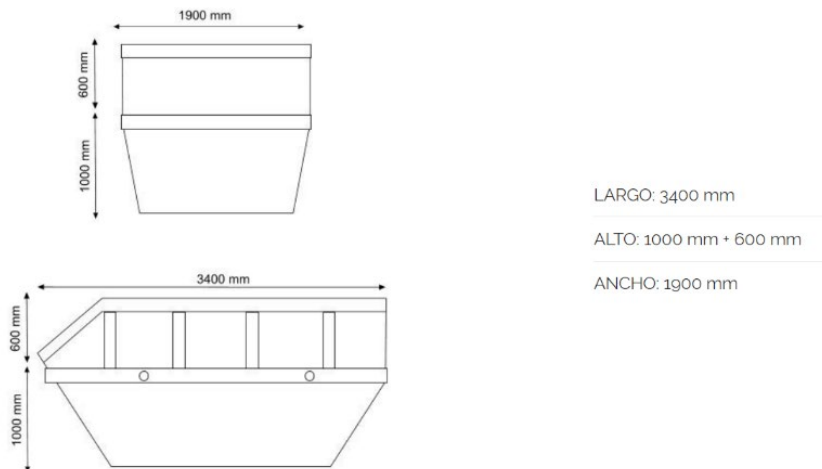
Fuente: Elaboración propia



### Medidas Contenedores de 3,5 y 12 m<sup>3</sup>



### Medidas Contenedor de 6m<sup>3</sup>



### Medidas Contenedor de 9m<sup>3</sup>

**Figura 3.21 Medidas y Dimensiones de Contenedores**

Fuente: Elaboración propia

## Esquema de almacenamiento temporal



Figura 3.22 Esquema de almacenamiento temporal de los RCD

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.38 Clasificación de contenedores de RCD por colores**

Clasificación	Color
Concreto, Mortero	Gris
Residuo de Block, Vigüeta y Bovedilla	Café
Pisos	Verde
Metales	Amarillo
Otros	Naranja
Residuos Peligrosos	Rojo

Fuente: Elaboración propia

### Áreas mínimas necesarias para el Almacenamiento temporal

Para establecer el espacio de almacenamiento temporal de los residuos se utiliza como referencia las áreas obtenidas en el estudio de Fernandes de Paz (2018), considerando que 1 m<sup>3</sup> de residuos compactados equivalen a 1 tonelada o 1.5 toneladas de residuos mixtos sin compactar. (Ver Tabla 3.39)

**Tabla 3.39 Área mínima en M<sup>2</sup> por M<sup>3</sup> de RCD**

Capacidad Demandada (M <sup>3</sup> por día)	Área mínima requerida (M <sup>2</sup> )	Área mínima por tonelada (M <sup>2</sup> )
70	1100	15.7
135	1400	10.37
270	2300	8.5
540	4800	8.8

Fuente: Fernandes de Paz, 2018

### Características del traslado de los RCD

- Se debe contemplar capacidad de carga del transporte en el que se van a retirar los RCD
- Definir el número de viajes necesarios para acarrear los residuos en base al volumen de residuo almacenado y la capacidad de carga
- Establecer la frecuencia semanal de recolección por tipo de residuo.

## **Criterios para establecer escenarios de gestión externa**

Para poder establecer un adecuado escenario de gestión externa una vez que se tiene establecido los volúmenes de generación, y zonas de almacenamiento de los residuos es necesario conocer los siguientes datos:

- Información general de la empresa constructora (persona de contacto, dirección, teléfono, etc.)
- Características del material de recepción y tipo de gestión que se lleva a cabo.
- Distancia desde la obra al punto disposición de los residuos.
- Costos de transporte de los residuos
- Consultar listas de gestores de residuos:
  - ❖ Plantas de reciclaje
  - ❖ Recuperación y tratamiento
  - ❖ Vertederos autorizados
- Consultar las condiciones de admisión de los residuos dictaminados por los gestores, centros de acopio, plantas de reciclaje y puntos verdes.
- Posible valoración económica de los RCD

# Capítulo 4 Guía para la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición.

## 4.1 Objetivo de la guía

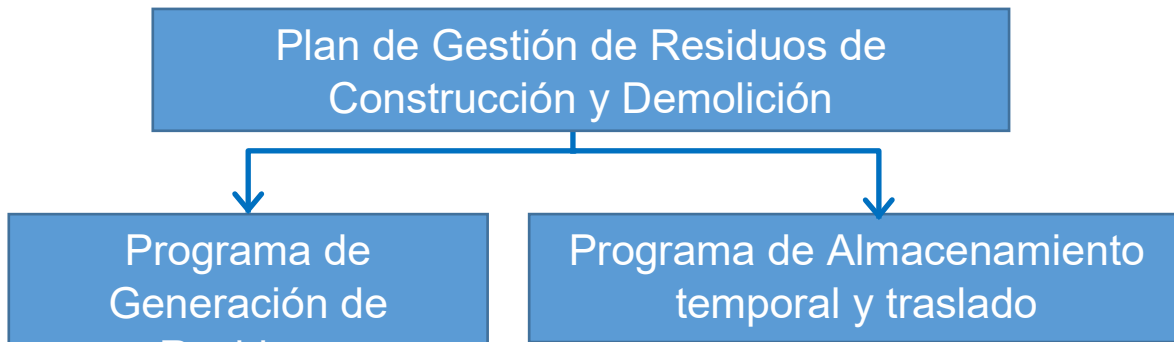
Orientar a constructores, autoridades, clientes y demás involucrados en la construcción sobre el plan de gestión de residuos de construcción y demolición, ¿Qué es? ¿Qué Contiene? ¿Cómo se emplea? ¿Qué alcance tiene? Y recomendaciones para su uso. (Ver Figura 4.1)

## 4.2 ¿Qué es?

El plan de Gestión de Residuos de Construcción y demolición procura ser un instrumento de aplicación práctica y eficaz que oriente a los diferentes actores involucrados para dar cumplimiento a la normatividad vigente mediante su implementación en las obras de construcción en el estado de Quintana Roo.

## 4.3 Recomendaciones para su uso

Se recomienda el uso de esta guía desde la etapa de planeación del proyecto, antes del inicio de la construcción, para proyectar la generación y planear la gestión de los RCD en obra.



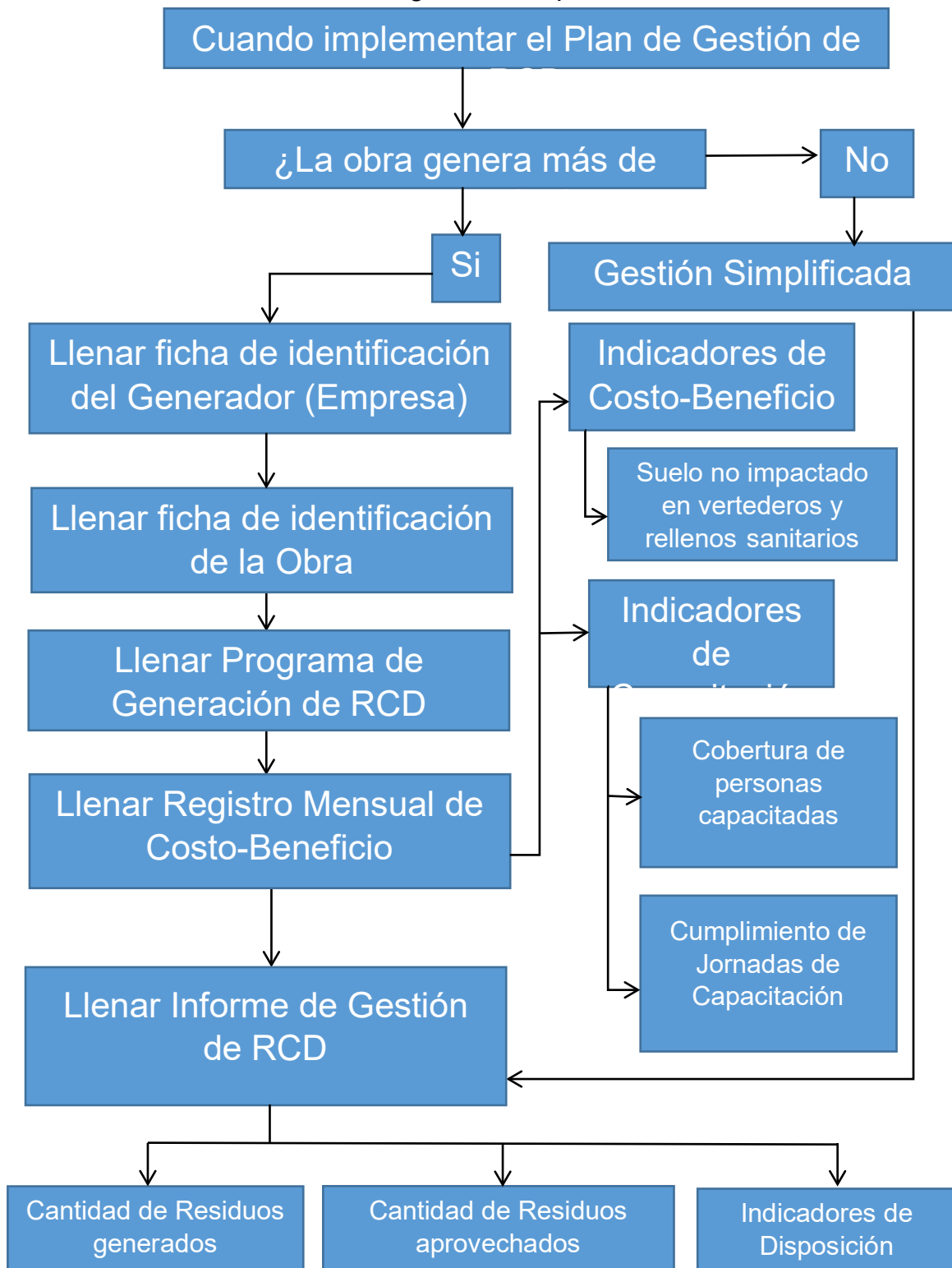
**Figura 4.1 Estructura del Plan de Gestión**

Fuente: Elaboración propia

El primer paso para la implementación del plan es verificar el diagrama de aplicabilidad que se muestra a continuación y verificar si la obra de construcción a ejecutar puede llegar a generar la cantidad de residuos lo suficientemente significativa como para la implementación del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición. (Ver Figura 4.2)



#### 4.4 Diagrama de Aplicación



**Figura 4.2 Diagrama de Aplicación del Plan de RCD**

Fuente: Elaboración propia

## 4.5 Programa de Generación de Residuos

En general el Programa de Generación de Residuos se compone de las siguientes partes:

- Tabla de Datos iniciales de la obra (Ver Tabla 1 de Apéndice 1)
- Tabla de Estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo. (Ver Tabla 2 de Apéndice 1)
- Cronograma de la generación de los residuos. ( Ver Tabla 3 de Apéndice 1)
- Tabla de Resumen de generación de residuos por tipo (Ver Tabla 4 de Apéndice 1)
- Grafica de generación de residuos (Ver Figura 3 de Apéndice 1)

Los cuales se describirán brevemente a continuación:

**Tabla de Datos iniciales de la obra:** Es la correspondiente a los datos iniciales de la obra y es en la que se indican datos generales relacionados a la empresa y la construcción del proyecto, es importante a su vez señalar al tipo de sector al que pertenece la obra, los m<sup>2</sup> de construcción de la misma, así como el índice de generación general de residuos de acuerdo al sector al que pertenece para poder obtener el total de residuos programados durante la duración de toda la obra expresado en Kg o Ton. (Ver Tabla 4.1)(Ver Tabla 1 de Apéndice 1)

**Tabla 4.1 Ejemplo de Datos iniciales de la obra**

1.1 DATOS INICIALES DE LA OBRA						
1.2 Empresa:	Inmobiliaria Tres Torres S.A. de C.V.					
1.3 Tipo de obra:	Hotel de cinco estrellas	1.4 Sector	Turismo			
1.5 Localización:	Lote 4, KM 23, Blvd. Kukulcan, 3ra Etapa de la Zona Hotelera, Cancun, Quintana Roo					
1.6 Nombre del Proyecto:	Hotel Tres Torres					
1.7 Descripción General de la Obra	El proyecto que se pretende edificar se compone por tres torres de 13,14 y 17 niveles con un total de 338 cuartos. Estos edificios contarán con áreas de servicios, espacios verdes y alberca en un predio con una superficie 14,926.24 m <sup>2</sup>					
1.8 Gerente del Proyecto:						
1.9 Residente de Obra:						
1.10 M2 de Construcción:	23,321.05	1.11 Índice de generación por Sector		69.90	1.13 Fecha de Inicio	07/01/2018
1.12 Total de Residuos Programados	1,630,141.40	KG	1,630.14	TON	1.14 Fecha de Terminación	20/12/2018

**Fuente: Elaboración propia**

1.1 Título de Tabla de datos iniciales de la obra

1.2 Nombre de la empresa constructora: Inmobiliaria Tres Torres S.A. de C.V.

1.3 Tipo de obra: Hotel cinco estrellas

1.4 Sector de la construcción al que pertenece la obra: Turismo

1.5 Localización: Lote 4, KM 23, Blvd. Kukulcan, 3ra Etapa de la Zona Hotelera, Cancún, Quintana Roo

1.6 Nombre del proyecto: Hotel tres torres

1.7 Descripción general de la obra: El proyecto que se pretende edificar se compone por tres torres de 13,14 y 17 niveles con un total de 338 cuartos. Estos edificios contarán con áreas de servicios, espacios verdes y alberca en un predio con una superficie 14,926.24 m<sup>2</sup>

1.8 Gerente del proyecto encargado de la supervisión del mismo

1.9 Residente en obra

1.10 M<sup>2</sup> de construcción: 23,321.05 m<sup>2</sup>

1.11 Índice de generación general de residuos de acuerdo al sector al que pertenece la obra expresado en Kg/m<sup>2</sup> (Ver Tablas 7-11 de índices y sub índices de generación de residuos): 69.90 Kg/m<sup>2</sup>.

1.12 Total de Residuos Programados en Ton, el cual se obtiene a través de la siguiente formula:

$$\text{TRP} = \frac{(23,321.05 \times 69.90)}{1000*} \quad (1)$$

Donde:

TRP = Total de Residuos Programados en Ton

M<sup>2</sup> = 23,321.05

IGS = 69.90 Kg/M<sup>2</sup>

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

Quedando entonces = 1,630.14 Ton

1.13 Fecha tentativa de inicio de la obra: 07/01/2018

1.14 Fecha tentativa de terminación de la obra: 20/12/2018

**Tabla de Estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo:** Es en la que se ordenan los datos de generación de residuos estimada de acuerdo a etapa de la construcción, tipo de RCD , m2 de construcción y los índices de generación por etapa y tipo de RCD de acuerdo al sector al que pertenece la construcción (Ver Tablas 7-11 del Apéndice 1), para dar como resultado el volumen aproximado de RCD que se estima se generaran en la obra expresado en Kg. o Ton. (Ver Tabla 4.2) (Ver Tabla 2 de Apéndice 1)

**Tabla 4.2 Ejemplo de Estimación de volúmenes de generación**

2.1 ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE GENERACIÓN POR ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN Y TIPO DE RESIDUO.			
2.2 Etapa y Tipo de Residuo	2.3 Datos para la estimación		2.4 Cantidad de residuos generados en Ton
	2.3.1 M <sup>2</sup>	2.3.2 Índice de generación de residuos	
Cimentación	23,321.05	2.275	53.06
Concreto,Mortero	23,321.05	0.792	18.47

Fuente: Elaboración propia

2.1 Titulo de tabla para la estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo

2.2 Etapa de la construcción de la cual se va a estimar la generación de residuos:

- Cimentación

Y Tipo de residuo del cual se va a estimar la generación de residuos:

- Concreto, Mortero

2.3 Datos necesarios para la estimación de RCD

2.3.1 Metros cuadrados de la construcción: 23,321.05 m<sup>2</sup>

2.3.2 Índice de generación de residuos de acuerdo a etapa de la construcción:  
(Ver Tablas de 7-11 de índices de generación de residuos)

- 2.275 Kg/m<sup>2</sup> para Cimentación
- 0.792 Kg/m<sup>2</sup> para Concreto, Mortero

2.4 Cantidad de residuos generados que se estima por etapa de la construcción y tipo de residuo expresado en Ton, la cual se obtiene a través de la siguiente formula:

**Residuos generados por etapa.-** Para obtener la cantidad de residuos generados en la etapa de la cimentación se emplea la siguiente formula:

$$\text{CRG} = \frac{(23,321.05 \text{ m}^2 \times 2.275 \text{ Kg/m}^2)}{1000*} \quad (2)$$

Donde:

CRG = Cantidad de residuos generados por etapa de la construcción en Ton

M<sup>2</sup> = Metros cuadrados de construcción, en este caso: 23,321.05 m<sup>2</sup>

IGR = Índice de generación de residuos por etapa de la construcción (Ver tablas de 7-11 de índices de generación de residuos), en este caso: 2.275 Kg/m<sup>2</sup>

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

Dando como resultado de esta operación: 53.06 Ton de RCD en la etapa de cimentación.

**Residuos generados por tipo.-** Son los residuos generados por cada tipo (Concreto/Mortero, Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) y que se generan en cada etapa de la construcción, La fórmula para obtener los residuos generados por tipo es:

$$\text{RGT} = \frac{(23,321.05 \text{ m}^2 \times 0.792 \text{ Kg/m}^2)}{1000*} \quad (3)$$

Donde:

RGT = Cantidad de residuos generados por tipo de clasificación en Ton.

M<sup>2</sup> = Metros cuadrados de construcción, en este caso: 23,321.05 m<sup>2</sup>

SGT = Sub índice de generación de residuos por tipo de clasificación (Ver tablas de 7-11 de sub índices de generación de residuos), en este caso: 0.792 Kg/m<sup>2</sup>

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

Dando como resultado de esta operación: 18.47 Ton de RCD del tipo de RCD concreto, mortero.

**Cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de residuo:**

Se compone de dos ejes, el eje vertical en el que se ordenan las etapas de la construcción y los tipos de RCD que son factibles que se generen y el eje horizontal, en el que se ordena la escala de tiempo a emplear de acuerdo a la duración de la obra (Ver Tabla 4.3)(Ver Tabla 3 de Apéndice 1)

**Tabla 4.3 Ejemplo de cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de RCD.**

		3.1 CRONOGRAMA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS POR ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN Y TIPO DE RESIDUO.			
		3.2 MESES			
		1	2	3	4
3.3 Cimentación	Programado	17.69	17.69	17.69	
	Real				
Concreto,Mortero	Programado	6.16	6.16	6.16	
	Real				

Fuente: Elaboración propia

3.1 Titulo de tabla de cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de residuo

3.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc. 1, 2,3... n, en este caso la se contempla que la etapa de construcción dure 3 meses.

3.3 El eje vertical se ordenan las etapas de la construcción que componen la obra (Cimentación, Estructura, Cubierta, Acabados, Instalaciones, Obra Exterior), y dentro de cada etapa los tipos de residuos de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

3.3. n A cada etapa de la construcción y tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes programados de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

La fórmula para determinar la cantidad de residuo programado por escala de tiempo definido (en este caso Meses) se emplea la siguiente formula:

$$\mathbf{RGET = 53.06 \text{ Ton/ 3 Meses}} \quad (4)$$

Donde:

RGET = Residuo generado por escala de tiempo, en este caso meses.

CRG = Cantidad de residuos generados por etapa en Ton, este caso 53.06 Ton en la etapa de cimentación.

ETD = Escala de Tiempo Definido, en este caso 3 meses que se estima que dure la etapa de cimentación.

Dando como resultado 17.69 Ton por mes para la etapa de cimentación

Se vuelve a aplicar la misma fórmula por cada tipo de residuo que es factible que se genere durante la etapa de la construcción hasta el final de la obra.

3.4.n A cada etapa de la construcción y tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

**Resumen de Generación de Residuos por tipo:** Es la tabla en la que se ordenan en el eje vertical los datos de tipos de RCD generados en la obra (Concreto/Mortero, Residuo de Block, Vigueta y Bovedilla, Pisos, Metales y Otros), y en el eje horizontal los volúmenes que se estima se generaran por escala de tiempo, en este caso Mes, y se anotaran los volúmenes reales en obra. (Ver Tabla 4.4) (Ver Tabla 4 de Apéndice 1)

**Tabla 4.4 Ejemplo de Tabla de Resumen de Generación de Residuos por tipo**

4.3 Origen de Residuo		4.2 Meses			
		1	2	3	4
Concreto/Mortero	4.3.n Programado	6.64	30.90	36.07	29.92
	4.4.n Real				
R. Block, Vig, Bov.	Programado	1.15	33.20	61.75	60.59
	Real				
Pisos	Programado	0.00	0.00	0.00	0.00
	Real				
Metales	Programado	10.38	30.38	32.15	21.77
	Real				
Otros	Programado	0.00	0.75	0.83	0.83
	Real				
4.5 Total en KG	4.5.n Programado	18.17	95.23	130.80	113.11
	4.6.n Real				
4.7 Promedio	4.7.n Programado	135.69	135.69	135.69	135.69
	4.8.n Real				

Fuente: Elaboración propia

4.1 Titulo de tabla de resumen de generación de residuos por tipo

4.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc.

4.3 Tipo de residuo de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

4.3.n La fórmula para determinar la cantidad de residuo acumulado por escala de tiempo definido (semanas, meses, etc.) se emplea la siguiente formula:

$$RAe = \sum RGET \quad (5)$$

Donde:

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) en Ton

$\sum RGET$  = Sumatoria de residuo generado por escala de tiempo (Semana, mes, etc.) en Ton.



4.3 Tipo de residuo de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

4.4.n A cada tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida.

4.5 Sumatoria total de los residuos generados por tipo en una escala de tiempo

4.5.n Formula para obtener la sumatoria total de residuos por escala de tiempo:

$$\sum TR_{ne} = \sum TRC_{ne} + \sum TRB_{ne} + \sum TRP_{ne} + \sum TRM_{ne} + \sum TRO_{ne} \quad (6)$$

Donde:

$\sum TR_{ne}$  = Sumatoria total de residuos por escala de tiempo

$\sum TRC_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Concreto/Mortero por escala de tiempo, en este caso 6.64 Ton en el 1er mes.

$\sum TRB_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Block, Vigueta y Bovedilla por escala de tiempo, en este caso 1.15 Ton en el 1er mes.

$\sum TRP_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Pisos por escala de tiempo, en este caso 0 Ton en el 1er mes.

$\sum TRM_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Metales por escala de tiempo, en este caso 10.38 Ton en el 1er mes.

$\sum TRO_{ne}$  = Sumatoria total de Otros residuos (No entran en ninguno de los tipos anteriores) por escala de tiempo, en este caso 0 ton en el 1er mes.

Dando como resultado de esta operación la Sumatoria total de residuos en el 1er mes 18.17 Ton.

4.6.n Sumatoria de los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

4.7 Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo ( $\sum TRe$ )

4.7.n Formula para obtener el promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo:

$$PTR = \frac{\sum TR_{ne} + \sum TR_{ne+1} \dots \sum TR_{e+n}}{ne} \quad (7)$$

Donde:

PTR = Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo

$\sum TR_{ne}$  = Sumatoria total de residuos por “n” escala de tiempo, en este caso la siguiente: (Ver Tabla 4.5)

**Tabla 4.5 Sumatoria total de residuos**

		4.2 Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.5 Total en Ton	4.5.n Programado	18.17	95.23	130.80	113.11	239.64	162.58	162.58	162.58	162.58	127.01	127.01	127.01
	4.6.n Real												

Fuente: Elaboración propia

ne = Numero de escala de tiempo, en este caso 12 meses

Dando como resultado de la operación anterior lo siguiente:

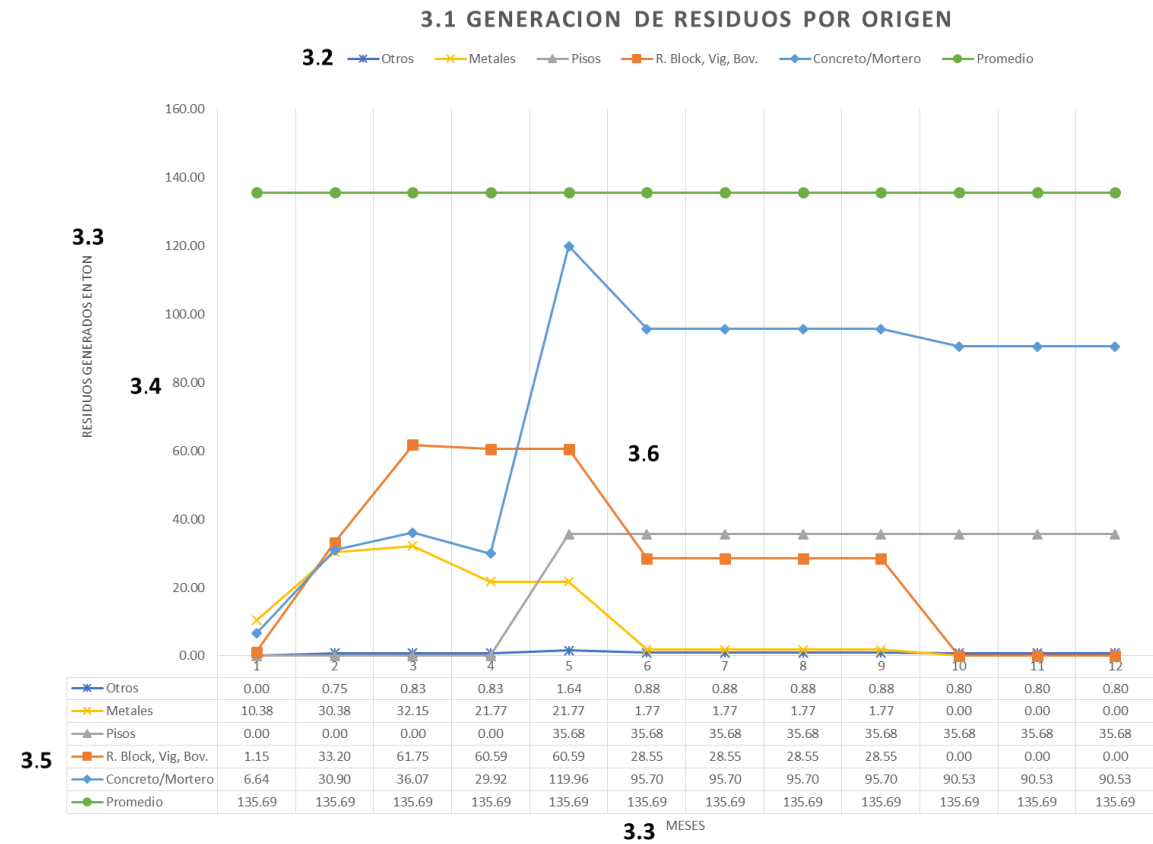
4.8.n Promedio de los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal. (Ver Tabla 4.6)

**Tabla 4.6 Promedio total de la sumatoria de los RCD**

		4.2 Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.5 Total en Ton	4.5.n Programado	18.17	95.23	130.80	113.11	239.64	162.58	162.58	162.58	162.58	127.01	127.01	127.01
	4.6.n Real												
4.7 Promedio	4.7.n Programado	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69	135.69
	4.8.n Real												

Fuente: Elaboración propia

**Grafica de generación de residuos:** Es en la que se grafican los datos obtenidos en la tabla de resumen de generación por tipo de RCD en el punto anterior, y se compone de los siguientes elementos. (Ver Figura 4.3) (Ver Figura 3 de Apéndice 1)



**Ejemplo:**

**Figura 4.3 Grafica de generación de residuos.**

Fuente: Elaboración propia

3.1 Título de la gráfica “Generación de residuos por origen”

3.2 Simbología de la grafica

3.3 Título de ejes

3.4 Eje vertical para medir la escala de la generación de residuos en Ton.

3.5 Tabla de resumen de residuo generado en Kg o Ton. por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros).

3.6 Serie de datos para graficar la cantidad de residuo generado en Ton. por semana/mes etc. En este caso en meses.

## 4.6 Programa de almacenamiento temporal

El programa de almacenamiento temporal tiene como objetivo estimar el espacio mínimo necesario para almacenar los RCD que se generen a lo largo de la obra, para lo cual se propone la siguiente estructura (Ver Tabla 4.7) (Ver Tabla 5 del Apendice 1)

**Tabla 4.7 Ejemplo de Programa de almacenamiento temporal**

5.1 PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL				
	5.3 Semanas/Meses			
	1	2	3	4
5.2 Concreto, Mortero	58.42	271.91	317.44	263.26
R. Block, Vig, Bov.	10.16	292.17	543.39	533.23
Pisos	0.00	0.00	0.00	0.00
Metales	91.34	267.36	282.90	191.56
Otros	0.00	6.61	7.33	7.33
<b>5.4 Area minima requerida en M<sup>2</sup></b>	<b>159.91</b>	<b>838.04</b>	<b>1,151.06</b>	<b>995.39</b>

Fuente: Elaboración propia

5.1 Título de tabla de programa de almacenamiento temporal

5.2 Tipo de RCD por clasificación (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros)

5.2.n En cada escala de tiempo se calcula el espacio mínimo en m<sup>2</sup> requerido para el almacenamiento temporal por cada tipo de residuo a través de la siguiente formula:

$$M^2N = (RA / 1000^*) (8.8^{**}) \quad (8)$$

Donde:

M<sup>2</sup>N = Metros cuadrados necesarios para el almacenamiento temporal

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros).

\*Se realiza la división de RA entre 1000 para realizar la conversión de Kg. a Ton.

\*\*Se realiza la multiplicación por 8.8 (M<sup>2</sup> ocupados por Tonelada de RCD, Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal al final de la guía)

5.3 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc. En este caso meses.

5.4 Sumatoria de Área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo,

5.4.n Formula para obtener la sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo:

$$\sum AMn = M^2NC + M^2NB + M^2NM + M^2NP + M^2NO \quad (9)$$

Donde:

$\sum ARne$  = Sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo.

$M^2NC$  = Área mínima requerida para residuos de Concreto/Mortero

$M^2NB$  = Área mínima requerida para residuos de Block, Vigueta y Bovedilla

$M^2NM$  = Área mínima requerida para residuos de metales

$M^2NP$  = Área mínima requerida para residuos de pisos

$M^2NO$  = Área mínima requerida para Otros tipos de residuos (No entran en ninguno de los tipos anteriores)

**Tabla 4.8 Ejemplo de Área promedio requerida en M<sup>2</sup> y contenedores.**

	4.2 Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.4 Área mínima requerida en M <sup>2</sup>	159.91	838.04	1,151.06	995.39	2,108.82	1,430.69	1,430.69	1,430.69	1,430.69	1,117.67	1,117.67	1,117.67
5.5 Área promedio requerida en M <sup>2</sup>	1,194.08											
5.6 Número PROMEDIO de contenedores (5 m <sup>3</sup> )	21.93											
5.7 Área disponible en M <sup>2</sup>	800.00											
5.8 TON que puedo almacenar	90.91											
5.9 Número de contenedores (5m <sup>3</sup> )	18.18											

Fuente: Elaboración propia

## 5.5 Área promedio requerida en M<sup>2</sup> (Ver Tabla 4.8)

### 5.5.1 Formula para obtener el área promedio requerida en M<sup>2</sup>

$$AP = \frac{159.91+838.04+1,151.06+995.39+2,108.82+1,430.69+1,430.69+1,430.69+1,430.69+1,117.67+1,117.67+1,117.67}{12} \quad (10)$$

Donde:

AP = Área promedio requerida en M<sup>2</sup>

$\sum AR_{ne}$  = Sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo "n"

ne = Numero de escalas de tiempo definidas (Semana, mes, etc.), en este caso 12 meses

Dando como resultado = 1,194.08 M<sup>2</sup>

## 5.6 Número promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del Promedio de Residuos generados

### 5.6.1: Formula para obtener el número promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del Promedio de Residuos generados:

$$NPC = (135.69 \text{ Ton}) / 5 \text{ m}^3 \quad (11)$$

Donde:

NPC = Numero promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del promedio de residuos

PTR = Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo en Kg.

\*Se divide entre mil para convertir de Kg. a Ton.

CC = Capacidad de contenedores a emplear en M<sup>3</sup> (Ver tabla 13 de contenedores metálicos)

Nota: para esta operación se considera que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo equivale a 1 Ton.

5.7 En caso de que el área disponible (AD) para el almacenamiento temporal sea menor al AP (Área promedio requerida) se ingresan los M<sup>2</sup> disponibles para el almacenamiento temporal en la obra. En este caso se consideró que solo se tienen 800 M<sup>2</sup> disponibles

5.8 Ton. De RCD que se pueden depositar temporalmente en el área disponible, tomando en cuenta que 1 Ton de RCD heterogéneo abarca 8.8 m<sup>2</sup> (Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

5.8.1 Formula para obtener las Ton de RCD que se pueden depositar temporalmente en el área disponible:

$$\text{CAT} = 800 / *8.8 \quad (12)$$

Donde:

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton.

AD = Área disponible en obra para el almacenamiento temporal

\*Se considera 8.8 M<sup>2</sup> el espacio que ocupa 1 Ton de RCD (Ver Tabla de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

Dando como resultado 90.90 Ton de almacenamiento en el área disponible

5.9 Número de contenedores necesarios para el almacenamiento temporal en el área disponible

5.9.1 Formula para obtener el número de contenedores necesarios

$$\text{NCN} = 90.90 \text{ Ton} / 5 \text{ m}^3 \quad (13)$$

Donde:

NCN = Número de contenedores necesarios para el almacenamiento temporal en el área disponible

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton. en este caso 90.90 Ton.

CC = Capacidad de contenedores a emplear en  $M^3$  (Ver tabla 13 de contenedores metálicos), en este caso se utilizaran contenedores de  $5 m^3$

Dando como resultado = 18.18, los cuales se pueden redondear a 18 contenedores metálicos de  $5 m^3$  y mediante una regla de tres obtener la equivalencia del 0.18 de contenedor a  $m^3$ , necesitando un contenedor más de  $1 m^3$  para almacenar el  $0.9 m^3$  restante.



## 4.7 Programa de traslado de residuos

Tiene como objetivo obtener la frecuencia de desalojo de RCD en función del volumen de RCD generado a lo largo de la obra, del espacio disponible para el almacenamiento temporal de los RCD y de la capacidad de vehículo de transporte con el cual se pretende efectuar el traslado de los RCD, para esto se propone la siguiente estructura: (Ver Tabla 4.9) (Ver Tabla 6 de Apéndice 1)

**Tabla 4.9 Ejemplo de Programa de traslado de RCD**

6.1 PROGRAMA DE TRASLADO DE RESIDUOS				
	6.2 Semanas/Meses			
	1	2	3	4
6.3 Concreto,Mortero	6.64	30.90	36.07	29.92
R. Block, Vig, Bov.	1.15	33.20	61.75	60.59
Pisos	0.00	0.00	0.00	0.00
Metales	10.38	30.38	32.15	21.77
Otros	0.00	0.75	0.83	0.83
<b>6.4 Volument Total en Toneladas</b>	<b>18.17</b>	<b>95.23</b>	<b>130.80</b>	<b>113.11</b>
<b>6.5 Numero de vueltas para el traslado de RCD (Inserte capacidad de transporte en M<sup>3</sup>)</b>	<b>2.60</b>	<b>13.60</b>	<b>18.69</b>	<b>16.16</b>
<b>6.6 Numero de vueltas enteras</b>	<b>2.00</b>	<b>14.00</b>	<b>18.00</b>	<b>17.00</b>

Fuente: Elaboración propia

6.1 Título del programa de traslado de residuos

6.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc.

6.3 Tipo de RCD por clasificación (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros)

6.3.n En cada escala de tiempo se calcula la cantidad de residuo generado en toneladas a través de la siguiente formula:

$$\mathbf{RAet = 6,640 Kg / 1000*} \quad (14)$$

Donde:

RAet = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) expresado en toneladas.

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). En este caso se consideran 6,640 Kg de Concreto/Mortero

\*Se dividen los Kg de RCD entre 1000 para convertir en Ton.

Dando como resultado **6.64 Ton**, se repite entonces la misma operación por cada tipo de RCD factible en cada etapa de la construcción.

6.4 Volumen total de Residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en toneladas.

6.4.n Formula para obtener el volumen total de Residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en toneladas.

$$\mathbf{VTet = 6.64 + 1.15 + 0.00 + 10.38 + 0.00} \quad (15)$$

Donde:

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetC = Residuo de concreto/mortero acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetB = Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetP = Residuo de Pisos acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetM = Residuo de Metales acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetO = Residuo de otros materiales (No incluidos en los anteriores) acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

Dando como resultado de esta operación un Volumen total de = **18.17 Ton en el 1er mes**

6.5 Número de vueltas necesarias para el traslado de las toneladas de RCD que se estima se generaran (Ver Tabla 4.10)

6.5.n Formula para obtener número de vueltas necesarias para el traslado de las toneladas de RCD que se estima se generaran:

$$NV = 18.17 / 7 \text{ m}^3 \quad (16)$$

Donde:

NV = Numera de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton, en este caso **18.17 Ton en el 1er mes.**

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o  $\text{M}^3$ , en este caso  $7 \text{ m}^3$

Dando como resultado de esta operación = 2.595, que redondearemos en **2.6 vueltas.**

**Tabla 4.10 Ejemplo de Número de vueltas para el traslado de los RCD**

	6.2 Meses													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
6.5 Numero de vueltas para el traslado de RCD (Inserte capacidad de transporte en $\text{M}^3$ )	2.60	13.60	18.69	16.16	34.23	23.23	23.23	23.23	23.23	18.55	18.69	18.83	6.8 Restante final de RCD (Expresado en vueltas de camión y $\text{M}^3$ )	
6.6 Numero de vueltas enteras	2.00	14.00	18.00	17.00	34.00	23.00	23.00	23.00	24.00	18.00	18.00	18.00	0.83	
6.7 Acumulado de vueltas para proxima escala de tiempo	0.60	0.20	0.89	0.05	0.28	0.51	0.74	0.97	0.20	0.55	0.69	0.83	5.81	$\text{m}^3$
6.9 Volumen promedio de toneladas	135.69													

Fuente: Elaboración propia

6.6 Numero de vueltas enteras necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra

6.6.n Se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior ( $NV = VTet / CVT$ ) en caso de ser necesario, entonces a las **2.6** vueltas se le restan los **0.6**

6.7 Se anotan los decimales que se restaron del número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, los cuales se acumulan y suman al número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD de la siguiente escala de tiempo, en este caso **0.6 de frecuencia de vuelta.**

6.8 Se anotan los decimales del número de vueltas acumuladas después de la última escala de tiempo (semana/mes) en que se definió la obra y se convierte a  $M^3$ , en este caso se estima que al final de la obra reste **0.83** de vuelta de camión.

6.8.n Los decimales del número de vueltas acumuladas se convierten en  $M^3$  a través de la siguiente formula:

$$M^3RF = 7 m^3 \times 0.83 \times 1 \quad (17)$$

Donde:

$M^3RF$  = Son los metros cúbicos restantes al final de la obra

$CVT$  = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o  $M^3$

$DNV$  = Decimales del número de vueltas restantes al final de la obra

Nota: se considera la equivalencia de  $1M^3$  de RCD heterogéneo a 1 Ton, también se recomienda ajustar la capacidad de vehículo de transporte del volumen restante al final de la obra para aprovechar al máximo su capacidad.

Dando como resultado de esta operación  $5.81 m^3$  de RCD al final de la obra, para el cual se tendrá que tener en consideración que el vehículo para desalojar el ultimo residuo restante no sea sub-utilizado.

6.9 Volumen promedio de Ton (ver Formula 7), en este caso 135.69 Ton.

**Tabla 4.11 Ejemplo de M<sup>2</sup> Ocupados por mes y porcentaje de ocupación.**

	6.2 Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6.10 M <sup>2</sup> ocupados por mes	159.91	838.04	1,151.06	995.39	2,108.82	1,430.69	1,430.69	1,430.69	1,430.69	1,117.67	1,117.67	1,117.67
6.11 Porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo	13.39%	70.18%	96.40%	83.36%	176.61%	119.81%	119.81%	119.81%	119.81%	93.60%	93.60%	93.60%
6.12 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal					103.95	26.89	26.89	26.89	26.89			
6.13 Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento (Inserte capacidad de camión de transporte en M <sup>3</sup> )					14.85	4.69	4.53	4.37	4.21			
6.14 Numero de vueltas enteras					14.00	4.00	4.00	4.00	4.00			
6.15 Acumulado de vuelta para la proximia escala de tiempo					0.85	0.69	0.53	0.37	0.21			

Fuente: Elaboración propia

6.10 M<sup>2</sup> ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo (Ver Tabla 4.11)

6.10.n Formula para obtener los M<sup>2</sup> ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo:

$$M^2OT = 18.17 / *8.8 \quad (18)$$

Donde:

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton, en este caso 18.17 Ton de RCD en el 1er mes.

\*Se considera 8.8 M<sup>2</sup> el espacio que ocupa 1 Ton de RCD (Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

Dando como resultado = **159.91 m<sup>2</sup>** durante el primer mes.

6.11 Porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo

6.11.n Formula para obtener el porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo:

$$AO = 159.91 / 1,194.08 \text{ m}^2 \quad (19)$$

Donde:

AO = Porcentaje de almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo, en este caso 159.91 m<sup>2</sup> durante el primer mes.

AP = Área promedio requerida en M<sup>2</sup>, en este caso **1,194.08 m<sup>2</sup>** (Ver Formula 10)

6.12 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

6.12.n Formula para obtener las Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal:

$$TEC = 239.64 - 135.69 \quad (20)$$

Donde:

TEC = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton, en este caso 239.64 Ton (Ver Tabla 4.12))

VPT = Volumen promedio de Ton generadas en el total de la duración de la obra Dando como resultado **103.95 Ton** que exceden la capacidad de almacenamiento temporal.

**Tabla 4.12 Ejemplo de Volumen total de residuo acumulado**

		4.2 Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.5 Total en Ton	4.5.n Programado	18.17	95.23	130.80	113.11	239.64	162.58	162.58	162.58	162.58	127.01	127.01	127.01
	4.6.n Real												

Fuente: Elaboración propia

6.13 Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento (Inserte capacidad de camión de transporte en M3)

6.13.n Formula para obtener la Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento durante el mes 5.

$$\text{FDV} = 103.95 / 7 \text{ m}^3 \quad (21)$$

Donde:

FDV = Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento

TEC = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal, en este caso 103.95.

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

Quedando entonces como resultado de la operación = **14.85** vueltas en un camión de 7 m<sup>3</sup> de capacidad.

6.14 Número de vueltas necesarias para el traslado de Ton que exceden la capacidad de almacenamiento, se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior (FDV = TEC / CVT) en caso de ser necesario.

Quedando en este caso  $14 - 0.85 =$  **14 vueltas enteras**

6.15 Acumulado de vueltas para la siguiente escala de tiempo, el cual se obtiene anotando los decimales restados del punto anterior (Numero de vueltas necesarias para el traslado de Ton que exceden la capacidad de almacenamiento)

Quedando 0.85 de vuelta que se acumulan para el siguiente mes y así sucesivamente hasta obtener un restante final de vuelta que posteriormente se pueda convertir a m<sup>3</sup> y evaluar como es más conveniente hacer un último traslado sin que sub utilice la capacidad del vehículo de transporte.

6.16 Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado (Ver Tabla 4.13)

**Tabla 4.13 Ejemplo de Porcentaje de almacenamiento temporal disponible**

	6.2 Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6.16 Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado	19.99%	104.76%	143.88%	124.42%	263.60%	178.84%	178.84%	178.84%	178.84%	139.71%	139.71%	139.71%
6.17 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal		4.32	39.89	22.20	148.73	71.67	71.67	71.67	71.67	36.10	36.10	36.10
6.18 Frecuencia de traslado (Inserte capacidad de camión de transporte en M3)		0.62	6.32	3.49	21.74	10.98	11.22	10.46	10.70	5.86	6.02	5.18
6.19 Numero de vueltas enteras			6.00	3.00	21.00	10.00	11.00	10.00	10.00	5.00	6.00	5.00
6.20 Acumulado de vuelta para la proxima escala de tiempo			0.32	0.49	0.74	0.98	0.22	0.46	0.7	0.86	0.02	0.18
										6.21 M <sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra		1.26
										6.22 Ton de RCD acumulados al final de la obra		1.26000
										6.23 Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD		1.00
										6.24 Numero final de vueltas con la capacidad de transporte disponible		2.00

Fuente: Elaboración propia

6.16.n Formula para obtener el Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado:

$$PAO = 159.91 \text{ M}^2 / 800 \text{ M}^2 \quad (22)$$

Donde:

PAO = Porcentaje de almacenamiento temporal disponible ocupado por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo, en este caso 159.91 m<sup>2</sup> durante el 1er mes.

AD = Capacidad de almacenamiento disponible, en este caso 800 m<sup>2</sup> durante toda la duración de la obra.

Dando como resultado = **19.99 %** de ocupación del área disponible durante el 1er mes, se realiza la misma operación con cada escala de tiempo (Semana, mes, etc.)

6.17 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal



6.17.n Formula para obtener las Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal:

$$\text{TECA} = 95.23 \text{ Ton} - 90.90 \text{ Ton} \quad (23)$$

Donde:

TECA = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton, en este caso **95.23 Ton** en el segundo mes.

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton. en este caso **90.90 Ton**.

Dando como resultado de esta operación: **4.32 Ton** que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

6.18 Frecuencia de traslado de RCD (Inserte capacidad de camión de transporte en M3),

6.18.n Formula para obtener la Frecuencia de traslado:

$$\text{FTE} = 4.32 \text{ Ton} / 7 \text{ M}^3 \quad (24)$$

Donde:

FTE = Frecuencia de traslado de toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

TECA = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal, en este caso 4.32 Ton durante el mes 2

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>, en este caso 7 m<sup>3</sup>

Dando como resultado de esta operación = 0.62 de vuelta de traslado, al no alcanzar a ser el volumen suficiente para 1 aprovechar la capacidad de carga total del vehículo se recomienda acumular el 0.62 de vuelta hasta el siguiente mes y sumarlo a lo que se vaya generando posteriormente.

6.19 Numero de vueltas enteras necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior (FTE = TECA / CVT) en caso de ser necesario. En este caso no se alcanzó a completar una vuelta entera.

6.20 Se anotan los decimales que se restaron del número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, los cuales se acumulan y suman al número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD de la siguiente escala de tiempo. En este caso los 0.62 se suman al número de vueltas necesarias para el siguiente mes.

6.21 M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra (Ver Tabla 4.14)

**Tabla 4.14 Ejemplo de M<sup>3</sup> acumulado al final de la obra y número de vueltas.**

<b>6.21 M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra</b>	1.26
<b>6.22 Ton de RCD acumulados al final de la obra</b>	1.26
<b>6.23 Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD</b>	1.00
<b>6.24 Número final de vueltas con la capacidad de transporte disponible</b>	2.00

Fuente: Elaboración propia

6.21.1 Formula para obtener los M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra:

$$\mathbf{M^3AF = 7 * 0.18} \quad (25)$$

Donde:

M<sup>3</sup>AF = Metros cúbicos acumulados al final de la obra

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>, en este caso 7 m<sup>3</sup>

AFV = Acumulado final de vueltas en decimales, en este caso 0.18

Dando como resultado de esta operación = **1.26 m<sup>3</sup>**

6.22 Ton de RCD acumulados al final de la obra,

6.22.1 Formula para obtener las Ton de RCD acumulados al final de la obra

$$\mathbf{TAF = 1.26 \text{ m}^3 \times 1} \quad (26)$$

Donde:

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra

M<sup>3</sup>AF = Metros cúbicos acumulados al final de la obra, en este caso los 1.26 m<sup>3</sup> resultado de la operación anterior.

Nota: se considera la equivalencia de 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo a 1 Ton, también se recomienda ajustar la capacidad de vehículo de transporte del volumen restante al final de la obra para aprovechar al máximo su capacidad.

Quedando entonces como resultado de esta operación = 1.26 Ton

6.23 Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD,

6.23.1 la cual depende de la cantidad de toneladas acumuladas al final de la obra y de la disponibilidad de los vehículos de transporte de la empresa, se obtiene a través de la siguiente formula:

$$\mathbf{CTF = 1.26 \text{ Ton} / CVT} \quad (27)$$

Donde:

CTF = Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra, en este caso 1.26 Ton

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>, en este caso un vehículo con capacidad de 1 m<sup>3</sup>.

6.24 Número final de vueltas con la capacidad de transporte disponible

6.24.1 Formula para obtener el Número final de vueltas con la capacidad de transporte disponible:

$$\mathbf{NFV = 1.26 / 1} \quad (28)$$

Donde:

NFV = Número final de vueltas para el traslado de los RCD acumulados al final de la obra

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra, en este caso 1.26

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o  $M^3$ , en este caso  $1 M^3$

Dando como resultado de esta operación que se necesita 1 vuelta entera + 0.26 de un vehículo con capacidad de transporte de  $1 M^3$ , y poder así poder trasladar el último volumen de residuo restante al final de la obra, de manera que se evite subutilizar o desaprovechar la capacidad de carga del vehículo de transporte disponible.

## CONCLUSIÓN

El plan de gestión de RCD propuesto busca ser un instrumento que ayude a los constructores, contratistas, trabajadores de la construcción y autoridades a dar cumplimiento a la normativa establecida por la ley general de equilibrio ecológico y medio ambiente del estado de Quintana Roo, contribuyendo a su vez a guiar, educar y orientar a estos actores involucrados en diferentes etapas de la construcción sobre la naturaleza de los residuos, y su gestión.

Cabe señalar que este plan forma parte de un sub-sistema dentro del “Sistema Estratégico para la Prevención y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición para el Estado de Quintana Roo” planteado por el Dr. José Antonio Domínguez Lepe, por lo que para que pueda funcionar, lo ideal es el desarrollo e implementación del sistema en su conjunto, y no considerar este plan como un elemento aislado.

El plan presentado en esta propuesta se compone de 2 Programas, el programa de generación de RCD y el Programa de almacenamiento temporal y traslado de RCD, para el desarrollo de programa de generación de RCD fue necesaria la investigación de estudios y diagnósticos previos en el estado como la Tesis de Maestría “Diagnóstico para determinar las características y disposición de los residuos de construcción y demolición en Quintana Roo” elaborado por la Ing. Borjas Pelissier Leticia, y del cual se partió para obtener un total de 105 índices y sub índices de generación de RCD que servirán para la estimación de los RCD que se generan en diferentes tipos de obra de acuerdo a su sector, etapa de la construcción y tipo de RCD, ayudando así a tener un mejor control de la cantidad de RCD y poder así mejorar el rendimiento de los materiales en un futuro.

Por su parte el programa de almacenamiento temporal y traslado de RCD parte de los volúmenes obtenidos del programa de generación de RCD y busca estimar el espacio necesario para almacenar temporalmente los residuos y la frecuencia de desalojo de acuerdo a la capacidad de almacenamiento y al volumen de generación desde que inicia hasta que termina la obra.

Se obtuvieron como productos la “Guía para la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición.” Y una hoja de cálculo en Excel con la estructura propuesta para los programas que componen este plan, los cuales se encuentran como Apéndices a este documento.

## **RECOMENDACIONES**

Al ser un Plan de gestión de RCD que por motivos de tiempo y recursos no se ha podido llevar a la implementación la primera recomendación es poder contrastar lo planteado en este plan en una obra de construcción, de manera que pueda retroalimentarse de la experiencia de su implementación, logrando que con el tiempo pueda ser una herramienta más ampliamente utilizada, y conseguir como objetivo a largo plazo reducir los índices de generación de RCD que se tienen en la actualidad, ayudando a reducir el impacto al medio ambiente de las obras de construcción.

La segunda recomendación es extender el estudio de los RCD a otros tipos de obras civiles, como carreteras, puentes, etc. que no entran dentro de la clasificación por sectores de la construcción contemplada en este plan, que está más enfocado en obras de edificación.

Por ultimo sería conveniente la adaptación de los programas de generación, almacenamiento temporal y traslado de RCD planteados en este plan a hojas de cálculo en Excel, incluso para el desarrollo de aplicaciones móviles que faciliten su implementación y puedan alimentar una base de datos de RCD en el estado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Bakshan, I. Srour, G. Chehab, M. El-Fadel, J. Karaziwan, (2017) “Factores determinantes del comportamiento para mejorar la gestión de los desechos de la construcción: un análisis de la red bayesiana” (Behavioral determinants towards enhancing construction wastemanagement: A Bayesian Network analysis), Resources, Conservation and Recycling Volume 117, Part B, February 2017, Pages 274-284

B. A. G. Bossink and H. J. H. Brouwersz, (1996) “Residuos de la construcción: cuantificación y evaluación de la fuente” (Construction waste: quantification and source evaluation), Journal of Construction Engineering and Management Vol. 122, Issue 1

B. McDonald, M. Smithers, (2010) “Implementando un plan de manejo de desechos durante la fase de construcción de un proyecto: Un caso de estudio.” (Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study), Construction Management and Economics Volume 16, - Issue 1, Pages 71-78, 2010.

Borjas Pelissier Leticia (2008) , Tesis de Maestria “Diagnóstico para determinar las características y disposición de los residuos de construcción y demolición en Quintana Roo” Instituto Tecnológico de Chetumal.

Cortes Arzola D., Tesis de Maestria (2008), “Propuesta de plan específico para la gestión de residuos de construcción y demolición en el Estado de Quintana Roo.” Instituto Tecnológico de Chetumal.

C. S. Poon, T.W. Yu and L. H. Ng, (2001) “Una guía para gestionar y minimizar Residuos de construcción y demolición.” (A guide for managing and minimizing building and demolition waste) Editorial Research Centre for Urban Environmental Technology and Management Department of Civil and Structural Engineering The Hong Kong Polytechnic University ISBN:962-367-311-6

C. Ulsen, H.Kahn, G.Hawlitschek. (2013) “Estudios de separabilidad de residuos de construcción y demolición de arena reciclada”. (Separability studies of construction and demolition waste recycled sand) Waste Management Volume 33, Issue 3, March 2013, Pages 656-662.

D. Fatta, A. Papadopoulos, E. Avramikos, E. Sgourou, (2003) “Generación y gestión de construcción y residuos de demolición en Grecia-un desafío existente” (Generation and management of construction and demolition waste in Greece—an existing challenge), Resources, Conservation and Recycling , Volume 40, Issue 1, December 2003, Pages 81-91

Domínguez, J. A. (2005), Necesidad de Plan específico de Gestión de Residuos de construcción y demolición para el Estado de Quintana Roo, Revista Avacient No 37, pp 60-72.

Domínguez, J. A. (2006), Sistema estratégico para la prevención y gestión de los residuos de construcción y demolición. Tesis (Doctorado)- Instituto Tecnológico Superior Antonio Echevarría- La Habana, 2006.

Domínguez J.A. (2008). "Propuesta de Plan Especifico para la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en el Estado de Quintana Roo". Informe final. Instituto Tecnológico de Chetumal- Quintana Roo, México.

E. K. Lauritzen, (1998) "Gestión de residuos de construcción de emergencia" (Emergency construction waste management), Safety Science Volume 30, Issues 1–2, October–December 1998, Pages 45-53

Escudero Najera F.A. (2016) "Análisis costo-beneficio de los subsistemas de captación y revalorización de los residuos de construcción y demolición en Chetumal y su Área Metropolitana." Instituto Tecnológico de Chetumal.

H. Yuan, L. Shen., (2011) "Trend of the research on construction and demolition waste management" Waste Management Volume 31, Issue 4, April 2011, Pages 670-679.

H.Yuan, (2012) "Un modelo para evaluar el desempeño social de la gestión de residuos de construcción." (A model for evaluating the social performance of construction waste management) Waste Management Volume 32, Issue 6, June 2012, Pages 1218-1228.

H.Yuan (2013) "Un análisis FODA de la gestión exitosa de los desechos de la construcción." (A SWOT analysis of successful construction waste management) Journal of Cleaner Production Volume 39, January 2013, Pages 1-8

J. Sheth, G. Devkar (2016) "Análisis de las Políticas sobre Residuos de Construcción y Demolición desde una perspectiva de Sustentabilidad" (Analysis of Construction and Demolition Waste Management Policies from Sustainability Perspective) Habitat Conclave 2016 Paper presentation on "Smart & Sustainable City"

J.Solís-Guzmán, M. Marrero, M. V. Montes-Delgado. (2009) "Un modelo español de cuantificación y gestión de residuos de construcción." (A Spanish model for quantification and management of construction waste) Waste Management Volume 29, Issue 9, September 2009, Pages 2542-2548.

M. Kelly,D. Dowd, (2017) "Una revisión de la gestión de residuos de construcción prácticas en casos de estudio seleccionados en Irlanda." ( A review of construction



waste management practices on selected case studies in Ireland) Proceedings of the Institution of Civil Engineers Waste and Resource Management M. Osmani, J. Glass, A.D.F. Price, (2008) "Perspectivas de los arquitectos sobre la reducción de residuos de construcción a través del diseño." (Architects' perspectives on construction waste reduction by design) Waste Management Volume 28, Issue 7, 2008, Pages 1147-1158 170 May 2017 Issue WR2 Pages 78–84 <http://dx.doi.org/10.1680/jwarm.17.00007>

N. Kartam ,N. Al-Mutairi, I. Al-Ghusain, J. Al-Humoud, (2004) "Gestión ambiental de residuos de construcción y demolición en Kuwait" (Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait) Waste Management Volume 24, Issue 10, 2004, Pages 1049-1059

N. Udawattaa, J. Zuoa, K. Chiverallsa, G. Zillanteba (2015) "Mejorando la Gestión de Residuos en Proyectos de Construcción: Un estudio de Australia." ( Improving waste management in construction projects: An Australian study) Resources, Conservation and Recycling Volume 101, August 2015, Pages 73-83.

O. F. Kofoworola, S. H. Gheewala, (2009) "Estimación de la generación y gestión de residuos de construcción en Tailandia."( Estimation of construction waste generation and management in Thailand) Waste Management Volume 29, Issue 2, February 2009, Pages 731-738.

Vivian W.Y. Tam, (2008) "Efectividad en la implementación de un plan de gestión de residuos en la construcción." (On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction), Waste Management Volume 28, Issue 6, 2008, Pages 1072-1080.

Saheed O. Ajayi, Lukumon O. Oyedele, Muhammad Bilal, Olugbenga O. Akinade, Hafiz A. Alaka, Hakeem A. Owolabi (2017) "Prácticas de gestión críticas que influyen en la minimización de residuos en el sitio en proyectos de construcción." (Critical management practices influencing on-site waste minimization in construction projects ) Waste Management Volume 59, January 2017, Pages 330-339.

T. H. Christensen, L. Andersen (2010) "Residuos de construcción y demolición." (Construction and Demolition Waste) Solid Waste Technology & Management, Volume 1 & 2 (ed T. H. Christensen), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2010.



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL**

## **Apéndice 1: Guía para la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición.**

**Autor:**

**Arq. Jonathan de Jesús de Dios Frías.**

**Co-autores:**

**Dr. José Antonio Domínguez Lepe**

**Dr. Luis Felipe Jiménez Torrez**

**Dr. Ricardo Vega Azamar**

**Mtra. Maritza Chan Juárez**

Aunque este trabajo hubiere servido para examen de grado y hubiere sido aprobado por el H. Sínodo, sólo el autor es responsable de las doctrinas emitidas en él.

## Contenido

<b>Objetivo de la guía .....</b>	<b>1</b>
<b>Recomendaciones para su uso.....</b>	<b>1</b>
<b>Aplicación del plan de gestión de RCD .....</b>	<b>2</b>
<b>Programa de Generación de Residuos.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Datos iniciales de la obra .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo. ....</b>	<b>4</b>
<b>3. Cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de residuo. ....</b>	<b>7</b>
<b>4. Resumen de Generación de Residuos por tipo .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Grafica de generación de residuos.....</b>	<b>11</b>
<b>Programa de almacenamiento temporal .....</b>	<b>12</b>
<b>Programa de traslado de RCD .....</b>	<b>17</b>
<b>7. Índices y sub índices del Sector Educación .....</b>	<b>27</b>
<b>Tablas de índices y sub índices.....</b>	<b>27</b>
<b>8. índices y sub índices del Sector Vivienda .....</b>	<b>27</b>
<b>9. Índices y sub índices del Sector Turismo .....</b>	<b>28</b>
<b>10. Índices y sub índices del Sector Salud .....</b>	<b>29</b>
<b>11. Índices y sub índices del Sector Otros .....</b>	<b>29</b>
<b>12. Áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal .....</b>	<b>30</b>
<b>13. Características de contenedores metálicos.....</b>	<b>30</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1 Datos iniciales de la obra .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 2 Estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo. ....</b>	<b>4</b>
<b>Tabla 3 Cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de residuo. ....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 4 Resumen de Generación de Residuos por tipo .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 5 Programa de almacenamiento temporal .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 6 Programa de traslado de RCD .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 7 Índices y sub índices del Sector Educación .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 8 Índices y sub índices del Sector Vivienda .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 9 Índices y sub índices del Sector Turismo .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 10 Índices y sub índices del Sector Salud .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 11 Índices y sub índices del Sector Otros.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 12 Áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 13 Características de contenedores metálicos.....</b>	<b>30</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1 Partes del plan de gestión de RCD .....</b>	<b>1</b>
<b>Figura 2 Aplicación del Plan de Gestión de RCD.....</b>	<b>2</b>
<b>Figura 3 Grafica de generación de residuos.....</b>	<b>11</b>

## Objetivo de la guía

Orientar a constructores, autoridades, clientes y demás involucrados en la construcción sobre el plan de gestión de residuos de construcción y demolición, ¿Qué es? ¿Qué Contiene? ¿Cómo se emplea? ¿Qué alcance tiene? Y recomendaciones para su uso.

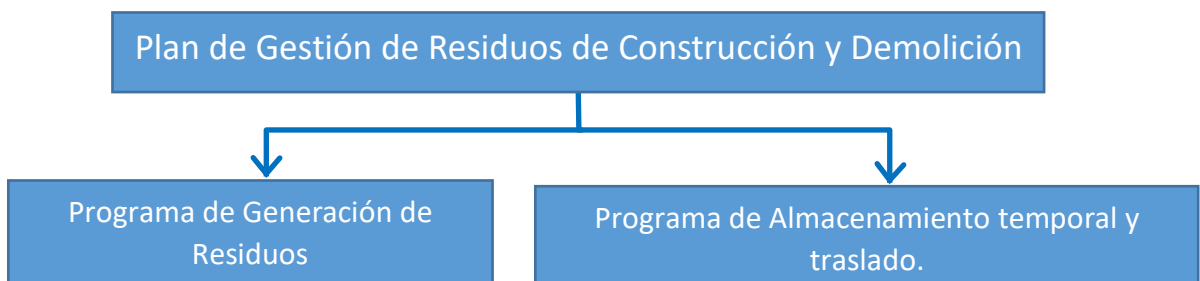
## ¿Qué es?

El plan de Gestión de Residuos de Construcción y demolición procura ser un instrumento de aplicación práctica y eficaz que oriente a los diferentes actores involucrados para dar cumplimiento a la normatividad vigente mediante su implementación en las obras de construcción en el estado de Quintana Roo.

## Recomendaciones para su uso

Se recomienda el uso de esta guía desde la etapa de planeación del proyecto, antes del inicio de la construcción, para proyectar la generación y planear la gestión de los RCD en obra. (Ver Figura 1)

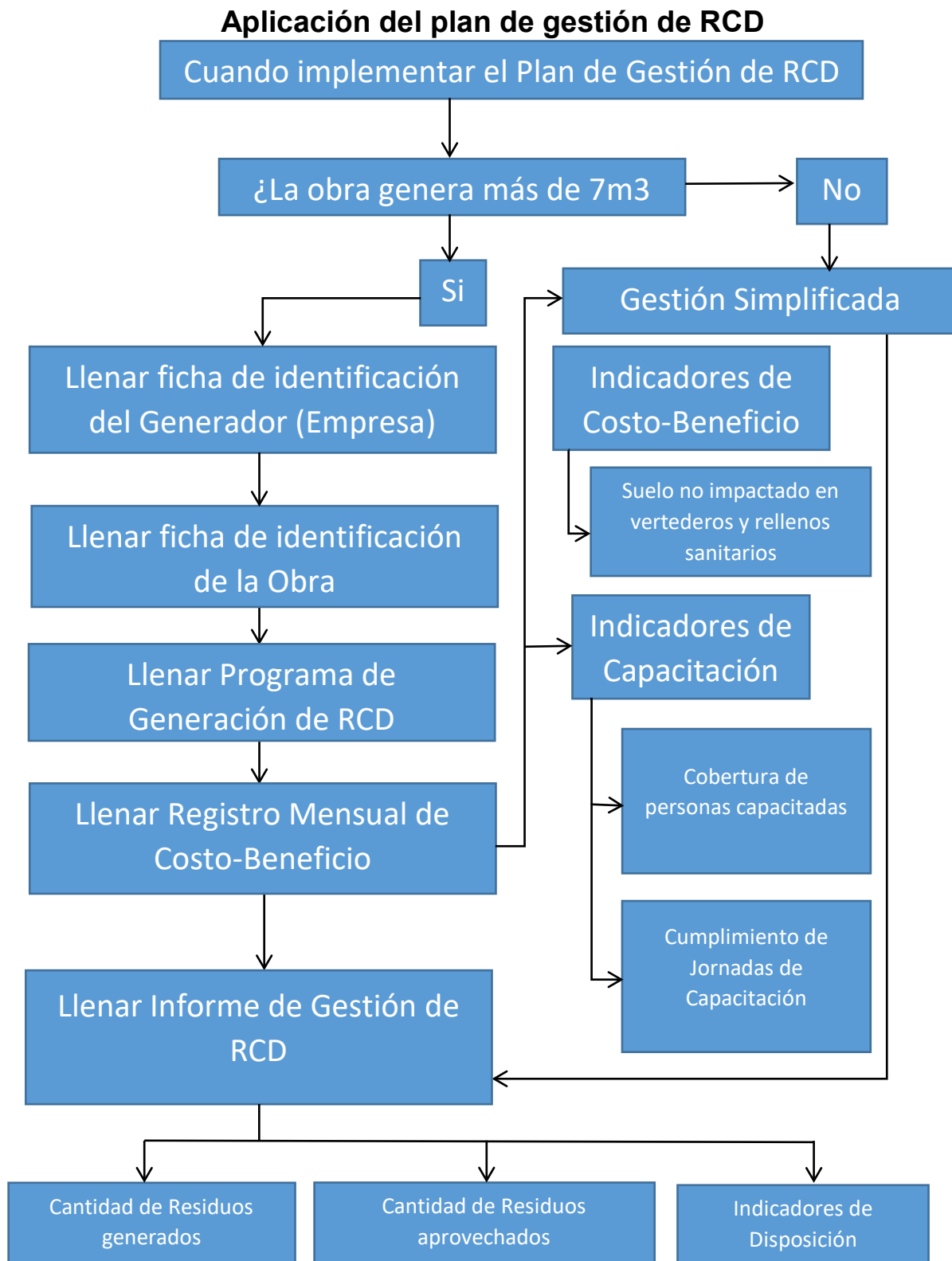
### Partes del plan de gestión de RCD



**Figura 1 Partes del plan de gestión de RCD**

Fuente: Elaboración Propia.

Para la implementación del plan sigue el diagrama de aplicabilidad que se muestra a continuación para verificar si la obra de construcción a ejecutar puede llegar a generar la cantidad de residuos lo suficientemente significativa como para la implementación del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.



**Figura 2 Aplicación del Plan de Gestión de RCD**

Fuente: Elaboración Propia

## Programa de Generación de Residuos

Para empezar la implementación del Programa de Generación de Residuos de Construcción y Demolición se propone seguir los siguientes pasos como se muestra a continuación (Ver Tabla 1):

**Tabla 1 Datos iniciales de la obra**

1.1 DATOS INICIALES DE LA OBRA					
1.2 Empresa:					
1.3 Tipo de obra:			1.4 Sector		
1.5 Localización:					
1.6 Nombre del Proyecto:					
1.7 Descripción General de la Obra					
1.8 Gerente del Proyecto:					
1.9 Residente de Obra:					
1.10 M <sup>2</sup> de Construcción:		1.11. Índice de generación por Sector		KG/M <sup>2</sup>	1.13 Fecha de Inicio
1.12 Total de Residuos Programados		KG		TON	1.14 Fecha de Terminación

Fuente: Elaboración Propia

1.1 Titulo de Tabla de datos iniciales de la obra

1.2 Nombre de la empresa constructora

1.3 Tipo de obra

1.4 Definir el sector de la construcción al que pertenece la obra:

- Sector Educación
- Sector Vivienda
- Sector Turismo
- Sector Salud
- Sector Otros

1.5 Localización (Calle, Lote, Manzana, Colonia, Localidad)

1.6 Nombre del proyecto asignado por la empresa constructora

1.7 Descripción general de la obra (Características especiales, Capacidad de usuarios, Cuartos, Espacios de recreación, equipamiento)

1.8 Gerente del proyecto encargado de la supervisión del mismo



1.9 Residente en obra

1.10 M<sup>2</sup> de construcción

1.11 Índice de generación general de residuos de acuerdo al sector al que pertenece la obra expresado en Kg/m<sup>2</sup> (Ver Tablas 7-11 de índices y sub índices de generación de residuos)

1.12 Total de Residuos Programados en Ton, el cual se obtiene a través de la siguiente formula:

$$TRP = \frac{(M2 \times IGS)}{1000*} \quad (1)$$

Donde:

TRP = Total de Residuos Programados en Ton

M<sup>2</sup> = Metros cuadrados de construcción

IGS = Índice de generación por sector en Kg/M<sup>2</sup>

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

1.13 Fecha tentativa de inicio de la obra.

1.14 Fecha tentativa de terminación de la obra.

**Tabla 2 Estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción.**

2.1 ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE GENERACIÓN POR ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN Y TIPO DE RESIDUO.			
2.2 Etapa y Tipo de Residuo	2.3 Datos para la estimación		2.4 Cantidad de residuos generados
	2.3.1 M <sup>2</sup>	2.3.2 Índice de generación de residuos	

Fuente: Elaboración propia

2.1 Titulo de tabla para la estimación de volúmenes de generación por etapa de la construcción y tipo de residuo (Ver Tabla 2)

2.2 Etapa de la construcción de la cual se va a estimar la generación de residuos:

- Cimentación

- Estructura
- Cubierta
- Acabados
- Instalaciones
- Obra Exterior

Y Tipo de residuo del cual se va a estimar la generación de residuos:

- Concreto, Mortero
- Residuo de Block, Vigueta y Bovedilla
- Metales
- Pisos
- Otros

## 2.3 Datos necesarios para la estimación de RCD

### 2.3.1 Metros cuadrados de la construcción

2.3.2 Índice de generación de residuos de acuerdo a etapa de la construcción (Ver Tablas de 7-11 de índices de generación de residuos)

- Cimentación
- Estructura
- Cubierta
- Acabados
- Instalaciones
- Obra Exterior

2.4 Cantidad de residuos generados que se estima por etapa de la construcción y tipo de residuo expresado en Ton, la cual se obtiene a través de la siguiente formula:

**Residuos generados por etapa.-** Son los residuos generados por cada una de las etapas de la construcción que componen la obra (Cimentación, Estructura, Cubierta, Acabados, Instalaciones, Obra Exterior), para obtener la cantidad de residuos generados por etapa de la construcción se emplea la siguiente formula:

$$\mathbf{CRG} = \frac{(\mathbf{M2} \times \mathbf{IGR})}{\mathbf{1000*}} \quad (2)$$

Donde:

CRG = Cantidad de residuos generados por etapa de la construcción en Ton

M<sup>2</sup> = Metros cuadrados de construcción

IGR = Índice de generación de residuos por etapa de la construcción (Ver tablas de 7-11 de índices de generación de residuos)

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

**Residuos generados por tipo.-** Son los residuos generados por cada tipo (Concreto/Mortero, Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) y que se generan en cada etapa de la construcción, La fórmula para obtener los residuos generados por tipo es:

$$\mathbf{RGT} = \frac{(\mathbf{M2} \times \mathbf{SGT})}{\mathbf{1000*}} \quad (3)$$

Donde:

RGT = Cantidad de residuos generados por tipo de clasificación en Ton.

M<sup>2</sup> = Metros cuadrados de construcción

SGT = Sub índice de generación de residuos por tipo de clasificación (Ver tablas de 7-11 de sub índices de generación de residuos)

\*Se toma como equivalencia para esta guía que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo y sin compactar = 1 tonelada = 1000 kg

**Tabla 3 Cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción**

		3.1 CRONOGRAMA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS POR ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN Y TIPO DE RESIDUO.			
		3.2 SEMANAS/MESES			
		1	2	3	n
3.3 Cimentación	Programado	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.n
	Real	3.4.1	3.4.2	3.4.3	3.4.n

Fuente: Elaboración propia

3.1 Titulo de tabla de cronograma de generación de residuos por etapa de la construcción y tipo de residuo (Ver Tabla 3)

3.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc. 1, 2,3... n

3.3 El eje vertical se ordenan las etapas de la construcción que componen la obra (Cimentación, Estructura, Cubierta, Acabados, Instalaciones, Obra Exterior), y dentro de cada etapa los tipos de residuos de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

3.3. n A cada etapa de la construcción y tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes programados de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

La fórmula para determinar la cantidad de residuo programado por escala de tiempo definido (semanas, meses, etc.) se emplea la siguiente formula:

$$\mathbf{RGET = CRG / ETD} \quad (4)$$

Donde:

RGET = Residuo generado por escala de tiempo (Semana, mes, etc.) en Ton

CRG = Cantidad de residuos generados por etapa en Ton.

ETD = Escala de Tiempo Definido.

3.4.n A cada etapa de la construcción y tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

**Tabla 4 Resumen de Generación de Residuos por tipo**

4.1 RESUMEN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS POR TIPO					
		4.2 Semanas/Meses			
		1	2	3	n
4.3 Concreto/Mortero	Programado	4.3.1	4.3.2	4.3.3	4.3.n
	Real	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.4.n
R. Block, Vigueta, Bovedilla.	Programado				
	Real				
Pisos	Programado				
	Real				
Metales	Programado				
	Real				
Otros	Programado				
	Real				
4.5 Total en KG	Programado	4.5.1	4.5.2	4.5.3	4.5.n
	Real	4.6.1	4.6.2	4.6.3	4.6.n
4.7 Promedio	Programado	4.7.n			
	Real	4.8.n			

Fuente: Elaboración propia

4.1 Titulo de tabla de resumen de generación de residuos por tipo (Ver Tabla 4)

4.3 Tipo de residuo de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

4.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc.

4.3.n La fórmula para determinar la cantidad de residuo acumulado por escala de tiempo definido (semanas, meses, etc.) se emplea la siguiente formula:

$$RAe = \sum RGET \quad (5)$$

Donde:

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) en Ton

$\sum$  RGET = Sumatoria de residuo generado por escala de tiempo (Semana, mes, etc.) en Ton.

4.3 Tipo de residuo de construcción (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). Se estima el programado y se anota la cantidad real.

4.4.n A cada tipo de residuo se hace corresponder una línea horizontal en la cual se colocaran los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida.

4.5 Sumatoria total de los residuos generados por tipo en una escala de tiempo

4.5.n Formula para obtener la sumatoria total de residuos por escala de tiempo:

$$\sum TR_{ne} = \sum TRC_{ne} + \sum TRB_{ne} + \sum TRP_{ne} + \sum TRM_{ne} + \sum TRO_{ne} \quad (6)$$

Donde:

$\sum TR_{ne}$  = Sumatoria total de residuos por escala de tiempo

$\sum TRC_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Concreto/Mortero por escala de tiempo

$\sum TRB_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Block, Vigueta y Bovedilla por escala de tiempo

$\sum TRM_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Metales por escala de tiempo

$\sum TRP_{ne}$  = Sumatoria total de residuos de Pisos por escala de tiempo

$\sum TRO_{ne}$  = Sumatoria total de Otros residuos (No entran en ninguno de los tipos anteriores) por escala de tiempo

4.6.n Sumatoria de los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

4.7 Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo ( $\sum TRe$ )

4.7.n Formula para obtener el promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo:

$$PTR = \frac{\sum TR_{ne} + \sum TR_{ne+1} \dots \sum TR_{e+n}}{ne} \quad (7)$$

Donde:

PTR = Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo

$\sum TR_{ne}$  = Sumatoria total de residuos por "n" escala de tiempo

ne = Numero de escala de tiempo

4.8.n Promedio de los volúmenes reales de acuerdo a la escala de tiempo definida en el eje horizontal.

### 3. Grafica de generación de residuos.

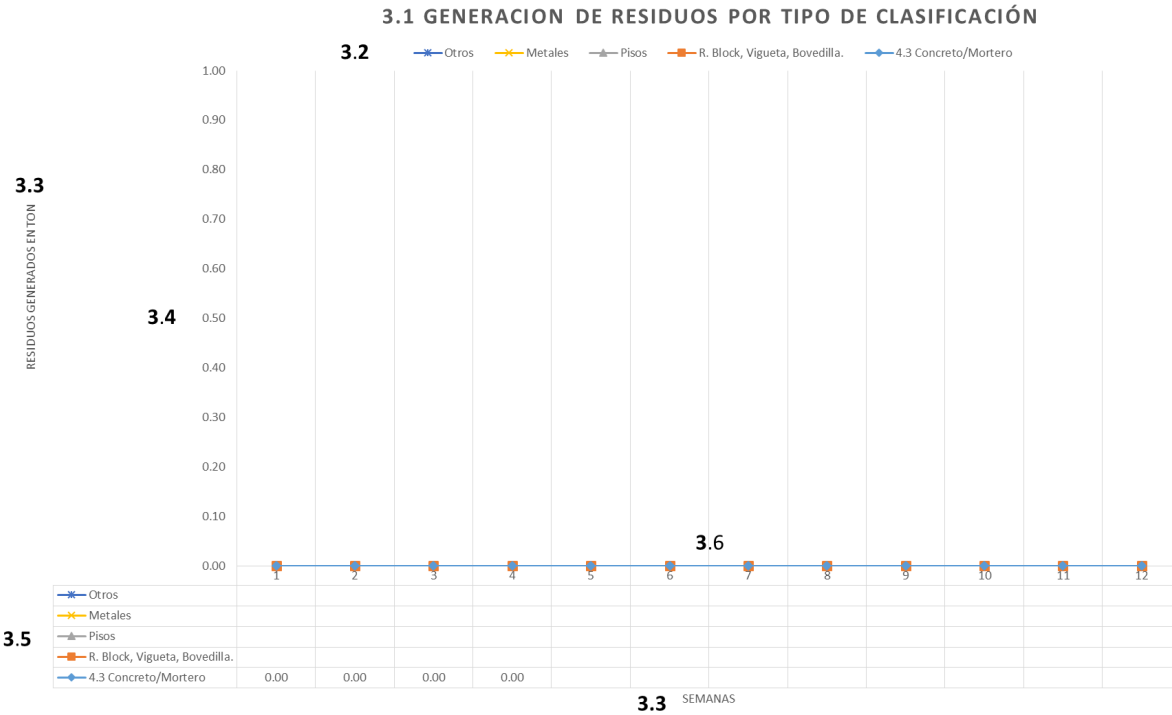


Figura 3 Grafica de generación de residuos.

Fuente: Elaboración propia

3.1 Título de la gráfica (Ver Figura 3)

3.2 Simbología de la grafica

3.3 Título de ejes

3.4 Eje vertical para medir la escala de la generación de residuos en Ton.

3.5 Tabla de resumen de residuo generado en Kg o Ton. por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros). De acuerdo al punto 25 de esta guía.

3.6 Serie de datos para graficar la cantidad de residuo generado en Ton. por semana/mes etc.



**Programa de almacenamiento temporal**  
**Tabla 5 Programa de almacenamiento temporal**

<b>5.1 PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL</b>				
	<b>5.3 Semanas/Meses</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>n</b>
<b>5.2 Concreto,Mortero</b>	<b>5.2.1</b>	<b>5.2.2</b>	<b>5.2.3</b>	<b>5.2.n</b>
R. Block, Vig, Bov.				
Pisos				
Metales				
Otros				
<b>5.4 Area minima requerida en M<sup>2</sup></b>	<b>5.4.1</b>	<b>5.4.2</b>	<b>5.4.3</b>	<b>5.4.n</b>
<b>5.5 Area promedio requerida en M<sup>2</sup></b>	<b>5.5.1</b>			
<b>5.6 Numero PROMEDIO de contenedores (Insertar capacidad de contenedores)</b>	<b>5.6.1</b>			
<b>5.7 Area disponible en M<sup>2</sup></b>				
<b>5.8 TON que puedo almacenar</b>	<b>5.8.1</b>			
<b>5.9 Numero de contenedores (Insertar capacidad de contenedores)</b>	<b>5.9.1</b>			

Fuente: Elaboración propia

5.1 Título de tabla de programa de almacenamiento temporal (Ver Tabla 5)

5.2 Tipo de RCD por clasificación (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros)

5.2.n En cada escala de tiempo se calcula el espacio mínimo en m<sup>2</sup> requerido para el almacenamiento temporal por cada tipo de residuo a través de la siguiente formula:

$$M^2N = (RA / 1000^*) (8.8^{**}) \quad (8)$$

Donde:

M<sup>2</sup>N = Metros cuadrados necesarios para el almacenamiento temporal

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros).

\*Se realiza la división de RA entre 1000 para realizar la conversión de Kg. a Ton.

\*\*Se realiza la multiplicación por 8.8 (M<sup>2</sup> ocupados por Tonelada de RCD, Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal al final de la guía)

5.3 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc.

5.4 Sumatoria de Área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo,

5.4.n Formula para obtener la sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo:

$$\sum AMn = M^2NC + M^2NB + M^2NM + M^2NP + M^2NO \quad (9)$$

Donde:

$\sum ARne$  = Sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo.

M<sup>2</sup>NC = Área mínima requerida para residuos de Concreto/Mortero

M<sup>2</sup>NB = Área mínima requerida para residuos de Block, Vigueta y Bovedilla

M<sup>2</sup>NM = Área mínima requerida para residuos de metales

M<sup>2</sup>NP = Área mínima requerida para residuos de pisos

M<sup>2</sup>NO = Área mínima requerida para Otros tipos de residuos (No entran en ninguno de los tipos anteriores)

5.5 Área promedio requerida en M<sup>2</sup>

5.5.1 Formula para obtener el área promedio requerida en M<sup>2</sup>

$$AP = \frac{\sum AR_{ne} + \sum AR_{ne+1} + \dots + \sum AR_{ne+n}}{ne} \quad (10)$$

Donde:

AP = Área promedio requerida en M<sup>2</sup>

$\sum AR_{ne}$  = Sumatoria de área mínima requerida de los tipos de RCD por escala de tiempo "n"

ne = Numero de escalas de tiempo definidas (Semana, mes, etc.)

5.6 Número promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del Promedio de Residuos generados

5.6.1: Formula para obtener el número promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del Promedio de Residuos generados:

$$NPC = (PTR/*1000) / CC \quad (11)$$

Donde:

NPC = Numero promedio de contenedores necesarios en obra para el almacenamiento temporal del promedio de residuos

PTR = Promedio de la sumatoria total de residuos por escala de tiempo en Kg.

\*Se divide entre mil para convertir de Kg. a Ton.

CC = Capacidad de contenedores a emplear en M<sup>3</sup> (Ver tabla 13 de contenedores metálicos)

Nota: para esta operación se considera que 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo equivale a 1 Ton.

5.7 En caso de que el área disponible (AD) para el almacenamiento temporal sea menor al AP (Área promedio requerida) se ingresan los M<sup>2</sup> disponibles para el almacenamiento temporal en la obra.

5.8 Ton. De RCD que se pueden depositar temporalmente en el área disponible, tomando en cuenta que 1 Ton de RCD heterogéneo abarca 8.8 m<sup>2</sup> (Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

5.8.1 Formula para obtener las Ton de RCD que se pueden depositar temporalmente en el área disponible:

$$\mathbf{CAT = AD / *8.8} \quad (12)$$

Donde:

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton.

AD = Área disponible en obra para el almacenamiento temporal

\*Se considera 8.8 M<sup>2</sup> el espacio que ocupa 1 Ton de RCD (Ver Tabla de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

5.9 Número de contenedores necesarios para el almacenamiento temporal en el área disponible

5.9.1 Formula para obtener el número de contenedores necesarios

$$\mathbf{NCN = CAT / CC} \quad 13)$$

Donde:

NCN = Número de contenedores necesarios para el almacenamiento temporal en el área disponible

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton.

CC = Capacidad de contenedores a emplear en M<sup>3</sup> (Ver tabla 13 de contenedores metálicos)

**Programa de traslado de RCD**  
**Tabla 6 Programa de traslado de RCD**

6.1 PROGRAMA DE TRASLADO DE RESIDUOS						
	6.2 Semanas/Meses					
	1	2	3	n		
6.3 Concreto, Mortero	6.3.1	6.3.2	6.3.3	6.3.n		
R. Block, Vig, Bov.						
Pisos						
Metales						
Otros						
6.4 Volument Total en Toneladas	6.4.1	6.4.2	6.4.3	6.4.n		
6.5 Numero de vueltas para el traslado de RCD (Inserte capacidad de transporte en M <sup>3</sup> )	6.5.1	6.5.2	6.5.3	6.5.n	6.8 Restante final de RCD (Expresado en vueltas de camión y M <sup>3</sup> )	
6.6 Numero de vueltas enteras	6.6.1	6.6.2	6.6.3	6.6.n		
6.7 Acumulado de vueltas para proxima escala de tiempo						m3
6.9 Volumen promedio de toneladas						
6.10 M2 ocupados por mes	6.10.1	6.10.2	6.10.3	6.10.n		
6.11 Porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo	6.11.1	6.11.2	6.11.3	6.11.n		
6.12 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal	6.12.1	6.12.2	6.12.3	6.12.n		

<b>6.13 Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento (Inserte capacidad de camión de transporte en M3)</b>	<b>6.13.1</b>	<b>6.13.2</b>	<b>6.13.3</b>	<b>6.13.n</b>		
<b>6.14 Numero de vueltas enteras</b>						
<b>6.15 Acumulado de vuelta para la proximia escala de tiempo</b>						
<b>6.16 Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado</b>	<b>6.16.1</b>	<b>6.16.2</b>	<b>6.16.3</b>	<b>6.16.n</b>		
<b>6.17 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal</b>	<b>6.17.1</b>	<b>6.17.2</b>	<b>6.17.3</b>	<b>6.17.n</b>		
<b>6.18 Frecuencia de traslado (Inserte capacidad de camión de transporte en M3)</b>	<b>6.18.1</b>	<b>6.18.2</b>	<b>6.18.3</b>	<b>6.18.n</b>		
<b>6.19 Numero de vueltas enteras</b>						
<b>6.20 Acumulado de vuelta para la proxima escala de tiempo</b>						
	<b>6.21 M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra</b>			<b>6.21.1</b>		
	<b>6.22 Ton de RCD acumulados al final de la obra</b>			<b>6.22.1</b>		
	<b>6.23 Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD</b>			<b>6.23.1</b>		
	<b>6.24 Numero final de vueltas con la capacidad de transporte disponible</b>			<b>6.24.1</b>		

Fuente: Elaboración propia

6.1 Título del programa de traslado de residuos (Ver Tabla 6)

6.2 Eje horizontal de escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada a la etapa de construcción que se va a ejecutar: semanas, meses, etc.

6.3 Tipo de RCD por clasificación (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros)

6.3.n En cada escala de tiempo se calcula la cantidad de residuo generado en toneladas a través de la siguiente formula:

$$\mathbf{RAet = RAe / 1000*} \quad (14)$$

Donde:

RAet = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros) expresado en toneladas.

RAe = Cantidad de residuo acumulado en una escala de tiempo definido por tipo de RCD (Concreto/Mortero, Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla, Metales, Pisos, Otros).

\*Se dividen los Kg de RCD entre 1000 para convertir en Ton.

6.4 Volumen total de Residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en toneladas.

6.4.n Formula para obtener el volumen total de Residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en toneladas.

$$\mathbf{VTet = RAetC + RAetB + RAetP + RAetM + RAetO} \quad (15)$$

Donde:

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton



RAetC = Residuo de concreto/mortero acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetB = Residuo de Block/Vigueta y Bovedilla acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetP = Residuo de Pisos acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetM = Residuo de Metales acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

RAetO = Residuo de otros materiales (No incluidos en los anteriores) acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

6.5 Número de vueltas necesarias para el traslado de las toneladas de RCD que se estima se generaran,

6.5.n Formula para obtener número de vueltas necesarias para el traslado de las toneladas de RCD que se estima se generaran:

$$\mathbf{NV = VTet / CVT} \quad (16)$$

Donde:

NV = Numera de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

6.6 Numero de vueltas enteras necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra

6.6.n Se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior (NV = VTet / CVT ) en caso de ser necesario.

6.7 Se anotan los decimales que se restaron del número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, los cuales se acumulan y suman al número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD de la siguiente escala de tiempo.

6.8 Se anotan los decimales del número de vueltas acumuladas después de la última escala de tiempo (semana/mes) en que se definió la obra y se convierte a  $M^3$

6.8.n Los decimales del número de vueltas acumuladas se convierten en  $M^3$  a través de la siguiente formula:

$$M^3RF = CVT \times DNV \times 1 \quad (17)$$

Donde:

$M^3RF$  = Son los metros cúbicos restantes al final de la obra

$CVT$  = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o  $M^3$

$DNV$  = Decimales del número de vueltas restantes al final de la obra

Nota: se considera la equivalencia de  $1M^3$  de RCD heterogéneo a 1 Ton, también se recomienda ajustar la capacidad de vehículo de transporte del volumen restante al final de la obra para aprovechar al máximo su capacidad.

6.9 Volumen promedio de Ton. el cual se obtiene a través de la siguiente formula:

$$VPT = \frac{VTet + VTet+1 + \dots + VTet+n}{ne} \quad (18)$$

Donde:

$VPT$  = Volumen promedio de Ton generadas en el total de la duración de la obra

$VTet$  = Volumen de Ton generadas en una escala de tiempo

$ne$  = Numero de escalas de tiempo en que se divide la obra

6.10  $M^2$  ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo,

6.10.n Formula para obtener los M<sup>2</sup> ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo:

$$M^2OT = VTet / *8.8 \quad (19)$$

Donde:

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

\*Se considera 8.8 M<sup>2</sup> el espacio que ocupa 1 Ton de RCD (Ver Tabla 12 de áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal)

6.11 Porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo

6.11.n Formula para obtener el porcentaje de Almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo:

$$AO = M^2OT / AP \quad (20)$$

Donde:

AO = Porcentaje de almacenamiento temporal promedio ocupado por escala de tiempo

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

AP = Área promedio requerida en M<sup>2</sup>

6.12 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

6.12.n Formula para obtener las Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal:

$$\text{TEC} = \text{VTet} - \text{VPT} \quad (21)$$

Donde:

TEC = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

VPT = Volumen promedio de Ton generadas en el total de la duración de la obra

6.13 Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento (Inserte capacidad de camión de transporte en M3)

6.13.n Formula para obtener la Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento:

$$\text{FDV} = \text{TEC} / \text{CVT} \quad (22)$$

Donde:

FDV = Frecuencia de vueltas para el traslado de Ton. que exceden la capacidad de almacenamiento

TEC = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

6.14 Número de vueltas necesarias para el traslado de Ton que exceden la capacidad de almacenamiento, se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior (FDV = TEC / CVT) en caso de ser necesario.

6.15 Acumulado de vueltas para la siguiente escala de tiempo, el cual se obtiene anotando los decimales restados del punto anterior (Numero de vueltas necesarias para el traslado de Ton que exceden la capacidad de almacenamiento)

6.16 Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado

6.16.n Formula para obtener el Porcentaje de Almacenamiento temporal disponible ocupado:

$$\text{PAO} = \text{M}^2\text{OT} / \text{AD} \quad (23)$$

Donde:

PAO = Porcentaje de almacenamiento temporal disponible ocupado por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

M<sup>2</sup>OT = Metros cuadrados ocupados por las Ton de RCD generadas en una escala de tiempo

AD = Capacidad de almacenamiento disponible

6.17 Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

6.17.n Formula para obtener las Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal:

$$\text{TECA} = \text{VTet} - \text{VPT} \quad (24)$$

Donde:

TECA = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

VTet = Volumen total de residuo acumulado en una escala de tiempo expresado en Ton

CAT = Capacidad de almacenamiento temporal en el espacio disponible expresada en Ton.

6.18 Frecuencia de traslado de RCD (Inserte capacidad de camión de transporte en M3),

6.18.n Formula para obtener la Frecuencia de traslado:

$$\text{FTE} = \text{TECA} / \text{CVT} \quad (25)$$

Donde:

FTE = Frecuencia de traslado de toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

TECA = Toneladas que exceden la capacidad de almacenamiento temporal

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

6.19 Numero de vueltas enteras necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, se obtiene restando los decimales del resultado de la formula anterior (FTE = TECA / CVT) en caso de ser necesario.

6.20 Se anotan los decimales que se restaron del número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD fuera del sitio de obra, los cuales se acumulan y suman al número de vueltas necesarias para el traslado de los RCD de la siguiente escala de tiempo.

6.21 M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra

6.21.1 Formula para obtener los M<sup>3</sup> de RCD acumulados al final de la obra:

$$\mathbf{M^3AF = CVT * AFV} \quad (26)$$

Donde:

M<sup>3</sup>AF = Metros cúbicos acumulados al final de la obra

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

AFV = Acumulado final de vueltas en decimales

6.22 Ton de RCD acumulados al final de la obra,

6.22.1 Formula para obtener las Ton de RCD acumulados al final de la obra

$$\mathbf{TAF = M^3AF \times 1} \quad (27)$$

Donde:

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra

M<sup>3</sup>AF = Metros cúbicos acumulados al final de la obra

Nota: se considera la equivalencia de 1M<sup>3</sup> de RCD heterogéneo a 1 Ton, también se recomienda ajustar la capacidad de vehículo de transporte del volumen restante al final de la obra para aprovechar al máximo su capacidad.

6.23 Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD,

6.23.1 la cual depende de la cantidad de toneladas acumuladas al final de la obra y de la disponibilidad de los vehículos de transporte de la empresa, se obtiene a través de la siguiente formula:

$$\mathbf{CTF = TAF / CVT} \quad (28)$$

Donde:

CTF = Capacidad de transporte para el traslado de la cantidad final de RCD

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

6.24 Número final de vueltas con la capacidad de transporte disponible

6.24.1 Formula para obtener el Número final de vueltas con la capacidad de transporte disponible:

$$\mathbf{NFV = TAF / CVT} \quad (29)$$

Donde:

NFV = Número final de vueltas para el traslado de los RCD acumulados al final de la obra

TAF = Toneladas acumuladas al final de la obra

CVT = Capacidad de vehículo de transporte expresada en Ton o M<sup>3</sup>

## Tablas de índices y sub índices

### Tabla 7 Índices y sub índices del Sector Educación

Etapa de la construcción y tipo de RCD	Operación (Kg de RCD obtenidos en obra / M <sup>2</sup> de construcción)	Índice y sub índice de generación de RCD en Kg.
<b>Cimentación</b>	<b>3,171.68 kg/1,010.88 M<sup>2</sup></b>	<b>3.1375</b>
Concreto/mortero	2,888.74 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	2.8576
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	52.65kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	0.0521
Metales	230.29 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	0.2278
<b>Estructura</b>	<b>15,851.73 kg/1,010.88 M<sup>2</sup></b>	<b>15.68</b>
Concreto/mortero	7,265.00 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	7.187
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	6,631.95kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	6.56
Metales	477.98 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	0.4728
Otros	1,476 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	1.46
<b>Cubierta</b>	<b>10,148.91 kg/1,010.88 M<sup>2</sup></b>	<b>10.04</b>
Concreto, Mortero	3,722.08 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	3.7
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,894.50 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	4.84
Metales	6.50 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	0.0064
Otros	1,475.83 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	1.46
<b>Acabados</b>	<b>18,802.57 kg/1,010.88 M<sup>2</sup></b>	<b>18.6</b>
Concreto, Mortero	16,463.85 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	16.28
Pisos	1,842.57 kg/1,010.88 M <sup>2</sup>	1.8227
Metales	25.35 kg/ 1,010.88 M <sup>2</sup>	0.025
Otros	470.80 kg/ 1,010.88 M <sup>2</sup>	0.4657
<b>Instalaciones</b>	<b>162.50 kg/ 1,010.88 M<sup>2</sup></b>	<b>0.16075</b>
Concreto, Mortero	32.50 kg/ 1,010.88 M <sup>2</sup>	0.032
Otros	130 kg/ 1,010.88 M <sup>2</sup>	0.1286

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 8 Índices y sub índices del Sector Vivienda

Etapa de la construcción y tipo de RCD	Operación (Kg de RCD obtenidos en obra / M <sup>2</sup> de construcción)	Índice y sub índice de generación de RCD en Kg.
<b>Cimentación</b>	<b>216.74 kg/69.69 M<sup>2</sup></b>	<b>3.11 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	210 kg/69.69 M <sup>2</sup>	3.013 kg/m <sup>2</sup>
Otros	6.74 kg/69.69 M <sup>2</sup>	0.0967 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>498.36 kg/69.69 M<sup>2</sup></b>	<b>7.15 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	273.49 kg/69.69 M <sup>2</sup>	3.924 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	215.83 kg/69.69 M <sup>2</sup>	3.097 kg/m <sup>2</sup>
Metales	0.61 kg/69.69 M <sup>2</sup>	0.00875 kg/m <sup>2</sup>
Otros	8.43 kg/69.69 M <sup>2</sup>	0.121 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>3,039.65 kg/69.69 M<sup>2</sup></b>	<b>43.62 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	2,479.00 kg/69.69 M <sup>2</sup>	35.57 kg/m <sup>2</sup>



R.Block/Vigueta/ Bovedilla	544.25 kg/69.69 M <sup>2</sup>	7.81 kg/m <sup>2</sup>
Metales	8.55 kg/69.69 M <sup>2</sup>	0.123 kg/m <sup>2</sup>
Otros	7.85 kg/69.69 M <sup>2</sup>	0.113 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>287.24 kg/69.69 M<sup>2</sup></b>	<b>4.122 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	146.09 kg/69.69 M <sup>2</sup>	2.096 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	122.00 kg/69.69 M <sup>2</sup>	1.751 kg/m <sup>2</sup>
Otros	19.15 kg/ 69.69 M <sup>2</sup>	0.275 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9 Índices y sub índices del Sector Turismo**

Etapa de la construcción y tipo de RCD	Operación (Kg de RCD obtenidos en obra / M <sup>2</sup> de construcción)	Índice y sub índice de generación de RCD en Kg.
<b>Cimentación</b>	<b>2,298.00 kg/1,010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>2.275 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	800 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.792 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	150 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.1485 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,348.00 kg/ 1,010.00 M <sup>2</sup>	1.335 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>13,440.00 kg/1,010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>13.31 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	4,200 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	4.16 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	5,550.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	5.495 kg/m <sup>2</sup>
Metales	3,560.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	3.5247 kg/m <sup>2</sup>
Otros	130.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.1287 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>10,778.00 kg/1,010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>10.7 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	1,568.00kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	1.5524 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	8,650.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	8.564 kg/m <sup>2</sup>
Metales	535.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.5297 kg/m <sup>2</sup>
Otros	25 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.0247 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>43,525.00 kg/1,010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>43.094 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	31,165.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	30.856 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	12,350.00 kg/1010.00 M <sup>2</sup>	12.2277 kg/m <sup>2</sup>
Otros	19.15 kg/ 69.69 M <sup>2</sup>	0.275 kg/m <sup>2</sup>
<b>Instalaciones</b>	<b>10.00 kg/1,010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>0.0099 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	10.00 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.0099 kg/m <sup>2</sup>
<b>Obra Exterior</b>	<b>250 kg/1010.00 M<sup>2</sup></b>	<b>0.24752 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	250 kg/1,010.00 M <sup>2</sup>	0.24752 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10 Índices y sub índices del Sector Salud**

Etapa de la construcción y tipo de RCD	Operación (Kg de RCD obtenidos en obra / M <sup>2</sup> de construcción)	Índice y sub índice de generación de RCD en Kg.
<b>Cimentación</b>	<b>7,938.00 kg/ 2,058.00 M<sup>2</sup></b>	<b>3.857 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	1,600.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	0.777 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	325.00kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	0.1579 kg/m <sup>2</sup>
Metales	5,850.00 kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	2.8425 kg/m <sup>2</sup>
Otros	163.00 kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	0.0792 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>16,915.60 kg/ 2,058.00 M<sup>2</sup></b>	<b>8.219436 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	5,521.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	2.682 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,782.50 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	2.3238 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	36.00 kg /2,058.00 M <sup>2</sup>	0.01749 kg/m <sup>2</sup>
Metales	6,500.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	3.1584 kg/m <sup>2</sup>
Otros	76.10 kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	0.0369776 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>16,746.00 kg/2,058.00 M<sup>2</sup></b>	<b>8.137 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	1,153.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	0.5602 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	14,233.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	6.9159 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,360.00 kg/2,058.00 M <sup>2</sup>	0.660835 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>67,856.00 kg/ 2,058.00 M<sup>2</sup></b>	<b>32.9718 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	44,786.00 kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	21.7619 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	23,070.00 kg/ 2,058.00 M <sup>2</sup>	11.21 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11 Índices y sub índices del Sector Otros**

Etapa de la construcción y tipo de RCD	Operación (Kg de RCD obtenidos en obra / M <sup>2</sup> de construcción)	Índice y sub índice de generación de RCD en Kg.
<b>Cimentación</b>	<b>3,586.67 kg/ 1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>3.458 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	1,555.25 kg/1,037.14 M <sup>2</sup>	1.499 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	131.91 kg/1,037.14 M <sup>2</sup>	0.127186 kg/m <sup>2</sup>
Metales	1,857.07 kg/1,037.14 M <sup>2</sup>	1.790568 kg/m <sup>2</sup>
Otros	42.44 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.04092 kg/m <sup>2</sup>
<b>Estructura</b>	<b>11,676.42 kg/1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>11.258287 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto/mortero	4,314.87 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	4.16035 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	4,295.07 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	4.1412 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	9.00 kg/1,037.14 M <sup>2</sup>	0.008677 kg/m <sup>2</sup>
Metales	2,634.65 kg/1,037.14 M <sup>2</sup>	2.54 kg/m <sup>2</sup>
Otros	422.83 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.407688 kg/m <sup>2</sup>
<b>Cubierta</b>	<b>10,657.70 kg/1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>10.276 kg/m<sup>2</sup></b>

Concreto, Mortero	2,243.02 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	2.16269 kg/m <sup>2</sup>
R.Block/Vigueta/ Bovedilla	7,560.00 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	7.2892 kg/m <sup>2</sup>
Metales	377.17 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.36366 kg/m <sup>2</sup>
<b>Acabados</b>	<b>33,197.47 kg/ 1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>32.008 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	23,720.00 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	22.87 kg/m <sup>2</sup>
Pisos	9,346.14 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	9.0113 kg/m <sup>2</sup>
Metales	6.34 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.0061129 kg/m <sup>2</sup>
Otros	124.99 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.1205 kg/m <sup>2</sup>
<b>Instalaciones</b>	<b>43.13 kg/ 1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>0.0415855 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	10.63 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.01024933 kg/m <sup>2</sup>
Otros	32.50 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.031336 kg/m <sup>2</sup>
<b>Obra Exterior</b>	<b>62.50 kg/ 1,037.14 M<sup>2</sup></b>	<b>0.06026 kg/m<sup>2</sup></b>
Concreto, Mortero	62.50 kg/ 1,037.14 M <sup>2</sup>	0.06026 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12 Áreas mínimas necesarias para el almacenamiento temporal**

Capacidad Demandada (M <sup>2</sup> por día)	Área mínima requerida (M <sup>2</sup> )	Área mínima por tonelada (M <sup>2</sup> )
70	1100	15.7
135	1400	10.37
270	2300	8.5
540	4800	8.8

Fuente: Fernandes de Paz, 2018

**Tabla 13 Características de contenedores metálicos**

Capacidad en M <sup>3</sup>	Largo arriba (m)	Ancho	Alto	M <sup>2</sup> que ocupa
<b>3</b>	2.8	1.65	1	<b>4.62</b>
<b>5</b>	3.4	1.82	1	<b>6.188</b>
<b>6</b>	4.4	1.7	1	<b>7.48</b>
<b>9</b>	3.4	1.9	1.6	<b>6.46</b>
<b>12</b>	3.75	2.2	1.45	<b>8.25</b>

Fuente: Elaboración propia