



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS AMBIENTAL PARA EL MERCADO DE  
LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA  
ZONA METROPOLITANA  
DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

CAMPO DE CONOCIMIENTO – AMBIENTAL

P R E S E N T A :

**ING. CLAUDIA LIZETT RIVERA VALDOVINOS**

TUTOR:

M. en C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS



México D.F; Ciudad Universitaria  
Noviembre 2008

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** M .I. Jorge Sánchez Gómez  
**Secretario:** M.A.I. Landy Irene Ramírez Burgos  
**Vocal:** M.C. Constantino Gutiérrez Palacios  
**1<sup>er</sup> Suplente:** M.I. Carlos Javier Mendoza Escobedo  
**2<sup>do</sup> Suplente:** Dr. Enrique Cesar Váldez

**LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA TESIS:**

**Edificio de Posgrado de Ingeniería en Ciudad Universitaria y Zona Metropolitana de la Ciudad de México.**

**TUTOR DE TESIS  
M.C. Constantino Gutiérrez Palacios**

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por iluminar mi camino día con día para alcanzar todos mis más grandes anhelos.*

*A mi madre por brindarme todo su amor, comprensión y apoyo desde el primer momento en que me trajo a este mundo, por responder a todas mis dudas, por protegerme y cuidarme y por sacarme adelante para ser una mujer de bien.*

*A mi padre Alonso que en paz descanse por haberme brindado todo su amor, comprensión y apoyo, y por haberme enseñado a luchar por mis sueños.*

*A mi padre Francisco que en paz descanse por haberme brindado todo su amor, comprensión y apoyo, y por haberme transmitido toda su sabiduría para enfrentar la vida.*

*Al amor de mi vida Paulino por brindarme todo su amor, por compartir conmigo momentos únicos y maravillosos, por su confianza, comprensión y apoyo.*

*A mi hermana Adriana por ser mi mejor amiga, por quererme, por escucharme, por acompañarme y apoyarme a cada instante.*

*A mi hermano Víctor por ser mi mejor amigo, por su cariño, por hacerme sonreír, por su lealtad y su apoyo incondicional.*

*A mi sobrina Mariel por alegrar mi vida a cada instante, por quererme y hacerme reír constantemente.*

*A mi abuela Josefina por brindarme todo su amor, sus consejos, sus cuidados, su ternura y su sabiduría.*

*A mi cuñada Elena por su cariño y apoyo incondicional.*

*Al Maestro Constantino Gutiérrez por brindarme su confianza, por todas sus enseñanzas y por formar parte importante de este trabajo.*

*A mis amigos y familiares por su cariño, comprensión y lealtad incondicional.*

*A mis profesores por sus enseñanzas y por haber respondido a todas mis dudas.*

*A la UNAM y a la Facultad de Ingeniería por haberme abierto las puertas hacia su sabiduría.*

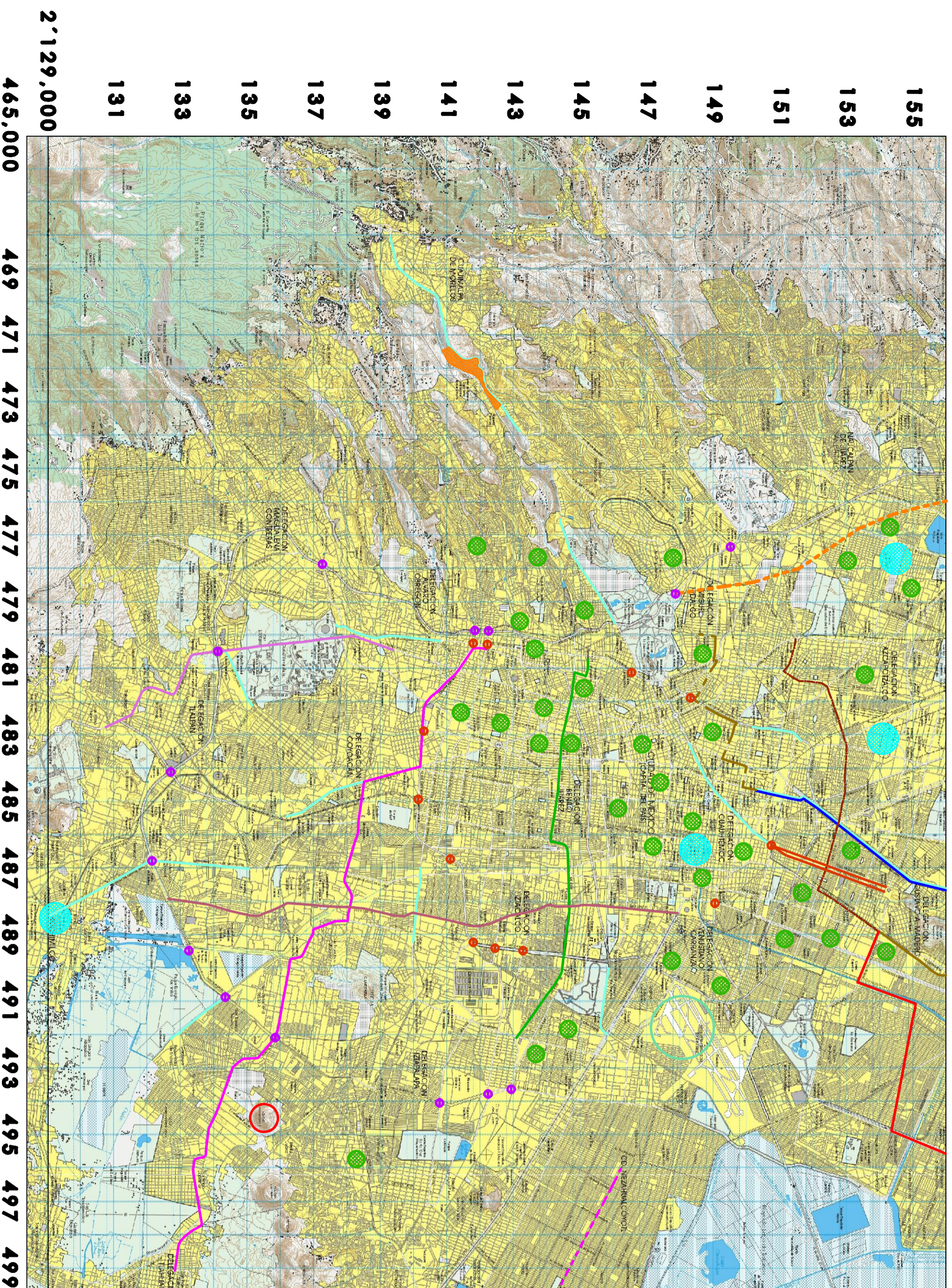
*Al CONACYT por otorgarme la beca durante mis estudios*

*A Concretos Reciclados S.A de C.V por su apoyo para la realización de este trabajo.*

*A la Cámara Regional de la Industria Arenera del Distrito Federal y del Estado de México por su apoyo para la realización de este trabajo.*

## LEYENDA

- **Construcción de viviendas y proyectos de atención social.**
- **Construcción y rehabilitación de algunas zonas.**
- **Construcción en ejes viales y vialidades importantes.**
- **Construcción de oficinas.**
- **Línea 12 del transporte metropolitano.**
- **Soluciones viales y peatonales del Sistema 1 del Ferrocarril suburbano.**
- **Sistema 2 del Ferrocarril suburbano.**
- **Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano(Marlin Carrera - Tacuba)**
- **Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano(Marlin Carrera - Polanco)**
- **Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano(Marlin Carrera - Otumba)**
- **Ramificación del Sistema 3 del Ferrocarril suburbano(La Paz - Nezahualcoyotl)**
- **Extensión de la línea 1 del metrobus (Doctor Gálvez - El Caminero)**
- **Línea 2 del metrobus (eje 4 sur)**
- **Línea 3 del metrobus (eje 3 oriente)**
- **Corredor calzada de los Misterios - Calzada de Guadalupe**
- **Maxitunal metropolitano**
- ⊖ **Construcciones en el circuito interior**
- ⊖ **Construcciones en el periférico**
- **Terminal 2 del aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.**
- **Planta de reciclaje de RC&D**



<b>MAPA METROPOLITANO DE AGENTES QUE INTEGRAN LA CADENA COMERCIAL Y RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RC&amp;D</b>	
<b>Diseño y Dibujo: ING. CLAUDIA LIZETT RIVERA VALDOVINOS</b>	
<b>Escalas: VARIABLE</b>	<b>Plano: P 01</b>
<b>MAYO, 2008</b>	

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivo general	5
1.4 Objetivos particulares	5
1.5 Hipótesis	6
1.6 Alcances	6
1.7 Resultados logrados	7
<b>CAPÍTULO 2. RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RC&amp;D)</b>	<b>8</b>
2.1 Marco jurídico	9
2.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	9
2.1.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	10
2.1.3 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)	12
2.1.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF)	13
2.1.5 Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF)	14
2.1.6 Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007- RNAT)	14
2.1.7 Evaluación de instrumentos regulatorios	18
2.2 Clasificación, composición y reciclaje de los RC&D	20
2.3 Residuos de la industria de la construcción potencialmente reciclables	26
2.3.1 Residuos para la obtención de agregados y materiales de relleno	26
2.3.2 Residuos de excavación	29
2.3.3 Residuos Sólidos	30
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>38</b>
3.1 Estudio de mercado	41
3.1.1 Generalidades del estudio de mercado	41
3.1.2 Análisis de la demanda	44
3.1.2.1 Métodos de proyección	45
3.1.2.2 Regresión y correlación lineal con tres variables	47
➤ Regresión con tres variables	47
➤ Correlación con tres variables	49
3.1.3 Recopilación de información	50
3.1.3.1 Procedimientos no probabilísticos de muestreo	50
3.1.4 Análisis de la oferta	51
3.1.5 Análisis de los precios	52
3.1.5.1 Proyección del precio	52
3.1.6 Elasticidad - Precio de la demanda	53
3.1.7 Comercialización del producto	54
<b>CAPÍTULO 4. EJEMPLO DE APLICACIÓN</b>	<b>57</b>
4.1 Marco de desarrollo	59
4.2 Definición del producto	60
4.2.1 Clasificación	65

4.2.2 Marca	65
4.2.3 Envase	65
4.3 Análisis de la demanda	66
4.3.1 Distribución del mercado de consumo	66
4.3.2 Comportamiento histórico de la demanda	67
4.3.3 Proyección de la demanda	68
4.3.4 Tabulación de datos de fuentes primarias	69
4.4 Análisis de la oferta	70
4.4.1 Características del productor	70
4.4.2 Proyección de la oferta	70
4.5 Análisis de precios	71
4.5.1 Análisis histórico y precio de venta	78
4.5.2 Proyección de precios	79
4.5.3 Costos por el traslado y disposición de RC&D	82
4.7 Elasticidad-precio de la demanda	84
4.8 Comercialización del producto	84
4.9 Mapa metropolitano de actores que forman parte de la cadena comercial de los RC&D	87
4.9.1 Construcción integral de transporte y vialidad	88
4.9.2 Construcción de vivienda y proyectos de atención social	94
4.9.3 Construcción y rehabilitación de algunas zonas	95
<b>CAPITULO 5. IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS RC&amp;D EN SU CICLO DE VIDA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN APLICABLES</b>	<b>97</b>
5.1 Impacto ambiental generado en el ciclo de vida de los RC&D	98
5.1.1 Extracción de materia prima	99
5.1.2 Transformación	106
5.1.3 Construcción	106
5.1.4 Demolición, remodelación, ampliación	108
5.1.5 Reciclaje	109
5.1.6 Disposición final	111
5.1.7 Indicadores de algunos contaminantes reducidos por el reciclaje de RC&D	113
5.1.8 Comparativa entre impactos originados en la producción de agregados vírgenes y agregados reciclados.	115
5.2 Disposición final inadecuada de los RC&D	115
5.2.1 Cuantificación de RC&D en la Av. Antonio Delfín Madrigal, en la Colonia Ajusco; Delegación Coyoacán.	116
5.2.2 Cuantificación de RC&D en el Bosque de San Juan de Aragón	124
5.3 Medidas de mitigación del impacto ambiental generado por la inadecuada disposición de los RC&D	132
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>133</b>
6.1 Conclusiones y recomendaciones acerca de la clasificación, composición y reciclaje de los RC&D	134
6.2 Conclusiones y recomendaciones del estudio de mercado	134
6.3 Conclusiones y recomendaciones del estudio ambiental	137
6.4 Conclusión general	138
<b>ANEXOS</b>	<b>139</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>174</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	2.1	Clasificación enunciativa no limitada de los residuos de la construcción
Tabla	2.2	Categoría y requerimientos ambientales de los generadores de residuos de la construcción de acuerdo a su generación
Tabla	2.3	Evaluación de instrumentos regulatorios
Tabla	2.4	Clasificación de los RC&D de acuerdo con el tipo de actividad.
Tabla	2.5	Composición física de los RC&D (% en peso) en México
Tabla	2.6	Composición física de los RC&D (% en peso) en diversos países
Tabla	2.7	Cifras de generación de RC&D en los países de la Unión Europea.
Tabla	2.8	Tasas de recuperación de RC&D en varios países.
Tabla	2.9	Plantas de tratamiento de RC&D en la Unión Europea (1990).
Tabla	2.10	Algunas posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y concreto
Tabla	2.11	Porcentaje de reciclaje de los productos sólidos con mayor potencial de comercialización.
Tabla	2.12	Porcentaje de Plásticos por tipo de Resina Usada
Tabla	2.13	Uso de plásticos reciclados para la industria de la construcción por tipo de resina
Tabla	2.14	Diversos metales de RC&D
Tabla	4.1	Normas para determinar la calidad de los RC&D reciclados
Tabla	4.2	Demanda de material reciclado
Tabla	4.3	Proyección de la demanda, considerando el PIB y la Tasa de Inflación, como la tercer variable de decisión
Tabla	4.4	Proyección de la oferta, considerando el INPC, como tercer variable de decisión
Tabla	4.5	Empresas mineras contactadas para la publicación de los costos de agregados con cuatro granulometrías diferentes (1/4", 3/8", 3/4" y 3")
Tabla	4.6	Precio por m <sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 1/4"
Tabla	4.7	Precio por m <sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/8"
Tabla	4.8	Precio por m <sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/4"
Tabla	4.9	Precio por m <sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3"
Tabla	4.10	Variación porcentual de precios, entre materiales reciclados y materiales vírgenes
Tabla	4.11	Precio promedio para los agregados de (1/4", 3/4" y 3") y (3/8") en el período del 2005 al 2007
Tabla	4.12	Resumen de la proyección del precio, considerando la tasa de inflación, como tercer variable de decisión
Tabla	4.13	Incremento en el precio, con base en el año inmediato anterior
Tabla	4.14	Resumen de la proyección del precio, considerando de forma directa la tasa de inflación (para agregados de 1/4", 3/4" y 3").
Tabla	4.15	Comparativa entre los dos criterios
Tabla	4.16	Datos de transportistas para el costo por el servicio de transporte y disposición final
Tabla	4.17	Datos de constructoras para el costo por el servicio de transporte y disposición final
Tabla	4.18	Costos de recepción en tiraderos y relleno sanitario
Tabla	4.19	Distancia Promedio entre el Relleno sanitario Bordo Poniente y la Planta de Reciclaje
Tabla	4.20	Construcciones en el Anillo Periférico
Tabla	4.21	Construcciones en el Circuito Interior
Tabla	4.22	Construcciones de Ejes Viales
Tabla	4.23	Construcciones en otras vialidades principales
Tabla	4.24	Sistemas del Ferrocarril suburbano
Tabla	4.25	Proyección de construcción de viviendas en 2008
Tabla	5.1	Matriz de identificación de impactos ambientales en bancos de extracción de materia prima



Tabla	5.2	Matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales en bancos de extracción de materia prima
Tabla	5.3	Matriz de identificación de impactos ambientales en el reciclaje de RC&D
Tabla	5.4	Matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales en el reciclaje de RC&D
Tabla	5.5	Contaminantes atmosféricos emitidos por camiones de carga
Tabla	5.6	Porcentaje de la distancia promedio recorrida por lo camiones de carga a la planta de reciclaje con respecto al Bordo Poniente
Tabla	5.7	Reducción de contaminantes atmosféricos emitidos por camiones de carga al depositar los RC&D en la planta de reciclaje
Tabla	5.8	Cuantificación total de RC&D presentes en la Av. Antonio Delfín Madrigal, en la Colonia Ajusco; Delegación Coyoacán.
Tabla	5.9	Cuantificación total de RC&D presentes en el Bosque de San Juan de Aragón

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	1.1	RC&D presentes en el relleno sanitario Bordo Poniente
Figura	2.2	Composición de los RC&D en el Distrito Federal
Figura	2.2	Material reciclado para agregado clasificado como material de 3" a finos
Figura	2.3	Material reciclado para agregado clasificado como material de 1" a finos
Figura	2.4	Roca como material de excavación
Figura	2.5	Reja de aluminio
Figura	2.6	Puertas y ventanas de aluminio
Figura	2.7	Papel proveniente de los sacos de cemento, para el reciclado de materiales para la construcción.
Figura	2.8	Plástico, PS (Poliestireno), para la construcción de losa aligerada
Figura	2.9	Vidrio colocado en la ventanería de un edificio
Figura	2.10	Acero pretensado para estructuras en grandes obras de ingeniería
Figura	2.11	Acero estructural utilizado en construcciones de edificación
Figura	2.12	Llantas provenientes de la maquinaria pesada
Figura	2.13	Limpieza del terreno
Figura	3.1	Estructura básica del estudio de mercado
Figura	3.2	Estructura general del estudio de mercad
Figura	3.3	Representación gráfica de la recta
Figura	4.1	Equipo de trituración
Figura	4.2	Equipo de cribado
Figura	4.3	Materia prima contaminada
Figura	4.4	Clasificación del producto reciclado,
Figura	4.5	Demanda histórica
Figura	4.6	Demanda proyectada
Figura	4.7	Oferta proyectada
Figura	4.8	Comparativa gráfica de precios por m <sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 1/4"
Figura	4.9	Comparativa gráfica de precios por m <sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/8"
Figura	4.10	Comparativa gráfica de precios por m <sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/4"
Figura	4.11	Comparativa gráfica de precios por m <sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3"
Figura	4.12	Proyección de precios aplicando el método de regresión lineal considerando la tasa de inflación
Figura	4.13	Proyección de precios aplicando directamente la tasa de inflación
Figura	4.14	Estructura de la cadena comercial de RC&D.
Figura	5.1	Ciclo de vida de los materiales utilizados en la industria de la construcción
Figura	5.2	Erosión del suelo, causada por la explotación de materiales para la industria de la construcción
Figura	5.3	Explotación de materiales para la industria de la construcción
Figura	5.4	Trituración y clasificación de materiales para la industria de la construcción
Figura	5.5	Ruido y partículas suspendidas en obras de construcción
Figura	5.6	Residuos en obras de construcción
Figura	5.7	Residuos en obras de remodelación
Figura	5.8	Generación de ruido por maquinaria en el proceso de reciclaje
Figura	5.9	Disposición final (a) inadecuada, (b) adecuada
Figura	5.10	Disposición final inadecuada de RC&D
Figura	5.11	RC&D abandonados en un camellón en la Ciudad de México
Figura	5.12	Ubicación de RC&D en la Av. Antonio Delfín Madrigal en la Colonia Ajusco, Delegación Coyoacán

Figura	5.13	RC&D abandonados en la Av. Antonio Delfín Madrigal en la Colonia Ajusco, Delegación Coyoacán
Figura	5.14	Toma de dimensiones aproximadas de cada tipo de RC&D
Figura	5.15	Figuras vistas en planta de los RC&D
Figura	5.16	Dimensiones del prisma rectangular
Figura	5.17	Dimensiones del cono circular
Figura	5.18	Cuerpos formados por los RC&D
Figura	5.19	Vistas de los diferentes cuerpos formados para la cuantificación de RC&D
Figura	5.20	Presencia de impermeabilizante plástico, que evita la absorción de agua al suelo durante el período de lluvias
Figura	5.21	Bosque de San Juan de Aragón
Figura	5.22	RC&D presentes en el Bosque de San Juan de Aragón
Figura	5.23	Ubicación de RC&D en la Zona A y Zona B del Bosque de San Juan de Aragón
Figura	5.24	RC&D cercanos al lago del Bosque de San Juan de Aragón (Zona A)
Figura	5.25	RC&D en zona contemplada para la construcción futura de una planta de composta en el Bosque de San Juan de Aragón (Zona B)
Figura	5.26	Pirámide rectangular
Figura	5.27	Medición de RC&D en la Zona A
Figura	5.28	Medición de RC&D, en la Zona A, (sección a)
Figura	5.29	Medición de RC&D, en la Zona A, (sección b)
Figura	5.30	Medición de RC&D, en la Zona A, (sección c)
Figura	5.31	Medición de RC&D, en la Zona A, (sección d)
Figura	5.32	Medición de RC&D en la Zona B

## **RESUMEN**

Para estudiar el mercado del reciclaje, hay que analizar el comportamiento de los materiales tanto vírgenes como reciclados tomando en cuenta la situación del producto (oferta), características de los compradores (demanda y precio), y los canales y puntos de venta (comercialización), por tal razón, este trabajo busca principalmente, dar una solución inteligente al planteamiento del problema de reciclaje de los Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D), con el fin de resolver ciertas necesidades humanas de forma eficiente, segura y rentable; entre las que se encuentran, la reducción de los RC&D, para brindar mayor vida a los rellenos sanitarios; así como el control en la explotación de bancos de materiales vírgenes, para lo cual es necesario llevar a cabo algunos cálculos, basados en modelos matemáticos, que determinan la factibilidad del mercado.

La comparativa entre materiales vírgenes y reciclados también está orientada a la búsqueda de alternativas que mitiguen los impactos ambientales adversos originados por la explotación excesiva de los bancos de materiales vírgenes versus el reciclaje de RC&D y la inadecuada disposición final de estos últimos.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Los residuos de las actividades de construcción, remodelación o de excavación, son clasificados como residuos de la construcción. Las cantidades generadas son difíciles de estimar, ya que dependen de la actividad que se esté ejecutando, de su magnitud y de la etapa constructiva en la que se encuentre. La composición es variable, pero puede incluir; concreto, acero, ladrillo, madera, grava, roca, piezas de fontanería, de calefacción y de electricidad, entre otros. Los residuos principalmente de los edificios, puentes o muros demolidos, calles y aceras levantadas, son clasificados como residuos de la demolición, cuya composición presenta una mayor cantidad de concreto, acero de refuerzo, vidrio, hierro y aluminio (Tchobanoglous, 1993).

Siendo evidente que tanto los residuos de la construcción como los de la demolición siempre están presentes en cualquier actividad de la industria de la construcción, éstos en conjunto, reciben el nombre de residuos de la construcción y demolición (RC&D), que se definen como a continuación se indica.

La Revista Residuos, define a los RC&D como el resultado del desarrollo de la sociedad moderna que deriva de los desechos de la construcción, entre los que se encuentran normalmente los provenientes de la demolición o rehabilitación de viejos edificios y estructuras; así como de la construcción de nuevas obras de infraestructura. Estos residuos también provienen de la producción de materiales para la construcción, por ejemplo los desechos que arroja una revolvedora de concreto.

La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT-2004) define a los RC&D como los materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada; es decir, “los RC&D pueden ser definidos como la parte residual de los materiales utilizados durante actividades de edificación y mantenimiento, así como los subproductos obtenidos después de procesos de desmantelamiento y demolición, que tienen lugar dentro del marco de los trabajos de la industria de la construcción” (Mandolesi, 1981).

Dentro de los principales tipos de RC&D, de acuerdo con su origen y características, podemos encontrar las siguientes clases (Mandolesi, 1981).

- Materiales pétreos naturales: rocas.
- Materiales pétreos artificiales: cerámicos y vítreos
- Materiales aglomerantes o aglutinantes: cales y cementos.
- Materiales pétreos artificiales aglomerados: bloques, baldosas, etc.
- Materiales metálicos: hierro, acero, aluminio, cobre, etc.
- Pinturas y epóxicos.
- Plásticos: polietileno
- Madera: cimbra
- Papel: tapiz.

Algunos ejemplos comunes de residuos producto de la construcción y demolición, son los que a continuación se enlistan (Tchobanoglous, 1993).

1. Concreto armado
2. Acero
3. Madera
4. Alambre de cobre
5. Suministros de tubería y fontanería
6. Instalaciones de luz
7. Puertas y ventanas (de madera, aluminio o hierro), etcétera.

Por otro lado, un aspecto de importancia a considerar, se basa en los contaminantes que pueden provocar los RC&D, ya que estos desechos llegan a contener gran cantidad de residuos tóxicos y peligrosos como aceites, pinturas y solventes, además de todo tipo de residuos habituales en la composición de los residuos domiciliarios (plásticos, papel, cartón, etc), que tienen gran impacto ambiental; por ejemplo, un residuo de la industria de la construcción que esté contaminado con aceites, y sea mal dispuesto, puede contaminar el suelo y agua, provocando alteraciones en el ecosistema, inicialmente en la flora y fauna presentes a los alrededores de su disposición. El nivel de contaminación por este tipo de residuos depende de sus características y del porcentaje que se genere; y a su vez, la generación varía ampliamente según la zona del país que obedece a la economía local, estatal y/o nacional.

En cuanto a la generación de RC&D, se tiene información que registra cantidades enormes, por lo cual, para controlar la mala disposición final de estos residuos se ha llegado a pensar en reciclar grandes porcentajes, considerando a los desechos más aptos comercialmente y que al mismo tiempo cumplan con todos los requerimientos para que se pueda llevar a cabo su posterior utilización, garantizando ante todo calidad.

Por ejemplo; actualmente, en muchos lugares del mundo, se están procesando los RC&D, para recuperar artículos vendibles como:

1. Agregado para concreto en proyectos de construcción
2. Madera para producir aglomerados
3. Astillas de madera para usar como combustible en las instalaciones de combustión de biomasa (Tchobanoglous, 1993).
4. Metales férricos y no férricos para su refabricación.
5. Tierra o diferentes tipos de suelo para material de relleno.

Otro aspecto a considerar es que, en fechas más recientes; en varios países, el reciclaje de los RC&D se está extendiendo con rapidez, debido al continuo incremento en las tarifas de disposición en los rellenos sanitarios. "Por ejemplo en EU, cuando las tarifas de disposición eran de 5 dólares por tonelada (principios de los setenta), el reprocesamiento no era atractivo, pero a partir de 1992, cuando las tarifas promedio de disposición se acercaban a los 60 dólares por tonelada, el reciclaje de estos residuos comenzó a desarrollar su factibilidad ((Tchobanoglous, 1993); y eso es lo que en la actualidad, se comienza a observar en países en vías de desarrollo, como México, sin embargo, el mismo incremento en los costos por disposición y la falta de una cultura

por el reciclaje, propicia que los transportistas de RC&D, dejen abandonados los desechos en lugares clandestinos, con el fin de ahorrarse los costos por disposición o recepción para tratamiento, por tal razón, se debe tener más control en el manejo de los RC&D, el cual debe de iniciarse desde el lugar de generación, que “varía según el tipo de empresa constructora y en muchos casos de las actividades informales de construcción” (Vega, 2001). En las actividades informales de construcción, el manejo depende básicamente de la cantidad producida de residuos, si ésta es lo suficientemente grande entonces se contrata un camión de carga, el cual los lleva a un sitio de tiro, ya sea autorizado o clandestino. Si se producen pequeñas cantidades, el generador las traslada a algún lote baldío, barranca u otro lugar similar (Vega, 2001). En el caso de los residuos generados por compañías constructoras, “los desechos se recogen en el lugar en el que fueron generados y de ahí son transportados, en el mejor de los casos, a algún sitio autorizado de tiro o relleno sanitario” (Correa, 1996). Por todo lo anterior, el tratamiento de los RC&D es atractivo, ya que de aplicarse métodos de reciclaje adecuados se podría aprovechar hasta el 70% del material residual, (Diario Publímetro).



Figura 1.1. RC&D presentes en el relleno sanitario Bordo Poniente  
Fotógrafo: Mauricio Galindo Valencia

En el relleno sanitario Bordo Poniente se reciben a diario 3,000 toneladas de RC&D, y anualmente la cifra llega a 1,095,000 toneladas. De ese total, 40,000 toneladas, que antes iban a parar a alguna barranca o suelo de conservación, ahora se reciclan; por lo que en la medida que las propias constructoras eduquen a sus trabajadores en la cultura del reciclaje, esta forma de actuar se incorporará poco a poco a la vida de las construcciones (GDF).



## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El crecimiento continuo de las ciudades conlleva asimismo el crecimiento de la industria de la construcción para edificar la infraestructura que hace posible el desarrollo de las actividades de sus habitantes. Esta industria genera gran cantidad de RC&D y que, inadecuadamente manejados, pueden ocasionar problemas que afectan al ambiente, alterando la calidad del suelo, del aire y del agua. Por ejemplo, en la explotación incontrolada de la tierra para extraer diversos tipos de materiales usados en la construcción se generan residuos que, mal dispuestos, pueden afectar la calidad del agua en sus corrientes, con los sólidos que son arrastrados hacia ellas. Los RC&D mal dispuestos, como sucede en el área Metropolitana de la Ciudad de México, donde se arrojan a barrancas y corrientes de agua, pueden obstaculizar los escurrimientos naturales modificando su régimen hidráulico original, afectando a la flora y fauna de la región y provocando inundaciones en las zonas habitacionales aledañas, poniendo en riesgo la seguridad de los habitantes y de sus bienes. Por otro lado, los residuos de los que sí se tiene control para su disposición final en la Ciudad de México, se envían al relleno sanitario Bordo Poniente. Alrededor de 3,000 toneladas de RC&D se disponen diariamente (GDF, 2005) y ello reduce notablemente la vida útil de este sitio, que se estima en no más de un año. Sin embargo, los RC&D pueden ser aprovechados, reusándolos o reciclándolos como se practica en países más industrializados desde hace décadas. Por ello, en la Ciudad de México se promulgó la Norma Ambiental para el Distrito Federal “NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de la construcción en el Distrito Federal y que tiene como uno de sus objetivos “fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada” (GDF, 2005). El mercado denominado “Ambiental” de los RC&D se refiere a toda la cadena económica que tiene que ver con el aprovechamiento de estos residuos; en México este mercado es aún incipiente. Solamente en el Distrito Federal se cuenta con la primera planta de reciclado de RC&D, una empresa privada ubicada en la Delegación Iztapalapa, D.F. Se prevé que a medida que se aplique la NADF-007-RNAT-2004 el mercado irá creciendo, pero no se cuenta con un estudio respecto a los beneficios y afectaciones ambientales que esta nueva industria pueda acarrear. Es por ello que en este trabajo se abordará un estudio donde se analizarán los diversos factores ambientales que estén presentes y de esa manera se propondrán las medidas adecuadas para controlar a aquellos que sean negativos.

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Formular, analizar y aplicar una metodología, en la cual se analice el estudio de mercado-ambiental para el aprovechamiento de los RC&D en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## **1.4 OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Identificar mediante el análisis de la legislación nacional y local (Distrito Federal), referente al manejo de los RC&D, a los actores que forman parte del mercado ambiental en la gestión de estos residuos.
2. Proponer una metodología de análisis de mercado de RC&D que integre la revisión de factores económicos y ambientales.

3. Aplicar, a partir de la selección de los materiales reciclados con mayor potencial de comercialización, la metodología propuesta en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
4. Elaborar un mapa metropolitano de agentes que formen parte de la cadena comercial de los RC&D.
5. Identificar los impactos ambientales generados por la explotación de agregados vírgenes para la industria de la construcción, en algunas minas del área Metropolitana de la Ciudad de México y compararlos con los impactos ambientales producidos en la planta de reciclaje de RC&D. Para ambos casos proponer medidas de mitigación para atenuar dichos impactos.
6. Identificar los impactos ambientales generados por la inadecuada disposición de los RC&D, en algunas zonas del área Metropolitana de la Ciudad de México y proponer medidas de mitigación para atenuar dichos impactos.

## **1.5 HIPÓTESIS**

El mercado para el aprovechamiento de los RC&D es rentable económica y ambientalmente en la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## **1.6 ALCANCES**

Para el análisis y selección de los materiales reciclados (provenientes de los RC&D) con mayor potencial de comercialización, se investigaron los materiales con mayor oportunidad de distribución en el mercado de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a condición de que presenten una generación de residuos elevada. Para ello se recabó información en: a) cámaras especializadas; b) empresas comercializadoras de materiales nuevos y reciclados; c) empresas constructoras privadas y; d) áreas de construcción de obras públicas de los gobiernos del Distrito Federal y de los municipios metropolitanos.

Con base en lo anterior se aplicó una metodología para el mercado ambiental, que combina los métodos generales de análisis de mercado con los métodos utilizados para el análisis y evaluación de impactos ambientales, sin llegar a elaborar una manifestación de impacto ambiental.

Una vez seleccionados los materiales con mayor oportunidad de comercialización, se aplicó la metodología elaborada para analizar el mercado ambiental de los RC&D, para lo cual no se consideraron factores fortuitos como fenómenos naturales, sociales, culturales o de otra índole que puedan modificar los cálculos expresados en dicha metodología; así mismo, para encontrar la factibilidad real del proyecto es necesario llevar a cabo una evaluación completa, que incluya el análisis de mercado, el técnico-operativo, el económico-financiero y el socio-económico; sin embargo, en este trabajo, sólo se analizó el estudio de mercado.

Finalmente, se elaboró un mapa metropolitano de los agentes más representativos de la cadena de mercado ambiental de RC&D únicamente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## **1.7 RESULTADOS LOGRADOS**

- Metodología de análisis de mercado ambiental de RC&D que integre la revisión de factores económicos y ambientales.
- Mapa metropolitano de agentes que formen parte del mercado ambiental de RC&D.

**CAPÍTULO 2**  
**RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y**  
**DEMOLICIÓN (RC&D)**

## CAPÍTULO 2

### RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RC&D)

#### 2.1 MARCO JURÍDICO

En este apartado se presenta, de manera general, el marco jurídico en materia de residuos de la industria de la construcción.

##### **2.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, garantizando el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; asimismo, preserva la restauración y el mejoramiento del ambiente, a través de la protección de la biodiversidad, la restauración de todos los recursos naturales y la prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo (LGEEPA, 2005).

En el Capítulo II “Distribución de competencias y coordinación” en su artículo 7 (VI y XIII); establece que el estado posee la facultad de regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición de los residuos de manejo especial, así como vigilar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas; en este caso, de la NADF-007-RNAT, para los residuos generados por la industria de la construcción. En el artículo 8 (IV); hace referencia a los municipios, los cuales tienen que aplicar las disposiciones jurídicas, relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos de manejo especial (RC&D). Dentro de este capítulo, la ley obliga al estado a vigilar la gestión de residuos, así como la aplicación de la legislación local, lo cual en muchos lugares no se cumple, por irresponsabilidad de las autoridades.

En el Capítulo 3 “Política ambiental”, artículo 15 (VIII); menciona que para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, se debe considerar que los recursos naturales no renovables (en este caso, bancos de materiales para la explotación de grava y arena), deben utilizarse de manera consciente para evitar su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos; es por ello que actualmente se insiste en el reciclaje de RC&D (a través de la aplicación de la NADF-007-RNAT) que tienen la capacidad de aprovechamiento como subproductos en diversas actividades dentro de la industria constructiva, esto con el fin de reducir la explotación excesiva de materiales vírgenes.

El artículo 28 (III) del Capítulo 4 “Instrumentos de la Política Ambiental”, hace hincapié, en la obligación de evaluar el impacto ambiental, en las minas de extracción de agregados, para establecer las condiciones a las que se sujetará la realización de actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites o condiciones establecidos en las disposiciones aplicables, para proteger el medio ambiente, y preservar y restaurar los ecosistemas, evitando o reduciendo los efectos

negativos, para lo cual en el artículo 36 (I y II), se menciona que será necesario estimular a los agentes económicos, para reorientar sus procesos y tecnologías para garantizar, la protección del ambiente y el desarrollo sustentable. A su vez, en el Título Tercero “Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales”, en el Capítulo 2 “Preservación y Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos”, el artículo 99 (XI) expresa los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, en este caso se debe a las actividades de extracción de materiales del subsuelo, la exploración, la explotación, las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta de dicho suelo; lo anterior va encaminado en la misma dirección como se establece en el Capítulo 3 “De la Exploración y Explotación de los Recursos no renovables en el equilibrio ecológico”, en el artículo 108 (II), que se basa en la prevención y control de los efectos generados en la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de los ecosistemas.

En cuanto a la “Protección al Ambiente”, contenida en el Título Cuarto, Capítulo 4 “Prevención y Control de la Contaminación del Suelo”, en el artículo 134 (III), es de suma importancia, prevenir y controlar la contaminación del suelo, considerando principalmente la reducción en la generación de residuos de manejo especial, incorporando técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como la regulación para su manejo y disposición final, que van ligados a lo que se menciona en el artículo 135 (III); el cual señala, que los residuos de manejo especial, son desechos de lenta degradación, que deben sujetarse a la normatividad vigente (en el caso de los RC&D, éstos quedan comprendidos por la norma oficial para el Distrito Federal, NADF-007-RNAT, para que a través de su aprovechamiento, vuelvan a incorporarse a su ciclo de vida, con el fin de incrementar la vida útil de los sitios de disposición final y en muchos casos, controlar el vertido inadecuado de estos desechos, que originan graves daños al ambiente).

### **2.1.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**

La SEMARNAT publicó en el 2003, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), que promueve la participación corresponsable de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a la prevención de la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, que sea tecnológica, económica y socialmente viable y de conformidad con las disposiciones establecidas en la misma. (Revista Agregados, 2007).

En el artículo 19 (I y VII) se definen los RC&D como residuos de manejo especial, que 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. Los residuos de manejo especial, poseen una subclasificación; dentro de la cual se hace mención a desechos como rocas o productos de la descomposición de éstas que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción, así como los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general. Esta misma ley deja como responsables a las entidades federativas y municipales, para establecer las medidas necesarias para regular la contaminación del suelo y el desarrollo de programas para mejorar el

desempeño ambiental de las cadenas productivas que intervienen en la segregación, acopio y preparación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para su reciclaje. Con base en esto último, “el gobierno del D.F creó un mercado ambiental de RC&D reciclados que pueden ser reintegrados de manera ambientalmente segura, económicamente atractiva y socialmente responsable, nuevamente a las actividades productivas” (Revista Agregados, 2007).

Algunas medidas de mitigación para los impactos generados por los residuos sólidos y de manejo especial, que se establecen en esta ley son las siguientes:

En su Título Sexto, se habla de la prevención y manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial; de su capítulo único, en los artículos 96, 97 y 98, se desprende lo siguiente:

Artículo 96.- Las entidades federativas y los municipios, con el propósito de promover la reducción de la generación, la valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial con el fin de proteger la salud y prevenir y controlar la contaminación ambiental producida por su manejo, deberán llevar a cabo las siguientes acciones:

- Controlar y vigilar el manejo integral de residuos;
- Diseñar e instrumentar programas para incentivar a los grandes generadores de residuos a reducir su generación y orientarlos para elaborar un plan de manejo integral;
- Integrar el registro de los grandes generadores de residuos y de empresas prestadoras de servicios de manejo de dichos residuos, así como la base de datos en la que se recabe la información respecto al tipo, volumen y forma de manejo de los desechos;
- Elaborar, actualizar y difundir el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial;
- Coordinación de las autoridades federales con las municipales, para la elaboración de los planes de manejo de los distintos residuos;
- Establecer programas para mejorar el desempeño ambiental de las cadenas productivas que intervienen en la segregación, acopio y preparación de los residuos para su reciclaje;
- Desarrollar guías y lineamientos para la segregación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos;
- Organizar y promover actividades de comunicación, educación, capacitación, investigación y desarrollo tecnológico para prevenir la generación, valorizar y lograr el manejo integral de los residuos;
- Promover la integración, operación y funcionamiento de organismos consultivos en los que participen representantes de los sectores industrial, comercial y de servicios, académico, de investigación y desarrollo tecnológico, para que tomen parte en los procesos destinados a clasificar los residuos, evaluar las tecnologías para su prevención, valorización y tratamiento.

Artículo 97.- Los municipios regularán los usos del suelo de conformidad con los programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano, en los cuales se considerarán las áreas en las que se establecerán los sitios de disposición final de los residuos.

Artículo 98.- Para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos de manejo especial, las entidades federativas establecerán las obligaciones de los generadores, distinguiendo grandes y pequeños, y en cuanto a las obligaciones de los prestadores de servicios de residuos de manejo especial, se formularán los criterios y lineamientos para su manejo integral.

Como se puede apreciar, esta ley se enfoca en reducir los impactos negativos al medio ambiente, a través de la aplicación correcta del manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sin embargo, en el ámbito en general de los residuos de manejo especial, adolece de acciones más directas acerca de la gestión para este tipo de materiales.

### **2.1.3 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)**

El reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR), en sus artículos 11 y 12; establece los criterios básicos que las normas oficiales mexicanas tienen que seguir, cuando estén sujetas a planes de manejo para residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de determinar el plan de manejo más apropiado y la elaboración de listados de los residuos sujetos a estos planes, según las características de los desechos y sus mecanismos de control.

En el Título Segundo “Planes de Manejo”, en el artículo 20; se hace referencia a los sujetos que están obligados a la elaboración de planes de manejo, los cuales incluirán a los residuos objeto de dicho plan, así como las cantidades que se estima manejar y la forma en cómo se realizará la minimización de la cantidad, la valorización y el aprovechamiento de los residuos. Para el cumplimiento del principio de valorización y aprovechamiento de los residuos, se podrá transmitir la propiedad de los mismos, de manera onerosa o gratuita, para ser utilizados como insumos o materia prima en otro proceso, o bien, con ayuda de la Secretaría Ambiental de cada Estado, como se cita en el artículo 22, se podrán promover y suscribir convenios, en forma individual o colectiva, con el sector privado, las autoridades de las entidades federativas y municipales, así como con otras dependencias y entidades federativas para el logro de los objetivos del plan de manejo, que haga que éstos sean de aplicación nacional, para que se incentive la minimización y valorización de residuos, se facilite el aprovechamiento de los desechos y se aliente a la compra de productos comercializados que contengan materiales reciclables para incrementar el desarrollo de tecnologías que sean económica, ambiental y socialmente factibles para el manejo integral de los residuos, que es el punto clave para comenzar con el tratamiento de los RC&D.



### **2.1.4 Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF)**

La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF) tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio público de limpia.

En el artículo 3, define a residuos de manejo especial, como, aquellos que requieren sujetarse a planes de manejo específicos con el propósito de seleccionarlos, acopiarlos, transportarlos, aprovechar su valor o sujetarlos a tratamiento o disposición final de manera ambientalmente adecuada y controlada, dentro de los cuales se tienen a los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general.

En el título tercero “De la prevención y minimización de la generación de los residuos sólidos”, en el artículo 24, se menciona, que es responsabilidad de toda persona, física o moral en el Distrito Federal, la separación y la reducción de la generación de residuos sólidos, con el fin de fomentar la reutilización y el reciclaje de éstos. En el mismo capítulo (artículo 25) se establece la prohibición de arrojar o abandonar en la vía pública, en áreas comunes, parques, barrancas, lotes baldíos, en cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, en sistemas de drenaje, alcantarillado o en fuentes públicas y en general en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie, así como de igual manera está prohibido, fomentar o crear basureros clandestinos y confinar residuos sólidos fuera de los sitios destinados para dicho fin en parques, áreas verdes, áreas de valor ambiental, áreas naturales protegidas, zonas rurales o áreas de conservación ecológica; como se hace con los RC&D (lo cual se puede consultar en el capítulo 5 de este trabajo), para lo cual, en el artículo 26, se hace referencia a que los propietarios, directores responsables de obra, contratistas y encargados de inmuebles en construcción o demolición, son responsables solidarios en caso de provocarse la diseminación de materiales, escombros y cualquier otra clase de residuos sólidos, así como su mezcla con otros residuos ya sean de tipo orgánico o peligrosos. Asimismo el frente de las construcciones o inmuebles en demolición deberán mantenerse en completa limpieza, quedando prohibido almacenar escombros y materiales en la vía pública, por lo que los responsables deberán transportar los desechos en vehículos adecuados que eviten su dispersión durante el transporte a los sitios que determine la Secretaría de Obras y Servicios.

Para la separación de los residuos sólidos, en el Capítulo IV, artículo 35, se señala, que los residuos de manejo especial, deberán separarse conforme a su clasificación (en este caso RC&D), dentro de las instalaciones donde se generen, así como en las plantas de selección y tratamiento, con la finalidad de identificar aquellos que sean susceptibles de valorización, para orientar a los consumidores sobre las oportunidades y beneficios de dicha valorización para su aprovechamiento (Título quinto, capítulo I, artículo 55). Lo anterior será apoyado por la Secretaría de Obras y Servicios, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Económico, con el fin de promover mercados para su aprovechamiento, vinculando al sector privado, organizaciones sociales y otros agentes económicos.

### **2.1.5 Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF)**

El Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF, 2004) en su Título Séptimo “De la Construcción”, Capítulo 1 “Generalidades”, Título décimo “De las medidas preventivas en demoliciones” habla acerca del almacenamiento y manejo de los residuos de la construcción y demolición en sus artículos 188 y 190, y, 236 y 243, respectivamente; como a continuación se muestra:

Artículo 188.- Los materiales de construcción, escombros u otros residuos con excepción de los peligrosos, generados en las obras, podrán colocarse en las banquetas de vía pública por no más de 24 horas, sin invadir la superficie de rodamiento y sin impedir el paso de peatones con discapacidad, previo permiso otorgado por la Delegación durante los horarios y bajo las condiciones que fije en cada caso.

Artículo 190.- Los escombros, excavaciones y cualquier otro obstáculo para el tránsito en la vía pública, originados por obras públicas o privadas, serán protegidos con barreras, cambio de textura o borde en piso a una distancia mínima de un metro para ser percibidos por los invidentes y señalados por los responsables de las obras con banderas y letreros durante el día y con señales luminosas claramente visibles durante la noche.

Artículo 236.- Con la solicitud de licencia de construcción especial para demolición, se debe presentar un programa en el que se indique entre otras cosas el volumen estimado de residuos.

Artículo 243.- Los materiales, desechos y escombros provenientes de una demolición deben ser retirados en su totalidad en un plazo no mayor de 30 días hábiles contados a partir del término de la demolición y bajo las condiciones que establezcan las autoridades en materia de vialidad, transporte y sitio de disposición final.

La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, se contraponen en estos aspectos, ya que mientras la primera prohíbe que se abandonen residuos sólidos en la vía pública, el Reglamento lo permite (aunque sea sólo por 30 días), lo que implica la modificación de ciertos criterios para que ambas normatividades sean compatibles y se eviten daños al ambiente.

### **2.1.6 Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT)**

Como ya se ha mencionado, la generación de residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal alcanza cantidades enormes, ya que a diario se producen 12,000 toneladas; de ellas, 3,000 corresponden a RC&D (madera, tablaroca, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques y cerámicos, entre otros), de acuerdo con estimaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y de las delegaciones políticas del Distrito Federal, los cuales ocupan grandes extensiones en el sitio de disposición final.

El único relleno sanitario con el que cuenta la Ciudad de México es el Bordo Poniente, ya que los de Santa Catarina y San Juan de Aragón fueron clausurados recientemente por llegar a su límite de espacio, por lo cual, la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal promulgó en julio del 2006 la Norma Oficial (NADF-007-RNAT), para la clasificación y especificación del manejo de los residuos de la construcción (a partir de la emisión de la norma citada, algunos empresarios se mostraron interesados en ingresar en el negocio del reciclaje de RC&D, siendo la primera compañía dedicada a este rubro, la Planta Concretos Reciclados S.A de C.V, la cual inició sus actividades en Noviembre del 2004).

La clasificación de los residuos de la construcción dependerá del tipo de proyecto, de cuán tan grande es y de la etapa constructiva; según la NADF-007-RNAT-2004; estos residuos pueden clasificarse como lo muestra la tabla 2.1; cabe mencionar que el listado que se presenta puede ser más amplio según el tipo de materiales presentes en las diversas actividades de la obra que se ejecuten.

La misma norma ambiental menciona las fases del manejo de los residuos de la construcción, que dependerá de la cantidad producida por los generadores (que pueden ser dependencias, órganos desconcentrados, personas físicas o morales, obras públicas o privadas, propietarios de obra, directores responsables de obra, contratistas o encargados de inmuebles) que lleven a cabo diversas actividades relacionadas con la construcción, como por ejemplo: actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción, las cuales deben de cumplir ciertos requerimientos, como se aprecia en la tabla 2.2.

Para el caso de un generador, que produzca más de 7 m<sup>3</sup> de RC&D, éste deberá presentar el Plan de Manejo de Residuos, teniendo que considerar las disposiciones que a continuación se indican:

1. Separación en la fuente: En la misma área de generación, los residuos se separarán según la tabla 2.1, en las clasificaciones A, B y C (siempre y cuando los residuos sean no peligrosos o no estén contaminados por estos residuos; en caso contrario, tendrán que ser dispuestos según la legislación aplicable para este tipo de desechos).
2. Almacenamiento: Se almacenarán en el área de generación de manera temporal, debiendo minimizar la dispersión de polvos y partículas con el uso de agua tratada.
3. Recolección y transporte: Se debe respetar la separación ya llevada a cabo y evitar que se mezcle con otro tipo de residuos. Durante el transporte se deben cubrir totalmente los residuos para evitar la dispersión de polvos y partículas y la fuga o derrame de residuos líquidos.
4. Aprovechamiento: En el caso de generadores de residuos de la construcción que requieran presentar evaluación de impacto ambiental, aviso de demolición o informe preventivo, para el caso de los residuos clasificados en la sección A de la tabla 2.1, deben enviar a reciclaje por lo menos 30% de los desechos durante el primer año de la aplicación de la norma, aumentándose dicho porcentaje en 15% anual hasta llegar al 100%. Para el caso de los clasificados en la sección B,

deben reusarse en el lugar de generación como mínimo el 10% de los residuos generados (puede variar según especificaciones técnicas del proyecto) y finalmente para los clasificados en la sección C, el generador debe de considerar la mejor opción para estos desechos.

Para las siguientes obras se debe sustituir como mínimo un 25% del material virgen por material reciclado (según se cumpla las condiciones técnicas y económicas del proyecto):

- Sub-base de caminos
- Sub-base en estacionamientos
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias
- Construcción de terraplenes
- Relleno sanitario
- Construcción de andadores o ciclistas
- Construcción de lechos para tubería
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas
- Rellenos y pedraplenes
- Bases hidráulicas

Es importante destacar que en muchas obras es posible sustituir al material virgen por el reciclado, siempre y cuando se lleven a cabo las pruebas de laboratorio que acrediten el uso de estos materiales.

5. Disposición final: Los residuos de las secciones A, B y C que no sean aprovechados, ya sea para su reciclaje o reúso, es decir que ya no puedan ser valorizados o comercializados, deberán llevarse al sitio de disposición final autorizado.

No obstante lo estipulado en las disposiciones anteriores, para reducir el volumen de RC&D en la Ciudad de México; la cantidad de este tipo de desechos sigue siendo considerablemente grande, además de que sólo se dispone de una planta con capacidad instalada de 2,000 toneladas diarias, por lo cual es de suma importancia que el gobierno local aplique de manera más estricta la norma.

Tabla 2.1. Clasificación enunciativa no limitada de los residuos de la construcción

<b>A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y materiales de relleno</b>	
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 concreto	
7. Productos de mampostería	
8. Tepetatosos	
9. Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, blocks, etc)	
10. Blocks	
11. Mortero	
<b>B. Residuos de excavación</b>	
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	
<b>C. Residuos sólidos</b>	
Nombre	
1. Cartón	
2. Madera	
3. Metales	
4. Papel	
5. Plásticos	
6. Residuos de poda	
7. Paneles de yeso	
8. Vidrio	
9. Otros	

Fuente: NADF-007-RNAT-2004

Tabla 2.2. Categoría y requerimientos ambientales de los generadores de residuos de la construcción de acuerdo a su generación

<b>Categoría</b>	<b>Requerimientos</b>
Mayor o igual a 7 m <sup>3</sup>	Presentación de plan de manejo de residuos de acuerdo a lo establecido por las disposiciones jurídicas aplicables
Menor de 7 m <sup>3</sup>	Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o la Delegación correspondiente. Sin presentación de plan de manejo de residuos

Fuente: NADF-007-RNAT-2004

### 2.1.7 Evaluación de instrumentos regulatorios

La tabla 2.3 indica la evaluación entre la normatividad analizada en los subcapítulos anteriores, con el fin de determinar su disfuncionalidad y sus posibles modificaciones, para evitar información poco detallada o contradictoria con respecto a otros marcos regulatorios.

Tabla 2.3. Evaluación de instrumentos regulatorios

INSTRUMENTO REGULADORIO	DISFUNCIONALIDAD	ATRIBUTOS REQUERIDOS
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Al ser la ley General que gobierna a todas las demás, en ella no se establece la información necesaria que rija o explique el control adecuado de los residuos de manejo especial.	La ley debe de incluir algunos apartados referente a diversos detalles acerca de la gestión de los residuos de manejo especial, dentro de los cuales están incluidos los RC&D.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	A pesar, de que esta ley se enfoca en reducir los impactos negativos al medio ambiente, a través de la aplicación correcta del manejo integral de los residuos, posee muy poca información referente a los residuos de manejo especial.	La ley debe incluir información relevante para la gestión de los residuos de manejo especial, ya que es una legislación propiamente de residuos. En ésta misma se deden hacer notar sanciones a aquellos involucrados en la incorrecta gestión de los residuos de manejo especial.
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)	El RLGPGIR establece los lineamientos básicos para la creación de normas adecuadas que rijan el manejo integral de los residuos, sin embargo hasta el momento no existen normas federales que controlen la gestión de los RC&D.	Los RC&D al formar un gran porcentaje de los residuos que se generan diariamente en todo el territorio nacional, deben de tener una norma federal que garantice su adecuada gestión. Tanto la LRSDF y el RCDF, deben modificar sus requerimientos en cuanto a los RC&D, con el fin de que ambas normatividades sean compatibles y se eviten daños al ambiente. En cuanto al reciclaje de los RC&D, se deben aplicar sanciones para asegurar que este tipo de residuos se traten con el fin de mitigar varios impactos ambientales generados por su inadecuada disposición.
Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF)	La LRSDF establece en cuanto a los RC&D: que el frente de las construcciones o inmuebles en demolición deberá mantenerse en completa limpieza, quedando prohibido almacenar escombros y materiales en la vía pública, lo cual se contrapone a lo que establece el RCDF, el cual permite todo lo anterior, aunque sea aplicable a sólo un periodo de tiempo.	Los RC&D al formar un gran porcentaje de los residuos que se generan diariamente en todo el territorio nacional, deben de tener una norma federal que garantice su adecuada gestión. Tanto la LRSDF y el RCDF, deben modificar sus requerimientos en cuanto a los RC&D, con el fin de que ambas normatividades sean compatibles y se eviten daños al ambiente. En cuanto al reciclaje de los RC&D, se deben aplicar sanciones para asegurar que este tipo de residuos se traten con el fin de mitigar varios impactos ambientales generados por su inadecuada disposición.

INSTRUMENTO REGULATORIO	DISFUNCIONALIDAD	ATRIBUTOS REQUERIDOS
Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF)	El RCDF establece que los RC&D generados en diversas obras, podrán colocarse en las banquetas de vía pública por no más de 24 horas, en cuanto a los desechos provenientes de demolición, éstos deben ser retirados en su totalidad en un plazo no mayor de 30 días hábiles. Lo anterior se contrapone a lo establecido por la LRSDF.	La LRSDF debe gestionar correctamente el manejo de los RC&D, con el fin de que éstos sean seleccionados y trasladados a tratamiento o disposición final, inmediatamente después de su generación para evitar obstáculos en la vía pública y la generación de partículas suspendidas. Por consiguiente, el RCDF debe basarse en lo que establece la LRSDF, para llevar a cabo las modificaciones necesarias en cuanto a al almacenamiento y recolección de RC&D
Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT)	Para el generador de una cantidad de RC&D menor a 7m <sup>3</sup> , también debe aplicarse el control para disposición final a través de los transportistas que presten el servicio, con la aplicación del manifiesto de entrega de recepción de materiales, con el fin de evitar la mala disposición de estos residuos.	Con la aplicación más estricta de la NADF-007-RNAT, se pretende que los RC&D reciclados se incorporen de nuevo a su ciclo de vida, con el fin de incrementar la vida útil de los sitios de disposición final, controlar el vertido inadecuado de estos desechos y garantizar la preservación de bancos de materiales para la construcción.

Fuente: Elaborada por la autora

Como conclusión general de la tabla 2.3 se tiene que, la normatividad forma parte de una estrategia que busca ordenar el sistema de almacenamiento, recolección, transportación, reciclaje y disposición final de los residuos que diariamente se producen en todo el territorio nacional, sin embargo, en ella falta información acerca de los residuos de manejo especial, dentro de los cuales se contempla a los RC&D (con excepción de la NADF-007-RNAT), para que se pueda regular de manera adecuada la gestión de este tipo de desechos con el fin de garantizar que se reduzcan los problemas como el vertido en asentamientos irregulares (que ocasionan graves daños al medio ambiente); que se prolongue la vida útil de los rellenos sanitarios al disponer una cantidad menor de RC&D debido a la recuperación y procesamiento de los mismos para aprovecharlos de nuevo y que a su vez, se reduzca la explotación de los bancos de materiales para la industria de la construcción con el fin de hacer consciencia en la preservación de nuestros recursos naturales no renovables. Con base en lo anterior, los instrumentos regulatorios como leyes y reglamentos deben contener información relevante acerca de los residuos de manejo especial (RC&D), para la creación de normas adecuadas que rijan cada una de las fases del manejo de este tipo de residuos.

Por otro lado, en la legislación, se pueden observar ciertas contraposiciones que influyen en el incorrecto manejo de los RC&D, por lo cual sería importante analizar los apartados contradictorios de cada una de las normatividades para corregir aquellas incongruencias que se presentan con el fin de brindar la correcta gestión de los residuos de la industria de la construcción.

## 2.2 CLASIFICACIÓN, COMPOSICIÓN Y RECICLAJE DE LOS RC&D

Para comenzar un plan de reciclaje, se debe observar el comportamiento de la estructura de los residuos, es decir, primero se debe determinar la cantidad de cada material de desecho y cómo y a qué costo será introducido al mercado, sin perder de vista que esto puede variar según la oferta y la demanda, por lo cual para desarrollar un programa de reciclaje, deben considerarse el mercado de recuperación de materiales, la infraestructura de recolección y sobre todo los costos que esto representa. Los mercados de recuperación de materiales existen sólo cuando los fabricantes necesitan de los materiales reciclados para utilizarlos sin procesarlos o como sustituto económico de sus materias primas, por lo tanto, el mercado depende de la calidad de los materiales y de los costos de competencia de las materias primas (Adaptado de SEDESOL, 2005). En muchos casos, los materiales recuperados son de calidad inferior a los materiales vírgenes, de tal forma, que su precio en el mercado es menor, y por lo tanto es atractivo para los compradores, por lo cual, se tiene que analizar el comportamiento de los materiales tanto vírgenes como reciclados tomando en cuenta la situación del producto (oferta y demanda), las características de los compradores y los canales y puntos de venta.

El reciclaje y la separación de residuos pueden provocar impactos benéficos, como la reducción de los costos pagados por los gobiernos en la gestión de sus desechos y la conservación de recursos naturales y ambientales. De igual manera, el reúso y reducción en origen pueden ofrecer importantes opciones para minimizar la cantidad de residuos que requieren disposición final; sin embargo, para ello se requiere contar con infraestructura y recursos económicos.

El reciclaje involucra tres etapas distintas (SEDESOL, 2005):

- La clasificación y recolección de los materiales reciclables,
- La manufactura del material en nuevos productos y,
- La compra y el uso de productos reciclables

El éxito del reciclaje se enfoca principalmente en la demanda existente en el consumo de materiales reciclados, que a su vez depende del valor comercial de dichos materiales, el cual debe garantizar el pago de los costos de recolección, transporte y transformación.

En cuanto a los RC&D, el reciclaje debe ofrecer a las dependencias, instituciones públicas o privadas, personas físicas o morales, etc; que lleven a cabo actividades de demolición, desmantelamiento, excavación, ampliación, remodelación y propiamente construcción nueva, una oportunidad para reducir los costos por disposición final y beneficiar al ambiente; por lo cual el primer paso del tratamiento, es identificar todos los materiales disponibles para el reciclaje potencial, verificando la composición de los RC&D.

Entre los escasos datos que se tienen para estimar la generación y composición de RC&D en la República Mexicana se ha encontrado que forman entre el 15% y 20% del total de residuos sólidos municipales (Morales, 1996). Vega Azamar (2001), estima que se producen alrededor de 19,200 ton/día de este tipo de residuos en todo el país; además, en estudios realizados en países en los que se presentan condiciones



similares a las de México tales como Brasil, se estima que los RC&D pueden llegar a constituir alrededor de un 40% del flujo total de desechos sólidos recolectados (Carneiro, et al, 2000); sin embargo, la generación y composición de los residuos provenientes de la industria de la construcción varía considerando que dentro de ésta existe una gama muy amplia de actividades como la demolición, el desmantelamiento, excavaciones, y construcciones nuevas; así como de los métodos constructivos que ejecute cada una de estas actividades.

La tabla 2.4 muestra la clasificación de los RC&D de acuerdo al tipo de actividades constructivas, en las cuales se indican sus principales componentes.

Tabla 2.4. Clasificación de los RC&D de acuerdo con el tipo de actividad

ACTIVIDAD	OBJETO	COMPONENTES PRINCIPALES	OBSERVACIONES
Demolición	Viviendas, diversos edificios y obras públicas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso y tejas.	Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios. No es una actividad frecuente.
		Recientes: ladrillo, concreto, hierro, acero, diversos metales y plásticos	
		Industriales: concreto, acero, ladrillo y mampostería	
		Servicios: Concreto, ladrillo, mampostería, hierro y madera.	
		Mampostería, hierro, acero y concreto armado	
Construcción	Excavación	Suelo y roca	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.
	Edificación y Obras Públicas	Concreto, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no férreos, suelo, roca, mampostería, yeso, cal, madera, pavimentos, etc.	
	Reparación y mantenimiento		
	Reconstrucción, rehabilitación y ampliación		

Fuente: Adaptado de Aguilar, 1997

La tabla 2.4 puede variar, debido a las diferencias entre los distintos países, en lo que se refiere a materiales utilizados, prácticas constructivas y desarrollo tecnológico del sector de la construcción y demolición.

Con base en la tabla 2.4, los materiales contenidos en los RC&D que técnicamente son aprovechables se pueden clasificar de la siguiente forma (Aguilar, 1997).

- **Materiales reutilizables:** Constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de maderas de calidad en buen estado, ladrillos, bloques, mampostería, cerámicas y tierras de excavación. En ciertos casos, la mezcla de residuos de demolición no seleccionados pero libres de impurezas, puede ser directamente utilizada como material de relleno, en sub-bases de caminos secundarios para carretera o en vías temporales de tránsito en rellenos sanitarios.
- **Materiales reciclables:** Constituidos principalmente por metales (férreos y no férreos), plásticos, vidrio y actualmente concreto, ladrillos, bloques, mampostería, etc, que cumplan ciertas propiedades físicas, para poder utilizarse en diversas actividades

En México; la composición física, de los residuos de la industria de la construcción queda determinada como se indica en la tabla 2.5, mientras que la composición para otros países puede observarse en la tabla 2.6

Tabla 2.5. Composición física de los RC&D  
(% en peso) en México

<b>ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
MATERIAL DE EXCAVACIÓN	42.16
CONCRETO	24.38
BLOCK / TABIQUE/MAMPOSTERÍA	24.33
TABLAROCA / YESO	4.05
MADERA	1.52
CERÁMICA	0.85
PLÁSTICO	0.78
PIEDRA	0.62
PAPEL	0.49
VARILLA	0.48
ASFALTO	0.25
LÁMINA	0.09

Fuente: Revista Ingeniería Civil No. 325 Mayo 1996

Tabla 2.6. Composición física de los RC&D (% en peso) en diversos países

Fracción	Alemania % (1)	Dinamarca % (2)	Holanda %	Reino Unido % (3)
Concreto	34	40	44	50
Fábricas	32	52	27	40
Materia granular			20	
Fracciones mezcladas			3.4	
Tejas			0.6	
Madera	13	8	2.3	1
Metales			1.4	0.3
Plásticos	12		0.3	
Fracción residual	9		0.8	8.7

(1): Composición correspondiente a RC&D de obras de edificación  
 (2): Composición correspondiente a residuos de demolición de edificios  
 (3): Composición correspondiente a residuos de demolición.  
 Las fábricas incluyen, ladrillo, block, mampostería, etc.

Fuente: Adaptado de Aguilar, 1997

En las tablas 2.5 y 2.6, se puede observar que las fracciones mayoritarias corresponden a concreto, ladrillo, block y mampostería, sin embargo, “en muchos países, la madera puede ser significativa en obras de demolición de viviendas, los metales en obras de demolición industriales (Aguilar, 1997)” y los plásticos aparecen en obras de demolición de viviendas más recientes.

El informe de un estudio para el Distrito Federal realizado por Cruz (et al) en 1996, basado en la cantidad de obra construida de 1990 a 1995 y en la composición de los RC&D para una muestra de 116 camiones transportistas que ingresó al Relleno Sanitario de Bordo Poniente presenta los resultados mostrados en la figura 2.1.

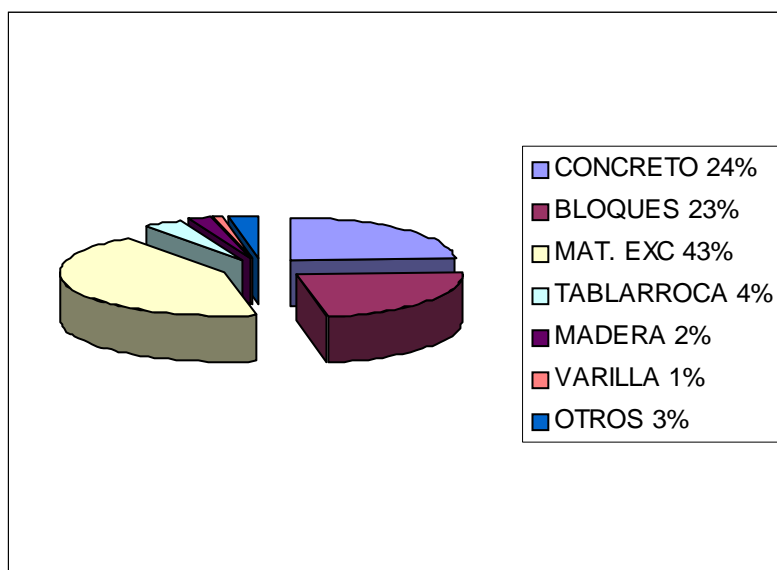


Figura 2.1. Composición de los RC&D en el Distrito Federal  
 Fuente: Cruz et al, 1996

Con base en la figura anterior, el muestreo indicó, que la mayor generación de subproductos es para el concreto, los block y el material de excavación (misma consideración que la obtenida con las tablas 2.5 y 2.6); los cuales pueden ser potencialmente reciclables para la producción de agregados. “Para el resto de las fracciones, los porcentajes de recuperación varían ampliamente en función de la región geográfica, de la legislación vigente y de la situación de los mercados” (Aguilar, 1997).

Como dato, la tabla 2.7 indica la generación de RC&D en algunos países europeos y la tabla 2.8 muestra los porcentajes de estos residuos recuperados. Se observa que prácticamente en la década de los 90, los países de la unión europea ya reciclaban alrededor de la tercera parte de los RC&D generados, lo cual indica que el reciclaje en México aún es muy incipiente, lo cual debe de ser considerado más a fondo por parte de las autoridades para reducir al máximo los problemas que en la actualidad están originando todos los desechos, incluidos entre ellos, los RC&D.

Tabla 2.7. Cifras de generación de RC&D en los países de la Unión Europea

País	Producción (miles de Ton)	Producción per cápita (kg/ hab * año)	Observaciones
Alemania	53	880	
Bélgica	7	700	(1)
Dinamarca	7	1	
España	11	285	(2)
Francia	30	580	
Holanda	14	940	
Irlanda	400	110	(1)
Italia	3	50	(3)
Luxemburgo	48	185	(3)
Portugal	400	45	(1)
Reino Unido	50	900	(1)
(1): No incluye tierras de excavación ni RC&D provenientes de obras públicas			
(2): Sólo incluye residuos de demolición de edificios			
(3): Incluye RC&D de edificios nuevos.			

Fuente: Adaptado de Aguilar, 1997

Tabla 2.8. Tasas de recuperación de RC&D en varios países

Año	Alemania 1990	Dinamarca 1993	Holanda 1990
% de RC&D recuperados	28	35	37

Fuente: Aguilar, 1997

Los aspectos que potencialmente limitan las actividades de aprovechamiento de los RC&D, son los siguientes:

- Limitantes técnicas: Las técnicas de demolición utilizadas, dificultan la posibilidad de aprovechamiento de los residuos, ya que éstos están muy mezclados; por lo que en varios países se ha puesto en práctica la demolición selectiva, sin embargo, este procedimiento incrementa los costos, por lo que en

muchos países, incluyendo México, se sigue practicando la demolición típica (sin separación de materiales aprovechables).

- Limitantes normativas: Se basa principalmente en la inadecuada regulación de la legislación para fomentar el reciclaje y la posterior utilización de los RC&D, como es el caso de la NADF-007-RNAT-2004.
- Limitantes del mercado: Al existir una gran oferta de materiales vírgenes con precios accesibles y una excelente calidad, los materiales recuperados no pueden ser competitivos y su mercado se ve desfavorecido.
- Limitantes de costos de transporte: Cuando las distancias recorridas por los camiones que trasladan RC&D son mayores a la planta de reciclaje que al sitio de disposición final, o cuando después de procesados los desechos, las distancias al lugar de consumo son muy grandes, no se ve beneficiado el proceso de reciclaje.
- Limitantes de costos de eliminación: Cuando es más costosa la entrega de los residuos en la planta de reciclaje frente a algún sitio de disposición final, el aprovechamiento disminuye.

Para la recuperación de los componentes mayoritarios de los RC&D (concreto, block, tabique, etc) para la producción de agregados, las soluciones técnicas son plantas fijas, semimóviles o móviles en las que se desarrollan uno o ambos de los siguientes procesos: separación de componentes y trituración clasificada. En la tabla 2.9 , se incluye un resumen de una estimación del número de plantas existentes en los países de la Unión Europea.

Tabla 2.9. Plantas de tratamiento de RC&D en la Unión Europea (1990)

País	No. de Plantas	Observaciones
Alemania	más de 300	
Bélgica	40	El 75% de planta son fijas.
Dinamarca	17	7 fijas, 7 móviles y 3 semimóviles
España	1	Localizada en Barcelona
Francia	10	Estimación de las existentes en torno a París.
Holanda	60	45 fijas y 15 móviles
Italia	5	La mayor parte son móviles
Reino Unido	9	3 fijas, y al menos 6 móviles

Fuente: Adaptado de Aguilar, 1997

En México sólo se cuenta con una planta móvil, pero al ser propiedad de la planta de reciclaje, únicamente opera en las instalaciones de este espacio.

En cuanto a los costos de tratamiento de los RC&D, dependen del nivel de pureza que presenten a la entrada; por ejemplo, en la planta de reciclaje, no se aceptan residuos con contaminantes evidentes, como botellas de plástico, madera, metales, residuos de jardinería, entre otros; ya que encarece el tratamiento, al tener que llevar a cabo la separación de impurezas antes de iniciar el proceso de reciclaje.

### **2.3 RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN POTENCIALMENTE RECICLABLES**

Usualmente el término reciclaje, es considerado como un medio para reprocesar un residuo con el fin de usarse nuevamente como materia prima, sin embargo, antes del reciclado hay que considerar la sustitución, la reparación y el reúso. La sustitución, generalmente tiene la intención de reemplazar un artículo por otro de manera permanente; la reparación, tiene la meta de convertir los artículos rotos o en mal estado en artículos usables; el reúso, se basa en la idea de que alguien encuentre o aplique un uso diferente a un artículo al cual todavía se le asigne un valor (SEDESOL, 2005). El reciclaje representa una opción después de que se han agotado las posibilidades antes mencionadas.

Los procesadores y los usuarios de materiales recuperados, requieren que el material a reciclar sea homogéneo y esté libre de contaminantes, los cuales pueden causar defectos al producto o daños a la maquinaria. En general, se da menor contaminación en los materiales que son recuperados en fuente, pero su recolección requiere de un trabajo más intenso y un costo más elevado.

Existen varios factores, tales como el mercado, la cantidad, la composición de los residuos y el precio de mercado, para considerar cuándo determinar qué materiales deben ser recolectados.

Cada uno de los residuos que se enuncian en la tabla 2.1, son potencialmente reciclables, ya que para cada clasificación con sus respectivas subclasificaciones se pueden fabricar diversos productos como los que se mencionan en los apartados siguientes.

#### **2.3.1 Residuos para la obtención de agregados y materiales de relleno**

En cualquiera de las actividades que se desarrollan en la industria de la construcción, los residuos más abundantes son los que se aprecian en la tabla 2.1 en su clasificación A.

Actualmente la Ciudad de México cuenta con una planta de reciclaje para este tipo de residuos, que consiste en un espacio con la maquinaria para procesar concreto, ladrillos y otros materiales utilizados en diversas obras, sin dañar al medio ambiente y ofreciendo además la posibilidad de reutilizarlos.

Algunos de los RC&D que acepta la planta para su procesamiento son los que a continuación se muestran, los cuales tienen que estar libres de impurezas (presencia de cualquier otro residuo sólido urbano o peligroso):

- Adcretos
- Arcillas
- Blocks
- Tabiques
- Ladrillos
- Concreto Simple

- Concreto Armado
- Mamposterías
- Cerámicos y
- Fresado de Carpeta Asfáltica

Una vez reciclados los residuos anteriores se obtienen agregados con las siguientes especificaciones y uso:

- **Material de 3"** : Material recomendado para estabilización de suelos, rellenos, filtros o pedraplenes.
- **Material de 3" a finos** : Recomendado como sub-base en caminos secundarios o con tráfico ligero, cubierta en rellenos sanitarios, relleno en estacionamientos o jardines y para la construcción de terraplenes (figura 2.2).



Figura 2.2. Material reciclado para agregado clasificado como material de 3" a finos  
Fuente: Elaborada por la autora

- **Material de 2" a finos**: Además de emplearse con cierta ventaja en las aplicaciones del material de 3" y 3" a finos, se puede emplear en rellenos donde se requiera un material más fino que el anterior.
- **Material de 1" a finos**: Puede sustituir con ventaja al tepetate natural en muchas aplicaciones, para recibir firmes en banquetas o en edificaciones pequeñas, o para recibir tuberías (figura 2.3).



Figura 2.3. Material reciclado para agregado clasificado como material de 1" a finos  
Fuente: Elaborada por la autora

Para el reciclaje de los RC&D, México recientemente ha comenzado y el material ya tratado únicamente se puede utilizar para las actividades constructivas que especifica la NADF-007-RNAT-2004; sin embargo, si se realizan diversas pruebas de laboratorio para otros usos constructivos, y dichos materiales cumplen con las especificaciones físicas que se requieran, los subproductos generados tendrían un mercado más amplio, reduciéndose los costos de obra hasta en un 50% (CONCRETOS RECICLADOS), al sustituir en gran parte los materiales vírgenes por los reciclados; algunos ejemplos para otro tipo de utilización de los RC&D reciclados en España, son los que se muestran en la tabla 2.10, según lo expone la Revista Residuos en su artículo 8 (2000), los cuales pueden utilizarse como agregados en concreto estructural.

Es importante mencionar, que un factor trascendental, es el costo que representa dejar los residuos en la planta de reciclaje en comparativa con el costo en los sitios de disposición final; por ejemplo en la planta de reciclado, el costo que se debe pagar para que los residuos sean recibidos es de \$40.00/m<sup>3</sup>, recibándose como mínimo 2 m<sup>3</sup>, equivalentes a \$80.00.

El Código Financiero del Distrito Federal del 2007 en su artículo 265, fracción III, indica que por el servicio de recepción de RC&D en estaciones de transferencia por cada 100 kg o fracción se cobra \$87.35., y en la fracción V, en sitios de disposición final por cada 100 kg o fracción se tiene un costo de \$158.10; hasta aquí se ve reflejado un costo excesivo por parte de las autoridades; sin embargo, la industria del reciclaje obtiene gran ventaja para que en ella se puedan disponer estos residuos a un costo más bajo.



Tabla 2.10. Algunas posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y concreto

Aplicación	Proyecto ejemplo	Material residual
Agregados en concreto nuevo	Carreteras de concreto	Concreto triturado
	Aeropuertos, puertos y autopistas	
	Pavimentos de concreto en general	
	Cañerías de concreto	
	Alcantarillado de concreto	
	Puentes	
	Construcciones portuarias	
	Planta de tratamiento de agua	
	Estación de bombeo	
	Depósito de fertilizante	
	Cimientos	Concreto / Ladrillo triturado
	Suelos	
	Divisiones horizontales	
	Paredes	
Cimientos en general		
Agregado en asfalto nuevo Método de base suelta	Materiales de base suelta en pavimentos y parques	Concreto triturado
	Pasos de bicicletas	Concreto / Ladrillo triturado
	Pavimentos	
	Carreteras forestales	
	Carreteras internas en las zonas residenciales	Asfalto / Concreto / Ladrillo triturado
	Carreteras nacionales	
	Carreteras comarcales	
	Autopistas, aeropuertos y puertos	
Garages y otros		
Material de relleno	Zanjas de cables	Ladrillo / Concreto triturado

Fuente: Adaptado de la Revista Residuos, artículo 8 (2000)

### 2.3.2 Residuos de excavación

Los residuos de excavación cuando no están contaminados pueden ocuparse como rellenos en diversas obras siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto.

En ciertas obras cuando se requiere excavación en suelo rocoso por exigencia del proyecto, se llegan a extraer bloques de diferentes tamaños de roca, que pueden ser reutilizados triturándolos para la elaboración de agregados vírgenes o bien, pueden ser ocupados como mampostería para muros o cimentación. En otros casos pueden llegar a tener un uso artesanal o como acabados rústicos en diversas cuestiones arquitectónicas (figura 2.4).

Incluso, los suelos finos, pueden tener varios usos extras ajenos a las actividades de la industria de la construcción; por ejemplo, un suelo con alto contenido de arcilla, puede ser usado para la fabricación de artesanías de barro.



Figura 2.4. Roca como material de excavación  
Fuente: Elaborada por la autora

### 2.3.3 Residuos Sólidos

Los subproductos que presentan mayor potencial de reciclaje en la clasificación de residuos sólidos de la tabla 2.1 se muestran en la tabla 2.11

Tabla 2.11. Porcentaje de reciclaje de los productos sólidos con mayor potencial de comercialización

Subproducto	Porcentaje de reciclaje
Papel y Cartón	42
Vidrio	32
Plástico	2
Metales (férreos y no férreos)	23
Textiles	1
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Reducción, Reúso y Reciclaje, SEDESOL, 2005

### Aluminio

Diversos programas de reciclaje como los de papel, vidrio y plástico compiten con el programa del aluminio, debido a que este material es abundante, relativamente barato y tiene un alto valor en el mercado.

Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta son:

- La energía requerida para producir una pieza de aluminio de material reciclable, es menor que la energía que se requiere, para hacer una pieza de material virgen (SEDESOL, 2005).
- Las impurezas son removidas rápidamente.
- Los costos de transportación son reducidos debido a que los residuos pueden ser compactados fácilmente.

Las escaleras, rejas (figura 2.5), puertas (figura 2.6, a), ventanas (figura 2.6, b) y perfiles de aluminio pueden reciclarse, además del aluminio pesado como los bloques de máquinas al término de su vida útil (maquinaria pesada en la industria de la construcción).

En los centros de recolección se acepta todo el aluminio que esté libre de contaminación, principalmente de residuos alimenticios.

En la planta de reciclado, el aluminio es fragmentado y calentado en un proceso térmico para eliminar revestimientos y humedad. El metal es fundido dentro de un horno para después ser formado en lingotes de 30,000 libras (13605 kg) o más, que son transferidos a otros molinos y transformados en hojas (SEDESOL, 2005).



Figura 2.5. Reja de aluminio  
Fuente: Elaborada por la autora



a)



b)

Figura 2.6. a) Puertas de aluminio, b) Ventanas de aluminio  
Fuente: Elaborada por la autora

## Papel y Cartón

Es importante recalcar que en la industria de la construcción no se produce tanto papel ni cartón (sólo el proveniente de sacos de cemento, yeso, pega azulejo, etc; figura 2.7) en comparación como con otro tipo de residuos, sin embargo, éstos, junto con el papel proveniente de otras fuentes de generación, como por ejemplo, el papel periódico y el papel mezclado sin desentintar pueden reciclarse para producir, espumas aislantes y madera prensada o tabla roca.

El reciclaje del papel y cartón reduce los impactos forestales y la reducción de consumo de energía. Desafortunadamente, sólo una porción del papel desechado puede ser reusado debido principalmente a que la fibra virgen es abundante y relativamente barata.



Figura 2.7. Papel proveniente de los sacos de cemento, para el reciclado de materiales para la construcción  
Fuente: <http://images.google.com>

## Plásticos

Los plásticos son identificados de acuerdo al tipo de resina que contienen, por lo cual se ha establecido un sistema de códigos, para identificar a las resinas utilizadas en muchos materiales. Esto ayuda de gran forma en la separación para su reciclaje; en la tabla 2.12 se muestra el porcentaje de plásticos por tipo de resina.

Además de las resinas HDPE y PET que son las más ampliamente recicladas, los residuos sólidos de otras resinas comunes (LDPE, PP, PVC y PS; figura 7) también pueden ser reciclados y por lo tanto deben tenerse en consideración (figura 2.8).

Tabla 2.12. Porcentaje de Plásticos por tipo de Resina Usada

Tipo de resina plástica	(% en peso de todos los plásticos)	Código
Polietileno baja densidad (LDPE)	41.00	4
Polietileno alta densidad (HDPE)	29.00	2
Polipropileno (PP)	10.00	5
Poliestireno (PS)	9.00	6
Polietileno Teraftaleno (PET)	7.00	1
Policlorovinilo (PVC)	4.00	3
Diversos (usualmente mezcla)	1.00	7

Fuente: Reducción, Reúso y Reciclaje, SEDESOL, 2005

Los usos primarios de plásticos y el potencial de uso para la industria de la construcción, después del reciclaje, se muestran por el tipo de resina en la tabla 2.13

Tabla 2.13. Uso de plásticos reciclados para la industria de la construcción por tipo de resina

Tipo de resina	Uso típico	Uso potencial después del reciclaje
PS	Trozos de losas aligeradas, protecciones en empaques, contenedores, cintas de audio, etc.	Aislamiento de espuma para casas.
PVC	Tubos de agua y drenaje, botellas transparentes flexibles, cubiertas de piso vinílico, alambres y cables.	Ductos para agua e instalaciones eléctricas

Fuente: Reducción, Reúso y Reciclaje, SEDESOL, 2005

La tasa de reciclaje para plásticos, es muy baja comparada con la del aluminio, papel y vidrio. Existen varias razones para esto, pero una de las más importantes es el bajo valor comercial con respecto a su volumen.



Figura 2.8. Plástico, PS (Poliestireno), para la construcción de losa aligerada  
Fuente: Elaborada por la autora

## Vidrio

Es necesario preparar el vidrio para su venta mediante la separación de color, trituración y la acumulación de grandes cantidades. Esto debe ser monitoreado cuidadosamente para evitar su contaminación. El vidrio puede ser usado como fibra de vidrio para aislamiento termostático, como vidrio asfalto y como cubierta en relleno sanitario (para este propósito, no es necesaria la separación por color). No se recomienda el reciclaje de vidrio auto laminado, ya que contiene una capa de plástico, que actúa como impureza. En grandes edificios en demolición la cantidad de vidrio puede ser muy representativa, como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9. Vidrio colocado en la ventanería de un edificio  
Fuente: Elaborada por la autora

## Otros metales

Algunos metales de los RC&D potencialmente reciclables, pueden tener diversas presentaciones, como se muestra en la tabla 2.14, estos residuos pueden clasificarse en metales férreos y no férreos; algunos ejemplos de metales no férreos son los siguientes (Tchobanoglous, 1994).

- Alambre de cobre
- Suministros de tubería y fontanería
- Instalaciones de luz
- Puertas y ventanas de aluminio, etcétera.

Un ejemplo de residuo férreo, es el acero, el cual se puede observar en las figuras 2.10 y 2.11.



Figura 2.10. Acero pretensado para estructuras en grandes obras de ingeniería  
Fuente: <http://images.google.de>



Figura 2.11. Acero estructural utilizado en construcciones de edificación  
Fuente: Elaborada por la autora

Tabla 2.14. Diversos metales de RC&D

Electrodomésticos / línea blanca	Aluminio
Aire acondicionado	Moldes de aluminio
Ventiladores	Buzones
Congeladores	Ductos para sistemas de calefacción
Tanques de agua caliente	Tubos y fregaderos
Hornos	Molduras para ventanas o puertas
Refrigeradores	Antenas de televisión
Estufas	Metales pesados
Moldes de Hierro	Tubería pesada
Bloques de hierro para maquinaria	Tanques de almacenamiento
Tubos y fregaderos	Estructura de acero
Tubería y albañal	Rines para llantas
Cajas para herramienta	Frenos de tambor

Fuente: Reducción, Reúso y Reciclaje, SEDESOL, 2005

## Llantas

Se han hecho investigaciones acerca del uso de las llantas para el ahorro del petróleo (en este caso, estaría enfocado en las llantas de toda la maquinaria pesada de la industria de la construcción), los neumáticos pueden ser usados como combustible en las fábricas de tabique y de cemento y como material reciclado para la construcción de carpeta asfáltica. Sin embargo, estas alternativas tienen generalmente altos costos originados por el transporte de las llantas al sitio de aprovechamiento.

En el estado de Arizona, Estados Unidos, se ha realizado exitosamente el reciclaje de las llantas para el asfalto de los caminos carreteros. Primeramente se tritura la llanta en pequeñas partículas y el 20% de ésta se le agrega a la emulsión asfáltica, teniendo resultados favorables; lo anterior ha podido ser comprobado en la práctica, en donde la vida útil del nuevo asfalto es aproximadamente de 18 años.



Figura 2.12. Llantas provenientes de la maquinaria pesada  
Fuente: Elaborada por la autora

## Residuos de Jardín

La maleza, ramas, hojas y recorte de pasto se encuentran también consideradas dentro de los RC&D cuando se llevan a cabo actividades como el despalle y el desmonte, con el fin de preparar la superficie donde se desplantará una nueva construcción (figura 2.13).

Con los residuos de jardín, básicamente se elabora composta, la cual puede ser vendida para fines agrícolas o de mejoramiento de suelo. La maleza grande y los troncos pueden ser vendidos como leña.





Figura 2.13. Limpieza del terreno  
Fuente: <http://images.google.de>

## **CAPÍTULO 3**

# **METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO**

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

Para comenzar un plan de reciclaje, hay que observar cuidadosamente la estructura de la corriente de los residuos, es decir, primero se debe determinar la cantidad de cada material de desecho (en el caso de los RC&D, como ya se había mencionado, se tiene una generación de 3,000ton/día en la Ciudad de México), cómo y a qué costo será introducido al mercado, sin perder de vista que esto puede variar según la oferta y la demanda, para lo cual es imprescindible llevar a cabo un estudio de mercado (EM) que nos permita analizar los puntos estratégicos que determinan la factibilidad del producto en el mercado mexicano.

Todos aquellos entes encargados de desarrollar un programa de reciclaje, deben considerar el mercado de recuperación de materiales, la infraestructura de recolección y sobre todo los costos que esto representa. Los mercados de los materiales reciclados existen sólo cuando los consumidores necesitan de éstos o cuando éstos se pueden usar como sustituto económico de materia prima, por lo tanto, el mercado depende de la calidad de los materiales, de la capacidad instalada de la industria productora y de los costos de competencia. En muchos casos, los materiales recuperados son de calidad inferior a los materiales vírgenes, de tal forma que el precio para los reciclados es menor que para el de los vírgenes, haciendo atractivo el mercado de los productos reciclados para los compradores.

Para estudiar el mercado del reciclaje se analiza el comportamiento de los materiales vírgenes y reciclados, considerando la oferta, la demanda, el precio y la comercialización, por tal razón, este trabajo pretende determinar la posibilidad de penetración de los materiales RC&D reciclados, para lo cual se utilizan modelos matemáticos, que indican cuál es esa posibilidad.

Para los modelos matemáticos que se presentan en el siguiente capítulo, no están incluidos factores fortuitos como, terremotos, incendios, así como aquellos de origen cultural, social, político o económico a nivel nacional, los cuales casi en su mayoría son imposibles de predecir, por lo que pueden poner en riesgo a la empresa emprendedora del proyecto a analizar; así mismo, para encontrar la factibilidad real del proyecto es necesario llevar a cabo una evaluación completa, que incluya los análisis de mercado, el técnico-operativo, el económico-financiero y el socio-económico; sin embargo, en este trabajo, sólo se analiza el EM (capítulo 4), que incluye las proyecciones calculadas y sus conclusiones respectivas, que permiten identificar el comportamiento actual del mercado para la producción de agregados reciclados para el sector de la construcción; por lo tanto; la realidad económica, política, social y cultural de la región donde se pretende desarrollar el proyecto, marca los criterios a seguir para la evaluación más adecuada, independientemente de la metodología utilizada., por lo cual, el proyecto queda completamente asociado a una multitud de circunstancias que lo afectan, las cuales al variar, producen cambios en la rentabilidad esperada, la cual podrá ser positiva o negativa; como por ejemplo; en el caso de la producción de agregados reciclados, la rentabilidad se podría ver favorecida, gracias al control de la contaminación del medio ambiente, al evitar entre otras cosas, la explotación excesiva de los bancos de materiales, que provocan alteraciones en el escurrimiento natural del

agua, que trae consigo, un aumento en la erosión del suelo, afectando de manera directa la vida de la flora y fauna nativa.

En cuanto al EM es necesario, que se siga cierta estructura, como la que se presenta en la figura 3.1. Se requiere describir a los clientes del mercado y cuál es su comportamiento. El EM consiste en estudiar aspectos, como:

- Tamaño del mercado: Identificar y cuantificar el mercado potencial.
- Características del mercado: Especificaciones del mercado que pueden afectar el desarrollo de la empresa.
- Segmentación del mercado. Consiste en dividir al mercado en categorías y elegir un segmento; es decir, con base en los materiales reciclados que pone a la venta la planta de reciclaje, se elegirán empresas que fabrican productos vírgenes con las mismas características.

Al final, el EM determina si éste es sensible al bien que se está produciendo, así como su posible aceptación en el consumo, lo que implica la puesta en marcha o el rechazo del proyecto.

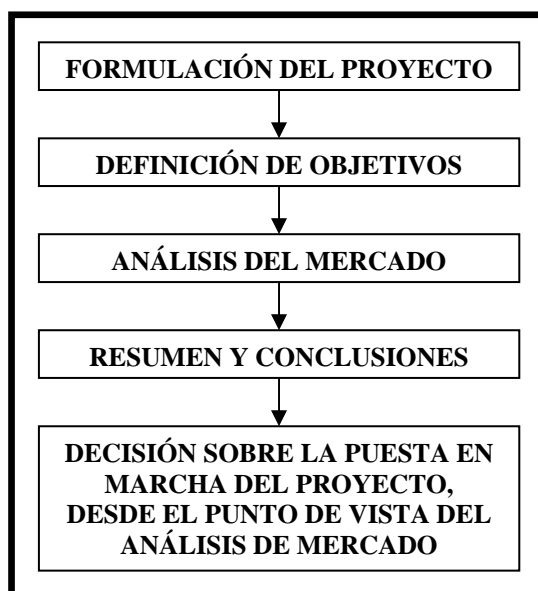


Figura. 3.1. Estructura básica del estudio de mercado  
Fuente: Elaborada por la autora

En este trabajo, se desarrolla un estudio de factibilidad, únicamente desde el análisis de mercado, para lo cual fue necesario realizar una investigación en fuentes primarias y secundarias.

Como parte del EM, se incluye la introducción y los antecedentes que contienen una reseña histórica del desarrollo y utilización del producto; además de incluir algunos factores que pueden interferir en el consumo de la producción de los agregados reciclados; también incluye los objetivos del estudio, que engloban los cálculos necesarios para determinar si el producto es rentable para apoyar su realización; posteriormente se debe realizar el marco de desarrollo, en el cual se enuncia los beneficios que origina el nuevo material a la sociedad, para dar solución a ciertos problemas que actualmente se presentan, al no estar vigente este producto en el mercado.

### 3.1 ESTUDIO DE MERCADO

El mercado lo conforman la totalidad de los compradores y vendedores potenciales del producto que se vaya a elaborar en el proyecto (Sapag, et al, 1995).

El EM, básicamente consta de la determinación y cuantificación de la oferta y la demanda, del análisis de los precios y del estudio de la comercialización. El objetivo general de la investigación consiste en verificar la posibilidad de penetración del producto (agregado reciclado) en el mercado (Baca, 1995); para lo cual es necesario recabar información, primordialmente de fuentes primarias.

#### 3.1.1 Generalidades del estudio de mercado

Los objetivos generales del mercado son los siguientes:

- La determinación de la cantidad de bienes (agregado reciclado), que la sociedad estaría dispuesta a adquirir a un determinado precio.
- Con el análisis de la oferta y la demanda, se da una idea del riesgo que el producto puede tener al ser o no aceptado en el mercado.

Ahora bien, el mercado en este trabajo, es definido, como el área en que confluyen las fuerzas de la oferta y la demanda para realizar las transacciones de bienes a precios determinados (Baca, 1995).

Para la elaboración del análisis del mercado, se recomienda la estructura mostrada en la figura 3.2.

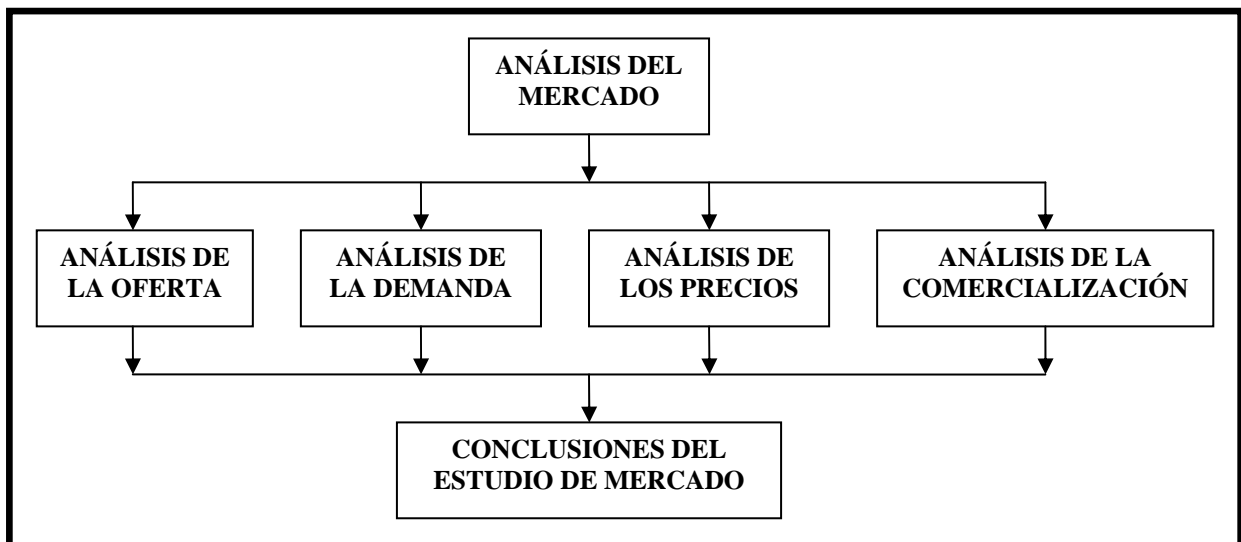


Figura. 3.2. Estructura general del estudio de mercado  
Fuente: Elaborada por la autora

La determinación de la oferta suele ser compleja, ya que al dar los productos a un precio más bajo, se fabrican y venden más bienes, y al subir el precio, bajará la cantidad demandada, por consiguiente, la oferta y la demanda guardan una relación directamente proporcional.

El análisis de la demanda pretende cuantificar el volumen de bienes que el consumidor podría adquirir. La demanda se asocia a distintos niveles de precio, condiciones de venta y necesidades de los compradores, entre otros factores.

En cuanto al análisis de precios, se debe tener en cuenta, que éste depende inversamente de la demanda que se requiere, es decir, cuando el precio de un producto sube la demanda baja y viceversa.

El análisis de la comercialización es difícil precisar, ya que se enfrenta a ciertas variaciones presentes durante toda la operación del proyecto, incluyendo el período de su vida útil, este último en caso de llevarse a cabo.

Para la investigación que se realizó, fue imprescindible considerar las siguientes características:

- a) Recopilación de la información sistemática y útil
- b) Método de recopilación objetivo

Para un nuevo producto, que aún no existe como tal en el mercado, es indispensable que se tomen en cuenta las investigaciones basadas en productos similares ya existentes, para tomarlos como referencia en las decisiones aplicables al análisis del nuevo material; como por ejemplo, considerar las características promedio en precio y calidad o los problemas actuales, para los cuales es necesario la presencia en el mercado de un nuevo producto.

Los pasos a seguir para la investigación, quedan determinados como se indica a continuación (Baca, 1995):

- a) Definición del problema: En este punto es conveniente tener un conocimiento completo del problema y analizar las posibles soluciones, con sus correspondientes consecuencias.
- b) Recopilación de información: Existen dos tipos de fuentes de información: las fuentes primarias, que consisten en la investigación de campo por medio de encuestas, y las fuentes secundarias, que engloban, toda aquella información escrita (estadísticas, libros, datos de la propia empresa, etc). En el caso de las fuentes secundarias, la información recabada es mucho más rápida y los costos de su búsqueda más bajos, en comparación con los de las fuentes primarias, por lo que en la mayoría de los casos, es conveniente elegir a las fuentes secundarias.
- c) Diseño de recopilación y tratamiento estadístico de los datos: Para la elaboración de las encuestas será necesario que sólo se construyan preguntas de las que se obtenga información útil, para la toma de decisiones.
- d) Procesamiento y análisis de los datos: Con diversos métodos matemáticos, se puede tener el comportamiento de todos los factores que se encuentren interactuando en un proyecto determinado; en los subcapítulos siguientes, se mencionan varias técnicas que, determinan si el proyecto demuestra ser rentable, para poderse implementar, o bien, si resulta ser no rentable, lo que origina su abandono.

Con base en los cuatro puntos anteriores, el EM cuenta con tres etapas:

1. Análisis histórico del mercado: Pretende reunir información de carácter estadístico que sirva mediante algún método matemático para proyectar una situación a futuro, como el comportamiento de la oferta, la demanda o el precio.
2. Análisis de la situación vigente: Este análisis es la base para cualquier predicción, sin embargo, su importancia es baja, ya que el mercado evoluciona constantemente, lo que provoca cambios sustanciales a lo largo del análisis del proyecto.
3. Análisis de la situación proyectada: La evaluación futura, es la etapa más importante, ya que permite conocer la rentabilidad del proyecto a lo largo de los años, sin embargo, debe tomarse en cuenta, que ninguna proyección es totalmente segura.

Como resumen, los pasos fundamentales de la metodología para la elaboración del EM se basan en:

- Problema de la investigación: Conocer la aceptación que tiene el mercado acerca de los productos reciclados provenientes de los RC&D. Además, conocer si los clientes están dispuestos a adquirir materiales reciclados y a contraponerlos con los materiales vírgenes.
- Selección de la muestra. Para la selección de la muestra se definen:
  - 1) Las empresas sobre las cuales fue la recolección de datos.
  - 2) La delimitación de la población consiste en determinar el conjunto de los casos con ciertas especificaciones.

Para el caso práctico del presente estudio el tamaño de la muestra se determinó con base en un censo, obteniendo datos provenientes de la Cámara Arenera Regional del Distrito Federal y del Estado de México, que posee registros de empresas que fabrican materiales vírgenes para la industria de la construcción, que son productos sustitutos a los que produce la planta de reciclaje.

Por otro lado, se recurrió a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y a la Comisión Nacional de Vivienda, para establecer contacto con posibles consumidores de agregados reciclados.

- Recolección de datos: Consiste en recolectar los datos que sean pertinentes a la investigación, desarrollándose actividades como:
  - 1) Seleccionar el instrumento de recolección de datos, el cual debe ser válido y confiable (un cuestionario); es decir se debe de considerar una medición para un mismo fenómeno que genera resultados similares y que permita ponderar a la variable que se busca cuantificar.
  - 2) Aplicar el método para recolectar los datos (se repartieron cuestionarios a las empresas seleccionadas) y posteriormente se eligió el modelo matemático más apropiado, para el análisis de las variables involucradas en el EM.

- 3) Preparar registros y observaciones, que debe de incluir según los objetivos de la investigación, la elaboración de un mapa metropolitano de agentes que formen parte de la cadena comercial de los RC&D.

### 3.1.2 Análisis de la demanda

Se entiende por demanda a la cantidad de bienes que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado (Baca, 1995).

El análisis de la demanda demuestra y cuantifica, la existencia de compradores (diversas empresas o intermediarios) actuales o potenciales de los materiales que se piensa ofrecer. El análisis de la demanda incluye:

- Análisis de precios: Es preciso contar con un análisis detallado de los precios de mercado; los precios se fija según el juego de la oferta y la demanda; o sea, cuando los productores están dispuestos a vender y los consumidores a adquirir determinada cantidad de algún producto a cierto valor que fijen dichos productores (se analiza en la sección 3.1.5).
- Capacidad instalada: Los procesos de producción de las empresas se determinan por su capacidad para transformar los insumos o materias primas necesarios para elaborar un producto.
- Plaza; que describe al lugar geográfico en donde se realizan las transacciones comerciales (ver subcapítulo 3.1.9).
- Proyección de la demanda, que determina el comportamiento de ésta en el futuro.

En general, el propósito del análisis de la demanda, es determinar los entes que afectan el requerimiento del mercado con respecto a un bien, así como la participación del producto para satisfacer dicha demanda. La demanda queda en función de diversos factores como; la necesidad que tiene el bien, su precio, el nivel de ingreso de la población, etc; por lo que fue necesario buscar información en fuentes primarias y secundarias, que tuvieron que evaluarse con indicadores econométricos, como es el caso del producto interno bruto (PIB), la tasa de inflación y el índice nacional de precios al consumidor (INPC).

Para el estudio de la demanda, es conveniente mencionar su clasificación (Baca, 1995).

- 1) Según, la oportunidad del producto.
  - a) Demanda insatisfecha; en la que lo producido no logra cubrir los requerimientos del mercado.
  - b) Demanda satisfecha; en la que lo ofrecido, es exactamente lo que requiere el mercado; ésta se divide a su vez, en dos tipos:
    - b.i) Satisfecha saturada; no soporta una cantidad mayor del bien, ya que el producto se utiliza plenamente.
    - b.ii) Satisfecha no saturada; posee una apariencia de demanda saturada enmascarada por herramientas mercadotécnicas.



2) En relación, con la necesidad.

- a) Demanda de bienes social y nacionalmente necesarios, para el crecimiento y desarrollo de la comunidad (alimentación, vestido, vivienda, etc).
- b) Demanda de bienes no necesarios o de gusto; cuya finalidad es la satisfacción únicamente de un gusto (perfumes, ropa fina, cosméticos, etc).

3) De acuerdo a su destino.

- a) Demanda de bienes finales, que son adquiridos directamente por el consumidor para su uso o aprovechamiento.
- b) Demanda de bienes intermedios o industriales, que requieren algún procesamiento para ser bienes de consumo final.

También es importante que se consideren los tipos de bienes que existen, ya que éstos pueden tener una gran influencia en la demanda (Baca, 1995).

- a) Bienes sustitutos: Son aquellos que satisfacen una necesidad similar, los cuales podrán ser adquiridos por los consumidores, en caso de que suban los precios del producto proyectado.
- b) Bienes complementarios: Son aquellos bienes que se consumen en forma conjunta, y por tanto, al aumentar el precio de uno de ellos, también aumenta el precio del otro.
- c) Bienes independientes: Son aquellos que no tienen ninguna relación con otros bienes, por tanto, al cambiar el precio de uno de ellos, no modificará el precio de algún otro bien.

### **3.1.2.1 Métodos de proyección**

Los métodos de proyección del mercado, son sólo indicadores de referencia para una estimación definitiva; ya que nadie puede prever con exactitud, lo que ocurrirá en el mercado del futuro, debido a que éste se encuentra influido por una serie de factores que al modificarse pueden poner en riesgo la situación del proyecto.

Las técnicas de proyección para el mercado son las siguientes:

- Modelos subjetivos: Se basan en la opinión de expertos. Se utiliza principalmente cuando no se dispone de la información necesaria y el tiempo para la realización del estudio es mínimo.
- Modelos causales: Supone que ciertas variables que actúan en el comportamiento del mercado son estables y con base en éstas, se construye un modelo en donde se involucra a otras variables que perturban el mercado.
- Modelos de series en el tiempo: Determina el comportamiento futuro del mercado con base en información del pasado, la cual debe ser confiable y completa.

Los cambios que se presenten en el futuro para la demanda, pueden ser determinados con cierta certeza, si se usan las técnicas estadísticas adecuadas para analizar el presente; para lo anterior, se utilizan los modelos causales, ya que intentan proyectar al mercado, sobre información cuantitativa histórica, para lo cual debe considerarse a los factores que se vean involucrados en el mercado, como variables estables.

Los modelos causales de uso más común son:

- a) Modelo de regresión lineal: Permite realizar un modelo de pronóstico, basado en  $n$  variables (variable dependiente y varias variables independientes); a su vez éste se clasifica en:
  - a.i) Modelo de regresión simple: Una variable dependiente y otra independiente)
  - a.ii) Modelo de regresión múltiple: Una variable dependiente y varias variables independientes.
- b) Modelo econométrico: Se basa en un sistema de ecuaciones estadísticas que interrelacionan a las actividades de diferentes sectores de la economía. Este modelo resulta más complejo por el incremento de información que es necesaria para su desarrollo.
- c) Modelo de insumo producto: Permite identificar las relaciones que se originan entre diversos sectores de la economía, a través de una matriz.
- d) Modelo de encuestas de intenciones de compra: Este modelo mide únicamente las intenciones de compra de algún producto, a través de la aplicación de encuestas.

Para pronosticar, un modelo a lo largo del tiempo, es necesario contar con un método de regresión que sea confiable bajo cualquier situación económica. Al tratar de analizar la relación entre una variable independiente y una variable dependiente, a partir de datos históricos, para predecir el comportamiento futuro de la variable dependiente (demanda), es conveniente utilizar el modelo de regresión lineal, que se basa en el método de mínimos cuadrados, el cual calcula la ecuación de una curva para una serie de datos dispersos sobre una gráfica, ajustando los datos a una línea recta.

En el método de mínimos cuadrados, se determina la ecuación de una curva para series de puntos dispersos sobre una gráfica, curva que se considera el mejor ajuste, cuando la suma algebraica de las desviaciones de los valores individuales respecto a la media es cero y cuando la suma del cuadrado de las desviaciones de los puntos individuales respecto a la media es mínima” (Baca, 1995).

### 3.1.2.2 Regresión y correlación lineal con tres variables (Método de mínimos cuadrados).

#### Regresión con tres variables

Para el análisis de mercado es fundamental considerar dos variables, el tiempo y la demanda. El tiempo, al ser independiente de cualquier situación, es considerado como la variable independiente (X), mientras que la demanda, es la variable dependiente (Y). Para lo anterior es necesario tener cierta cantidad de pares de puntos (variable independiente-variable dependiente), los cuales son ajustados para que su comportamiento sea el de una línea recta; por lo cual, es conveniente describir el desarrollo de las ecuaciones que servirán en el siguiente capítulo, para establecer el análisis que se pretende llevar a cabo, con el fin de encontrar la situación real del mercado mexicano actual, para la producción de agregados reciclados.

Para que se lleve a cabo un buen ajuste, es necesario que el error total sea lo más pequeño posible. El error se define como la diferencia de la distancia vertical, entre el valor (dato) de la variable dependiente (demanda,  $Y_i$ ), y el valor ajustado de la propia variable  $Y_i^*$  (ecuación 3.1).

$$\text{Error} = (Y_i - Y_i^*) \quad \text{ec. 3.1}$$

El error puede ser negativo o positivo, dependiendo de su posición (arriba o abajo) en la línea de ajuste, por lo cual, para obtener un ajuste lo más preciso posible, se toma el valor absoluto, de la suma de todos los errores.

$$\text{Error} = \sum |Y_i - Y_i^*| \quad \text{ec 3.2}$$

Utilizando el criterio de mínimos cuadrados, la expresión anterior, se transforma en la ecuación 3.3.

$$\text{Error} = \sum (Y_i - Y_i^*)^2 \quad \text{ec 3.3}$$

Al graficar los pares de puntos (figura 3.3), se obtiene una línea recta, que queda representada por la ecuación 3.4.

$$Y = a + bX \quad \text{ec 3.4}$$

Donde:

**a = Desviación al origen de la recta**

**b = Pendiente de la recta**

**X = Valor dado de la variable X, el tiempo**

**Y = Valor calculado de la variable Y, la demanda, la oferta o el precio**

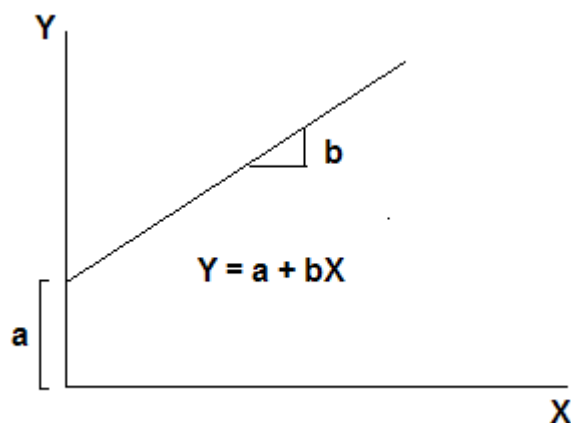


Figura 3.3. Representación gráfica de la recta  
Fuente: Elaborada por la autora

Para el análisis del EM, no es conveniente trabajar únicamente con dos variables, ya que el tiempo (variable independiente), no influye por sí mismo en el comportamiento de la demanda, lo que implica la consideración de otra variable, que influya en forma directa en la conducta de la variable dependiente.

Desde el punto de vista del EM, es más confiable trabajar con tres variables, para realizar predicciones más certeras. La tercera variable que influye drásticamente en el mercado, queda determinada por los índices econométricos; que ya han sido mencionados con anterioridad (Producto Interno Bruto, Tasa de Inflación e Índice Nacional de Precios al Consumidor).

Al trabajar con tres variables sólo una de ellas es dependiente (demanda;  $Y_i$ ), mientras que las dos restantes son independientes (tiempo,  $X_i$ ; e índice econométrico,  $Z_i$ ), lo que implica conocer el comportamiento futuro de éstas últimas. En cuanto al tiempo, no existe problema alguno, ya que es inmutable, pero en cuanto a los índices econométricos, fue necesario investigar a través de fuentes secundarias (principalmente del Banco de México), las proyecciones futuras para estos indicadores.

Para el análisis con tres variables, se tuvieron que realizar algunos cambios en las ecuaciones anteriores; para este caso se calculó la inclinación de un plano, que quedó determinada por la ecuación 3.5.

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \delta z_i \quad \text{ec. 3.5}$$

En donde  $\beta$ , es la inclinación del plano, cuando existe un movimiento en dirección paralela al plano (X,Y), manteniéndose Z constante; es decir;  $\beta$ , es el efecto marginal del tiempo sobre la demanda, la oferta o el precio. De igual manera  $\delta$ , es la inclinación del plano (Z,Y), manteniéndose X constante; es decir;  $\delta$ , es el efecto marginal de cualquier índice econométrico sobre la demanda.

Para encontrar los valores de los estimadores  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$ , fue necesario aplicar las siguientes ecuaciones.

$$\alpha = \bar{Y} \quad \text{ec. 3.6}$$

$$\sum Y_i x_i = \beta \sum (x_i)^2 + \delta \sum (x_i z_i) \quad \text{ec. 3.7}$$

$$\sum Y_i z_i = \beta \sum (x_i z_i) + \delta \sum (z_i)^2 \quad \text{ec. 3.8}$$

Donde:

$$x_i = X_i - \bar{X}$$

$$z_i = Z_i - \bar{Z}$$

$X_i$  = Valores de la variable tiempo

$Y_i$  = Valores de la variable demanda, oferta o precio

$Z_i$  = Valores de la variable índices econométricos

$\bar{X}$  = Promedio de la variable tiempo

$\bar{Y}$  = Promedio de la variable demanda, oferta o precio

$\bar{Z}$  = Promedio de la variable índices econométricos

### Correlación con tres variables

El análisis de regresión únicamente está diseñado para mostrar cómo se relacionan las variables, mientras que el análisis de correlación, indica el grado en el que dichas variables se relacionan.

El análisis de regresión determina la ecuación que rige el comportamiento de las variables consideradas y la correlación arroja un índice, el cual da una idea de qué tan cerca se mueven dichas variables; si la correlación es perfecta, el ajuste es  $r = 1$ , lo que indica que a una variación determinada de las variables independientes, corresponde una variación proporcional sobre la variable dependiente (demanda); si no existe correlación  $r = 0$ , y si se presenta una correlación perfecta pero inversa,  $r = -1$ . El modelo que representa la correlación con tres variables, se muestra en la ecuación 3.9.

$$r_{xyz} = \frac{r_{xy} - (r_{xz})(r_{yz})}{\sqrt{[1 - (r_{xz})^2][1 - (r_{yz})^2]}} \quad \text{ec. 3.9}$$

Donde  $r_{xy}$ ,  $r_{xz}$  y  $r_{yz}$ , quedan representados por las ecuaciones 3.10, 3.11 y 3.12.

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum (x_i)^2 \sum (y_i)^2}} \quad \text{ec. 3.10}$$

$$r_{xz} = \frac{\sum x_i z_i}{\sqrt{\sum (x_i)^2 \sum (z_i)^2}} \quad \text{ec. 3.11}$$

$$r_{yz} = \frac{\sum y_i z_i}{\sqrt{\sum (y_i)^2 \sum (z_i)^2}} \quad \text{ec. 3.12}$$

### 3.1.3 Recopilación de información

Cuando surge un producto nuevo en el mercado, la mejor táctica para recabar información es obteniéndola directamente con los posibles usuarios del producto, para lo cual es necesario la elaboración de un cuestionario.

El diseño básico del cuestionario tiene como finalidad extraer información necesaria, para el análisis de mercado se siguieron los criterios que a continuación de indican.

- a) El cuestionario fue breve, se restringió sólo a las preguntas necesarias.
- b) Las preguntas fueron claras, sencillas y directas; se utilizaron respuestas con selección múltiple y ordenación, asimismo hubo preguntas abiertas que fueron necesarias para reforzar a otras cuestiones.
- c) No se interfirió en las respuestas del entrevistado, para que la información recabada fuera lo más certera posible.

En la estructura de la encuesta, se comenzó con las preguntas más sencillas seguidas de las más complejas.

Antes de la aplicación oficial del cuestionario, se hicieron pruebas con personas conocedoras del tema; ya que sus comentarios fueron un punto clave, para realizar las modificaciones necesarias con el fin de aplicar satisfactoriamente la encuesta final.

El cuestionario se aplicó a través de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y de la Comisión Nacional de Vivienda, debido a que fueron las condiciones que se señalaron por parte de las empresas encuestadas.

La medición de las respuestas se calculó con la elaboración de tablas de frecuencias, donde a través de porcentajes se dio una interpretación a cada una de ellas.

#### 3.1.3.1 Procedimientos no probabilísticos de muestreo

Existen dos tipos de muestreo, el probabilístico y el no probabilístico. En el primero, cada elemento de la muestra, posee la misma probabilidad para ser muestreado; mientras que para el segundo, la probabilidad de cada elemento para ser muestreado no es la misma.

Para el EM el muestreo más utilizado es el no probabilístico, que implica llevar a cabo una estratificación para determinar los elementos (empresas) adecuados, a quienes sólo se les puede aplicar el análisis, para obtener información relevante.

Para realizar el muestreo no probabilístico, a través de estratos, es necesario conocer al sector de la población, para este caso, al sector de la industria de la construcción, para lo cual se contactó con las Cámaras antes citadas y con la Cámara Arenera Regional del Distrito Federal y del Estado de México.

### **3.1.4 Análisis de la oferta**

Se define a la oferta, como la cantidad de bienes que un cierto número de oferentes (productores) están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado (Baca, 1995).

El principal propósito del análisis de la oferta es la determinación de las condiciones, en donde una economía puede poner a disposición del mercado un bien.

Para elaborar el análisis de la oferta es necesario conocer las características de los productos que pueden ser comercializados, como la calidad que poseen y cantidad en la que se producen.

Al igual que la demanda, la oferta, se encuentra en función de una serie de factores, como por ejemplo:

- Costo de los insumos
- Costos de almacenaje
- Costos y abastecimiento de la materia prima
- Cantidad de productos demandados con base en las tecnologías existentes en el mercado
- Valor de los bienes sustitutos
- Grado de contaminación de los materiales
- Grado de procesamiento de los productos
- Condiciones climáticas, etc.

La cantidad óptima de producción es la que eleve al máximo el ingreso total de la empresa (Sapag, et al, 1995).

Existen tres tipos de oferta: la competitiva, en la que diversos productores se encuentran en competencia (ningún productor domina el mercado); la oligopólica, que se caracteriza porque el mercado es dominado por sólo algunos productores; y la monopolítica, que se basa en la existencia de un solo productor del bien, lo que implica un dominio total del mercado, que impone calidad, precio y cantidad. Esta última representa a la producción de agregados reciclados, ya que son los únicos industriales nacionales que producen este bien.

El análisis de la oferta, siguió el mismo procedimiento que la demanda; que implicó la recopilación de información de fuentes primarias y secundarias que incluye, entre otro tipo de datos, la cantidad de productores, su localización, la capacidad

instalada y la operativa, la calidad y precio de los productos, etc; posteriormente se hizo el ajuste, siguiendo los mismos criterios que para la demanda, en donde se obtuvo la ecuación de la tendencia histórica de la oferta, que sirvió de base para realizar la proyección de esta misma para un período determinado de tiempo.

### **3.1.5 Análisis de los precios**

Se define al precio, como la cantidad monetaria a que los productores están dispuestos a vender y los consumidores a comprar, un bien, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio (Baca, 1995).

Los precios se pueden clasificar, como:

- a) Internacional: Utilizado para artículos de importación-exportación.
- b) Regional externo: Precio vigente en sólo una parte de un continente
- c) Regional interno: Precio vigente en sólo una parte de un país
- d) Local: Precio vigente en una población y sus inmediaciones.
- e) Nacional: Precio vigente en todo un país

Fuera de cada una de estas regiones, el precio cambia.

Para el caso de los agregados reciclados, éstos poseen un precio local, ya que sólo es válido para el área metropolitana de la Ciudad de México y las localidades pequeñas que se encuentren cercanas a la empresa.

#### **3.1.5.1 Proyección del precio**

Es de suma importancia conocer el precio del producto en el mercado, ya que con esto se calculan los ingresos probables para los años futuros.

Considerando que el mercado de agregados reciclados es nuevo y no existen competidores para el mismo bien, se analizan los precios para materiales similares (materiales vírgenes), los cuales son contendientes potenciales, para algunas actividades constructivas.

En el caso de estudio, para la recopilación de datos, fue necesario investigar en fuentes primarias, como la Cámara Regional de la Industria Arenera del Distrito Federal y del Estado de México, con el fin de establecer contacto con empresas mineras, productoras de agregados vírgenes, las cuales participaron emitiendo los precios correspondientes a diferentes tamaños de agregados. En cuanto a la información de agregados reciclados, ésta se obtuvo de la empresa Concretos Reciclados S.A de C.V. La información recabada, se presenta en tablas y gráficas, que visualizaron la comparativa de precios entre los diferentes tipos de materiales.

Para el análisis de la variación porcentual de precios entre los materiales vírgenes y los reciclados se aplicó la ecuación 3.13; considerando para ello el precio promedio de los agregados vírgenes y el precio real de los agregados reciclados.



$$V_p = \frac{|\overline{P_v} - P_r|}{P_r} \times 100 \quad \text{ec. 3.13}$$

Donde:

**$V_p$  = Variación porcentual (%)**

**$\overline{P_v}$  = Precio del material virgen (\$)**

**$P_r$  = Precio del material reciclado (\$)**

Para la proyección de los precios, no es necesario el uso de ningún método estadístico de ajuste; sin embargo, es muy común la proyección de los precios utilizando el método de regresión lineal, considerando al tiempo y la tasa de inflación (diversos autores comentan, que el precio depende casi en su totalidad de la tasa de inflación) como variables independientes y a los precios históricos como variable dependiente; o bien únicamente aplicando las tasas inflacionarias proyectadas, al precio actual, para cierto período de tiempo. En cuanto al análisis histórico de los precios, la empresa Concretos Reciclados S.A de C.V, proporcionó información para los distintos tamaños de agregados que produce, desde el año que inició sus actividades (2004) hasta el año 2007.

En este trabajo, se determinó la proyección de los precios con los dos criterios explicados en el párrafo anterior; primeramente con el método de regresión lineal, cuyo coeficiente de correlación fue muy cercano a 1, con lo cual se obtuvo la ecuación de la tendencia histórica del precio; y posteriormente, utilizando la tasa de inflación de manera directa sobre los precios del 2007. Con ambos criterios se establecieron las proyecciones correspondientes, que permitieron conocer el incremento del precio para cada período anual.

Finalmente, se analizaron los costos que representa el traslado de los RC&D al relleno sanitario en comparación a la planta de reciclaje, considerando las distancias recorridas para cada uno de estos sitios; y se determinaron los costos de recepción en estos dos lugares.

### **3.1.6 Elasticidad - Precio de la demanda**

La cantidad demandada de un producto depende del precio que se le asigne, del ingreso de los consumidores y de las preferencias del usuario final. La cantidad demandada aumenta al bajar el precio del producto, al aumentar el precio de los bienes sustitutos, o bien, al aumentar el ingreso del consumidor. “La teoría económica expresa una relación inversa entre la demanda y el precio, para lo cual es indispensable conocer la reacción de la cantidad demandada ante un cambio en el precio” (Sapag, et al, 1995), a través de la elasticidad precio de la demanda, que permite cuantificar el cambio relativo en las cantidades vendidas ante una variación en los precios, la cual queda representada por la ecuación 3.12.

$$E_p = \frac{(Q_2 - Q_1) (P_2 + P_1)}{(P_2 - P_1) (Q_2 + Q_1)} \quad \text{ec. 3.12}$$

Donde:

**P1 y Q1: Precio y cantidad inicial, respectivamente**

**P2 y Q2: Precio y cantidad final, respectivamente**

**Si  $E_p > 1$ , demanda elástica**

**Si  $E_p < 1$ , demanda inelástica**

**Si  $E_p = 1$ , demanda unitaria**

Cuando la demanda es elástica demuestra la existencia de un mercado inseguro, por lo cual se debe de abandonar el proyecto; cuando la demanda es inelástica, se encuentra un mercado seguro, que tiene mayores posibilidades de desarrollo; y finalmente cuando se determina una demanda unitaria, el mercado es estable, pero hay que tener cuidado en este caso, ya que como se ha mencionado, la rentabilidad de un proyecto depende de factores que al ser modificados, ponen en riesgo a la producción; es por eso que un mercado en equilibrio, no garantiza que el producto penetre exitosamente, por el contrario, se cuenta con una incertidumbre mayor, porque no se sabe a ciencia cierta, lo que vaya a ocurrir; por tal razón, el mejor de los casos es para el mercado inelástico.

### 3.1.7 Comercialización del producto

La comercialización es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o servicio al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar (Baca, 1995), ésta se basa en los cuatro puntos de la mercadotecnia: producto, precio, promoción y plaza. Cada una engloba gran variedad de recursos para atraer al cliente y facilitar el intercambio del bien, destacando de ellos las siguientes características:

**Producto:** Constituye el núcleo de la comercialización; del aprovechamiento de sus atributos se elabora un perfil del producto de particular interés para un sector del mercado.

**Precio:** Variable en estrecha correspondencia con el valor que el comprador atribuye a los subproductos (ya analizado en la sección 3.1.5) .

**Promoción:** Su papel es preponderante en la implementación de un programa exitoso de reciclaje, ya que es el instrumento para lograr la participación comunitaria que garantiza la oferta así como la demanda por parte de los compradores potenciales. Las herramientas empleadas son: publicidad, promociones, campañas de información y concientización, relaciones públicas y fuerza de ventas., para lo cual es preciso que el oferente, elabore planes y programas de participación social relativos a la recuperación de materiales; por medio de sondeos de opinión y encuestas, campañas informativas, de concientización y de capacitación

**Plaza:** Se refiere al lugar geográfico donde se realizan las transacciones comerciales incluyendo el lugar de generación, los canales de distribución y los puntos de venta. En muchos casos es necesaria la ayuda de los intermediarios.

Los intermediarios son aquellos entes que garantizan una buena comercialización, ya que colocan al producto en un sitio y momento adecuado para su compra; concentran y distribuyen grandes volúmenes del material, tanto a lugares cercanos como lejanos de la empresa productora; asumen los riesgos de transportación acercando al mercado; entre muchas otras ventajas (Sapag, et al, 1995).

Para cada tipo de productor, existe un canal de distribución adecuado para que la venta de su producto sea lo más exitosa posible; por lo que primeramente es necesario conocer, los dos tipos de productores que existen; los de consumo en masa (productos de uso popular) y los de consumo industrial; en el caso de la producción de agregados reciclados, la empresa que los fabrica pertenece al segundo grupo; dentro del cual, existe la siguiente clasificación para los canales de distribución (Baca, 1995):

1. Productor – consumidor industrial: Se utiliza cuando el comprador requiere la atención por parte del productor.
2. Productor – intermediario industrial – consumidor industrial: Generalmente es utilizado cuando el productor requiere tener un mayor número de ventas, para lo cual el producto se distribuye a diversos lugares, teniendo más posibilidades de acercar al mercado.
3. Productor – agente – intermediario – consumidor industrial: Es el canal más indirecto, sin embargo, es muy útil cuando se requiere realizar ventas a lugares muy alejados.

Para determinar el canal o los canales de distribución más adecuados, es conveniente considerar los objetivos que persiga la empresa productora y así mismo a lo que esté dispuesta a invertir para la comercialización de su producto. Los tres objetivos que se pueden tener, son los siguientes:

- a) Cobertura del mercado: En este caso, el canal número 3, abarca más mercado, sin embargo, encarece el precio al usuario final; por otro lado, si el producto es único y limitado, puede utilizarse el canal número 1.
- b) Control sobre el producto: Si lo que interesa es tener mayor control sobre todos los factores que rodean al producto, es conveniente elegir el canal número 1, pero si esto no es muy importante, entonces puede elegirse entre el canal 2 o el 3, considerando que entre más intermediarios existan, el control sobre el producto será menor y los precios de venta aumentarán.
- c) Costos y utilidades: El canal 1, implica un menor costo en traslados; sin embargo, esto se ve reflejado en la disminución de las ventas; por consiguiente, el canal 2, representa un aumento en el costo de los traslados, pero garantiza mayor número de ventas. Lo anterior, debe de considerar el riesgo que quiera correr la empresa.

También es indispensable que se lleve a cabo un análisis externo, del medio en donde se encuentra envuelto el producto, como por ejemplo, los factores económicos,

los socioculturales, los tecnológicos y los político-legales; los hábitos de consumo están determinados principalmente por el nivel económico de las personas y por el factor sociocultural.

La composición de las clases sociales en un país y su estilo de vida será fundamental para la promoción y precio del producto.

**CAPÍTULO 4**  
**EJEMPLO DE APLICACIÓN**

## CAPÍTULO 4

### EJEMPLO DE APLICACIÓN

#### Introducción

El EM que se presenta a continuación tiene la finalidad de conocer la situación actual de la producción de RC&D reciclados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, para lo anterior se inició con el análisis de la norma NADF-007-RNAT-2004 investigando tanto en fuentes primarias como secundarias, la clasificación de RC&D más apta para realizar el EM. Considerando la mayor generación de residuos producidos, su posible reciclamiento y su posterior utilización, se determinó que los materiales reciclables son los que se encuentran en la clasificación A “Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y materiales de relleno”.

La información de fuentes primarias se obtuvo de la compañía productora y de minas de agregados vírgenes, así como de empresas consumidoras del producto. Las fuentes secundarias fueron la Secretaría de Finanzas del D.F, el Banco de México y el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados. Los resultados obtenidos permiten determinar si el proyecto para el reciclaje de los RC&D es factible, o se imponen a él diversas variantes que influyen para que éste no sea adecuado, todo lo anterior considerando las condiciones económicas actuales del país.

Es de suma importancia aclarar que los resultados obtenidos con el EM, no pueden influir totalmente en decidir la factibilidad del proyecto en estudio, ya que para poder asegurar el éxito del proyecto es necesario llevar a cabo una evaluación completa, que incluya los estudios técnico-operativo, económico-financiero y socio-económico; sin embargo, en este trabajo, únicamente se abordó el EM.

#### Antecedentes

La problemática para la disposición de los RC&D en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es cada vez más compleja, ya que con base en la información proporcionada por las diferentes delegaciones políticas del Distrito Federal y en datos de recepción que se tienen en el sitio de disposición final “Bordo Poniente”, se estima que en la actualidad se generan alrededor de 3,000 a 5,000 toneladas diarias de escombros en la Ciudad de México, que representa aproximadamente la tercera parte de las 12,000 toneladas diarias que se generan de residuos sólidos urbanos. Un fuerte conflicto se observa en los costos tanto por el traslado de los desechos hasta el relleno sanitario, como por el cobro para recepción en el mismo sitio, lo que implica que muchos de estos residuos no sean depositados adecuadamente en el vertedero, ya que todas aquellas personas o empresas implicadas en la cadena generadora, ven la forma más fácil y económica para que éstos sean abandonados en lugares clandestinos, como barrancas, al lado de carreteras, en ríos y en terrenos baldíos, entre otros, ahorrándose así, los costos por transporte y recepción. Es por ello que a raíz de la propuesta llevada a cabo por la

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, tanto a la Cámara de la Industria de la Construcción como a la Cámara Arenera, para la instalación de plantas de reciclado de los RC&D para su aprovechamiento, Concretos Recicladados, S.A de C.V instaló su planta de reciclaje; iniciando sus actividades en Noviembre del 2004.

Actualmente, la planta de reciclaje, es una empresa especializada que emplea equipo con tecnología de punta para el máximo aprovechamiento de todos los recursos en el reciclaje de los RC&D; esta empresa produce agregados reciclados en diferentes tamaños, según sea su requerimiento para la gran variedad de obras en donde se utilizan. La importancia primordial para el crecimiento de este tipo de industria radica en el papel para disminuir la cantidad de RC&D en los sitios de disposición final, incrementándose la vida útil de los rellenos sanitarios; además, posee otro tipo de impactos benéficos, como es el caso de la reducción en la explotación de bancos de materiales vírgenes, que traen consigo grandes afectaciones al medio ambiente; otro aspecto de importancia, es la disminución de los costos en la industria de la construcción al sustituir para cierto tipo de obras, los materiales vírgenes por los reciclados.

El proceso para el reciclaje de los RC&D consiste en términos generales en la limpieza, trituración y cribado en diversos tamaños. Como ya se ha mencionado, el principal consumidor de este producto, es la industria de la construcción.

Al ser totalmente nuevos en el mercado los RC&D reciclados, éstos sólo pueden ser comparados con los materiales de origen virgen, considerando que su utilización está restringida a cierto tipo de obras constructivas; sin embargo, al poseer un bajo costo con respecto a los materiales vírgenes, es posible lograr en una etapa inicial, un buen nivel de desarrollo.

### **Objetivo del estudio de mercado**

Analizar la factibilidad de mercado (aceptación o rechazo del producto) del proyecto consistente en el reciclaje de los RC&D, de acuerdo con los factores predominantes en la situación económica actual del país.

### **4.1 MARCO DE DESARROLLO**

En los últimos tres años, desde la apertura de la planta de reciclaje de RC&D la demanda de este tipo de materiales transformados se ha visto incrementada por parte del sector público, en diversos proyectos, entre los que se encuentran; en la delegación Iztapalapa, la recepción de 30,000 m<sup>3</sup> de material producto de excavación de la obra y la construcción de un pozo de absorción de aguas de captación de lluvia en el sitio de la Laguna la Quebradora; en la delegación Xochimilco, la recuperación y restauración del suelo de conservación ecológica, en el área natural protegida en los ejidos de San Gregorio y en el distrito de riego del ex ejido de Xochimilco para la rehabilitación de caminos; y en la delegación Tlalpan, el acondicionamiento de los senderos para la

prevención de incendios y la protección del Bosque de Tlalpan; así como la adecuación de los mismos para que los corredores desarrollen mejor su actividad.

Para el año (2008), se tienen previstas, algunas otras obras, que incrementarán la demanda y por ende la producción de agregados reciclados.

Por lo anterior, desde este punto de vista, se puede corroborar que el mercado de RC&D reciclados, tiene un futuro asegurado, mientras la infraestructura que necesitan las ciudades siga creciendo día con día, lo cual es un hecho en países en vías de desarrollo, como es el caso de México.

## 4.2 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

A los RC&D reciclados se les define como el resultado de un proceso de tratamiento físico, para ser utilizados en la construcción, ya sea solos o mezclados (Norma 4.01.01.029 Materiales de Construcción Reciclados).

La norma 4.01.01.029, clasifica a los productos de la construcción y demolición reciclados, como a continuación se muestra:

### a) Por su origen

1. Pétreos
2. Prefabricados de mortero
3. Derivados de arcilla  
Recocida  
Vitrificada
4. Concreto hidráulico
5. Concreto asfáltico

### b) Por su reincorporación en la construcción de:

1. Terraplenes
2. Sub-bases
3. Base hidráulica
4. Plantilla para tubería
5. Cubierta en relleno sanitario
6. Andadores y ciclistas
7. Relleno de oquedades y cavernas
8. Bases para guarniciones, banquetas y firmes

Para el proceso de tratamiento de los RC&D, la planta de reciclaje utiliza los siguientes equipos.

- Equipo de Trituración: Este equipo se basa en quijadas (cuyo resultado es la trituración del material), se encuentra montado sobre orugas, es computarizado y

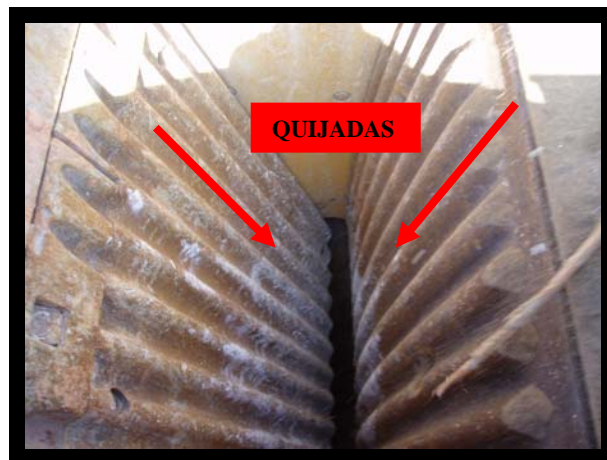


manejado a control remoto (lo que garantiza que su desplazamiento y ubicación sea rápido y económico), además, se cuenta con un equipo de electroimán para separar el acero (generalmente, el acero puede encontrarse en castillos y losas demolidas) y un sistema de aspersión para estabilización de polvos (control de la contaminación atmosférica, al reducir la generación de partículas muy pequeñas); con esta máquina se obtienen materiales que van desde finos hasta un tamaño máximo de 3" (Figura 4.1).

a)



b)



c)

Figura 4.1. Equipo de trituración

a) Sistema de aspersión para polvos, b) Electroimán, c) Quijadas

Fuente: Elaborada por la autora

- Equipo de cribado: Este equipo se encuentra montado sobre orugas, es computarizado y manejado a control remoto. Esta máquina, permite clasificar a los materiales reciclados con 4 curvas granulométricas diferentes (entre las más comunes que se manejan, son las de 1/4", 3/8", 3/4" y 3"), (Figura 4.2).



Figura 4.2. Equipo de cribado  
Fuente: Elaborada por la autora

Con los equipos antes mencionados, se tiene gran versatilidad, debido a que pueden ser desplazados de un almacén a otro, o incluso hasta el lugar de la misma obra, en donde se requieran reciclar los residuos in situ, lo que facilita y economiza la operación del reciclado, sin que se requiera de instalaciones especiales.

Para garantizar mayor calidad en el producto final, la recepción de los RC&D es primordial, ya que éste debe de estar libre de papel, cartón, textiles, vidrio, plásticos y otros materiales indeseables que puedan restar calidad a los productos reciclados (Concretos Reciclados), (Figura 4.3).

En cuanto al almacenamiento de los residuos que llegan para reciclaje, éstos tienen que ser clasificados para su acopio, dependiendo de las características del casajo, por lo que, los desechos se acomodan en diferentes almacenes, entre los que se pueden mencionar (Concretos Reciclados):

- Almacén de concreto simple o armado
- Almacén de materiales mezclados (como morteros, concretos, tabiques, mamposterías, cerámicos, arcillas, etc.)
- Arcilla producto de excavaciones.
- Fresado de carpeta asfáltica (este producto, no será analizado en este trabajo).

Finalmente, según el producto que se busca obtener, es sometido a trituración y clasificación con base en los RC&D de los diferentes almacenes con los que se cuente en ese momento, para obtener entre los materiales más comunes (Figura 4.4):

- Material de 1/4"
- Material de 3/8"
- Material de 3/4"
- Material de 3"

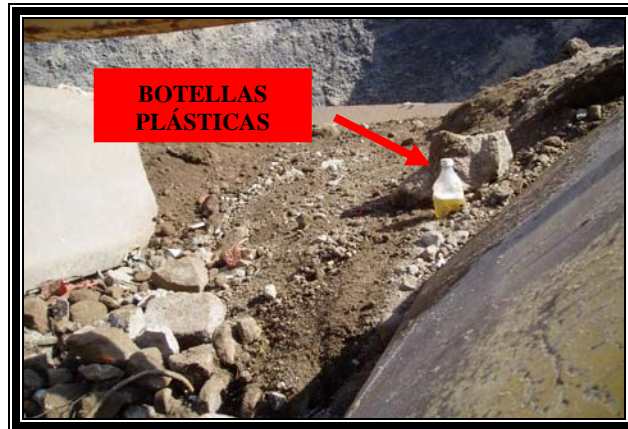


Figura 4.3. Materia prima contaminada  
Fuente: Elaborada por la autora



a)



b)

Figura 4.4. Clasificación del producto reciclado,

a) material de 1/4", b) material de 3"

Fuente: Elaborada por la autora

Con base en información proporcionada por Concretos Reciclados, los materiales reciclados, actualmente son demandados para los siguientes usos:

- Base y sub-base de caminos
- Base y sub-base en estacionamientos
- Base y sub-base en calles
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias
- Construcción de terraplenes

- Material fino para cubierta de relleno sanitario
- Construcción de andadores o ciclopistas
- Construcción de lechos para tubería, rellenos, filtros y pedraplenes
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas
- Bases hidráulicas

La norma para materiales de construcción reciclados establece la granulometría adecuada para el producto que resulta del triturado de los RC&D, la cual pueden tener los siguientes tamaños:

1. Gruesos: Posee partículas mayores a 3/16" (4.75 mm), llegando a un tamaño máximo de 3" (76.2 mm).
2. Finos: Posee partículas menores o iguales a 3/16", debiendo pasar más del 95% de la fracción gruesa por la malla 4.75 (equivalente a 4.75 mm, representa la malla No. 4) y menos del 5% por la malla 0.075 (equivalente a 0.075 mm, representa la malla No. 200).

Con lo anterior se observa que el cribado de los RC&D tratados por la planta de reciclaje, cumple con lo establecido en la norma 4.01.01.029, para las obras que se ha mencionado en párrafos anteriores.

En cuanto a las condiciones de calidad, éstas quedan determinadas con base en las normas mostradas en la tabla 4.1, las cuales indican ciertos parámetros que deben de cumplir los agregados reciclados, según el uso que se les quiera dar, para lo cual, el producto deberá ser sometido a ciertas pruebas con el fin de justificar su utilización, garantizando su adecuado funcionamiento.

En caso de requerirse el uso de agregados reciclados para algún otro tipo de actividad diferente a las que ya se han mencionado, se deberán, realizar pruebas adicionales según la aplicación que se pretenda.

Tabla 4.1. Normas para determinar la calidad de los RC&D reciclados

ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DEPENDENCIA
GRANULOMETRÍA	M-MMP-4-01-001	SCT
LIMITES DE CONSISTENCIA	M-MMP-4-01-006	SCT
EQUIVALENTE DE ARENA	M-MMP-4-01-008	SCT
GRADO DE COMPACTACIÓN	M-MMP-4-01-011	SCT
PARTÍCULAS ALARGADAS Y LAJEADAS	M-MMP-4-01-016	SCT
AGREGADOS (DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS LIGERAS)	NMX-C-72	ONNCCE
AGREGADOS (DETERMINACIÓN DE LA MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGUA DEL AGREGADO GRUESO)	NMX-C-164	SECOFIN
AGREGADOS (CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD POR SECADO, MÉTODO DE PRUEBA)	NMX-C-166	SECOFIN
AGREGADOS LIGEROS, ESPECIFICACIONES	NMX-299	SECOFIN

Fuente: Norma 4.01.01.029 (Materiales de Construcción Reciclados)

#### 4.2.1 Clasificación

Según las condiciones requeridas para la utilización del material reciclado, éste ha sido comúnmente clasificado en 4 tamaños, de los cuales ya se ha hablado anteriormente; el de 1/4", el de 3/8", el de 3/4" y el de 3", sin embargo, puede producirse cualquier curva granulométrica solicitada.

#### 4.2.2 Marca

Este tipo de producto es generalmente conocido en el mercado con el nombre de "agregado", por lo cual no requiere marca o etiqueta para su venta

#### 4.2.3 Envase

Por la gran cantidad volumétrica de agregados que se requiere para su uso y además de que difícilmente se deterioran al ser transportados, estos materiales, no necesitan ser empacados, por lo que solamente se venden a granel.

### 4.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

#### 4.3.1 Distribución del mercado de consumo

Actualmente, debido a que la producción de RC&D reciclados es muy incipiente a lo largo de toda la República Mexicana, la distribución de este tipo de material sólo se hace en el mismo sitio donde se encuentra ubicada la planta de reciclaje; teniendo el mercado potencial de este producto, el sector de la industria de la construcción, a través del sector público que es el principal consumidor, ya que este mismo, fue quien detonó el reciclaje de los RC&D; sin embargo, también se cuenta con una pequeña fabrica tabiquera perteneciente a la iniciativa privada, la cual adquiere materia prima reciclada para la elaboración de sus productos.

#### 4.3.2 Comportamiento histórico de la demanda

Según datos proporcionados por las diferentes delegaciones políticas del Distrito Federal, se tienen los registros de la demanda promedio de RC&D reciclados para los años 2005, 2006 y 2007 como se aprecia en la tabla 4.2. El consumo de este producto ha sido posible gracias a la participación del sector público, en diferentes proyectos que se han realizado a partir del 2005.

Tabla 4.2. Demanda de material reciclado

AÑO	DEMANDA (TONELADAS DE RESIDUOS C&D RECICLADOS)
2005	22301.50
2006	44603.00
2007	75384.00

Fuente. Delegaciones Políticas, Iztapalapa, Tlalpan y Xochimilco

La figura 4.5; muestra la tendencia de la demanda histórica, para los años 2005 al 2007, que han sido representados por los años 1 al 3, respectivamente. En el gráfico se observa el crecimiento continuo de la demanda durante un período de tres años, que como ya se mencionó, se debe a la promoción que ha llevado a cabo el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría del Medio Ambiente, para que sus mismas instancias consuman agregados reciclados.

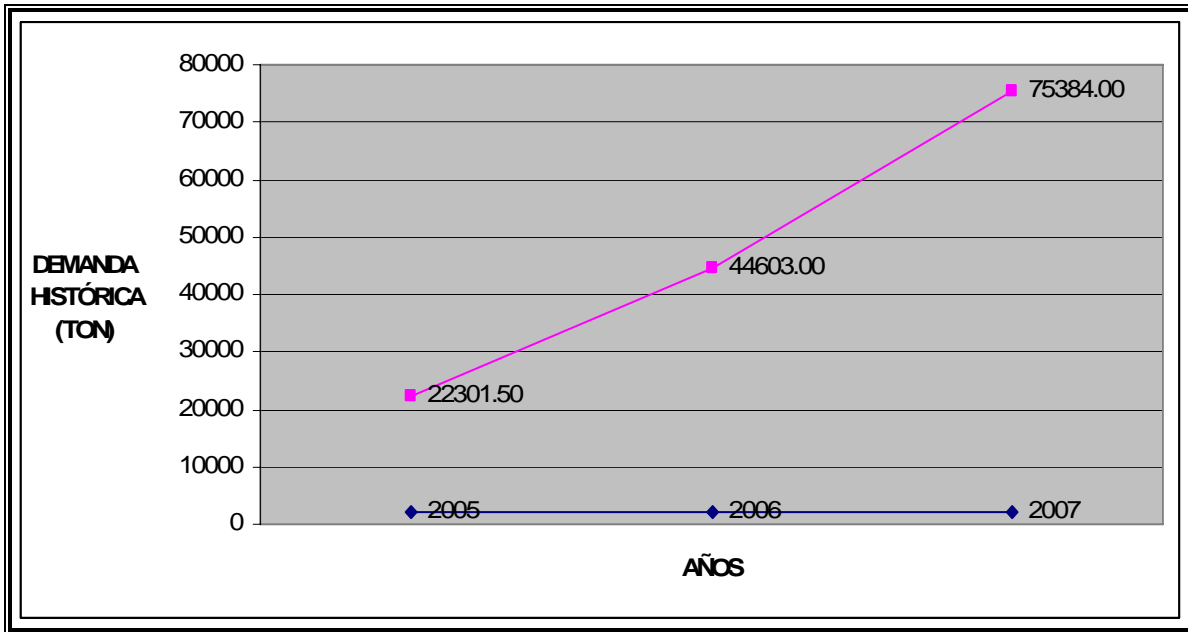


Figura 4.5. Demanda histórica  
Fuente: Elaborada por la autora

### 4.3.3 Proyección de la demanda

Para el cálculo cuantitativo de la evolución futura de la demanda, en este estudio se aplicaron series estadísticas básicas, utilizando el método de regresión lineal múltiple, que de acuerdo con el comportamiento mostrado en el subcapítulo anterior, quedó determinada por los años históricos, A1 para el año 2005, por el A2 para el año 2006 y por el A3 para el año 2007, las cuales permitieron calcular el desarrollo del producto para un período posterior; lo que determinó la proyección de la demanda para los años 2008 a 2009. Los años pronosticados aparecen como D1 para el año 2008, D2 para el año 2009 y así sucesivamente hasta el D5 para el año 2012.

En relación con las variables consideradas para la obtención de la ecuación de la tendencia histórica de la demanda, se tomaron en cuenta los años de proyección (tiempo), como primera variable; los datos históricos demandados para estos mismos años, como segunda variable, y tres factores de decisión como tercera variable; considerándose para éstos últimos, el producto interno bruto (BIP), la tasa de inflación y el índice nacional de precios al consumidor (INPC), los cuales son indicadores económicos, que representan el comportamiento de la economía mexicana.

Del análisis que se presenta en el anexo 1, el factor de decisión, que presentó el coeficiente de correlación más alto, fue disputado entre el PIB y la tasa de inflación; que por ser aproximadamente iguales, se consideraron útiles los dos; sin embargo, sólo uno de ellos se eligió desde un punto de vista conservador; lo cual implicó la elección del factor que proyectó la demanda mínima para los

próximos años; lo anterior, para garantizar que los datos proyectados tengan una mayor posibilidad de ocurrir.

Las ecuaciones de la tendencia histórica de la demanda considerando tres variables, son la ecuación representada por el factor de decisión PIB (ecuación 4.1) y la del factor de decisión tasa de inflación (ecuación 4.2). Los cálculos respectivos pueden observarse en el anexo 1 (tabla A1.4 y A1.5).

$$Y = 26541.25X - 2335.72 Z + 28969.84 \quad \text{.....} \quad \text{ec. 4.1}$$

$$Y = 26379.63 X + 16162.47 Z - 41660.51 \quad \text{.....} \quad \text{ec. 4.2}$$

La proyección de la demanda para los años 2008 a 2012, considerando las ecuaciones 4.1 y 4.2, se encuentra representada en la tabla 4.3; donde se observa, que los valores con mayor posibilidad de ocurrir, quedan representados por la ecuación 4.2, tomando como factor de decisión, a la tasa de inflación, por tener resultados más conservadores, (Véase anexo 1).

Tabla. 4.3. Proyección de la demanda, considerando el PIB y la Tasa de Inflación, como la tercer variable de decisión

AÑO	AÑO DE LA DEMANDA PROYECTADA	AÑO CONSECUTIVO PARA LAS PROYECCIONES (X)	PIB (Z)	TASA DE INFLACIÓN (Z)	DEMANDA ESPERADA (Y) EN TON, CONSIDERANDO EL PIB	DEMANDA ESPERADA (Y) EN TON, CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN
2008	D1	3	3.50	3.00	100418.57	85965.79
2009	D2	4	3.60	3.00	126726.248	112345.42
2010	D3	5	3.60	3.00	153267.498	138725.05
2011	D4	6	3.60	3.00	179808.748	165104.68
2012	D5	7	3.60	3.00	206349.998	191484.31

Fuente: Elaborada por la autora

La figura 4.6, muestra el crecimiento de la demanda proyectada, de donde se sabe, que al tener un coeficiente de correlación prácticamente igual a 1, el modelo de ajusta a una línea recta, a cuya variación para cada año, corresponde un incremento proporcional de 26 379 toneladas de material demandado.



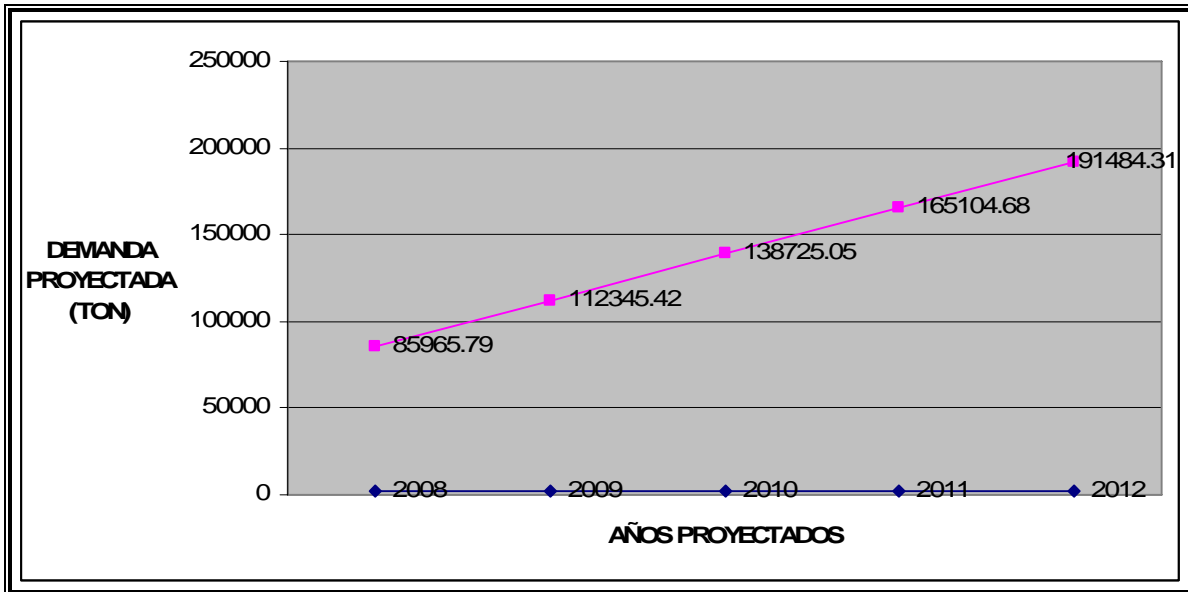


Figura 4.6. Demanda proyectada  
Fuente: Elaborada por la autora

#### 4.3.4 Tabulación de datos de fuentes primarias

El objetivo de la encuesta aplicada, tomando en cuenta la parte del EM, fue analizar la situación actual en el mercado de agregados reciclados (en el 2007), respecto a los productores de materiales vírgenes, desde el punto de vista de los consumidores, para observar las futuras expectativas de la producción de RC&D reciclados.

Al abarcar, Concretos Reciclados, el 100% de la producción tanto en la zona metropolitana como a nivel nacional, fue indispensable contar con su apoyo para la realización de este proyecto.

El propósito de este estudio, fue conocer los puntos de vista de los consumidores.

Es conveniente aclarar, que originalmente, se decidió aplicar la encuesta de consumidores a alrededor de 60 empresas pertenecientes a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y de la Comisión Nacional de Vivienda, sin embargo, este número se redujo a sólo 9, que aceptaron dicha aplicación; debido principalmente a la falta de conocimiento de la existencia del producto reciclado; además de la poca participación por parte de las compañías.

No obstante de la aplicación de las 9 encuestas, éstas se sujetaron a que muchas preguntas no fueran respondidas por el resguardo de información que cada una de las empresas se reserva a comentar y a la brevedad de realizarse cada uno de los cuestionamientos. Las frecuencias de las preguntas y las conclusiones respectivas para cada cuestión, se pueden observar en el anexo 2.

## 4.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA

### 4.4.1 Características del productor

Al existir sólo una empresa nacional dedicada a la producción de agregados reciclados, se habla de una oferta monopólica, lo que origina un dominio total del mercado, imponiendo calidad, precio y cantidad.

### 4.4.2 Proyección de la oferta

Al igual que en la demanda, fue necesario realizar un ajuste con tres variables, siguiendo los mismos criterios, de donde se obtuvo la ecuación que representa la tendencia histórica de la oferta, para el criterio de decisión que presentó el factor de correlación más cercano a uno (ver el anexo 3).

Según los cálculos llevados a cabo; la ecuación de la tendencia histórica de la oferta considerando tres variables, quedó representada por el factor de decisión INPC (ecuación 4.3). Los cálculos respectivos pueden observarse en el anexo 3 (tabla A3.3).

$$Y = 88051.91 X - 23997.4 Z + 2778398.35 \quad \dots\dots\dots \text{ec. 4.3}$$

La proyección de la oferta para los años 2008 0 2012, considerando la ecuación 4.3, se encuentra representada en la tabla 4.4; de donde se observa, que los años proyectados son O1, O2, O3, O4 Y O5, cuya equivalente es para los años 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012, respectivamente.

Tabla. 4.4. Proyección de la oferta, considerando el INPC, como tercer variable de decisión

PROYECCIONES DE LA OFERTA				
AÑO	AÑO DE LA OFERTA PROYECTADA	AÑO CONSECUTIVO PARA LAS PROYECCIONES (X)	INPC (Z)	PROYECCIÓN DE LA OFERTA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN
2008	O1	3	125.89	21521.39
2009	O2	4	129.67	18863.13
2010	O3	5	133.56	13565.16
2011	O4	6	137.56	5627.47
2012	O5	7	141.69	-5429.89

Fuente: Elaborada por la autora

En la figura 4.7, se puede apreciar, que la proyección de la oferta a partir del 2008 irá disminuyendo, propiciando que en el año 2012, exista un requerimiento de producto para satisfacer a la demanda (que en contra parte a la oferta, ésta irá creciendo cada vez más, siempre y cuando la economía mexicana

no sufra variaciones importantes), que será aún más grande que la que se presenta para el año 2007, por lo que es necesario que la cantidad de materia prima requerida se incremente durante el período 2008-2012, llegando a requerirse la capacidad instalada que posee la planta actual, o bien, requiriéndose la instalación de más plantas de reciclaje. El último punto se considera más adecuado que el primero, ya que para períodos posteriores al 2012, la demanda tendrá un incremento significativo, lo que se manifiesta en la producción obligatoria de mayor cantidad de RC&D reciclados, esto con el fin de evitar que en cualquier momento, la producción de la empresa recicladora, no pueda ser suficiente para cubrir el abastecimiento de material reciclado, ya que la capacidad instalada de esta planta es de 2,000 m<sup>3</sup>/día.

Por lo anterior, se cuenta con cuatro años para persuadir a diferentes inversionistas a emprender un proyecto de RC&D reciclados, que incrementen la cantidad de material producido, para satisfacer la demanda que para ese entonces se requerirá.

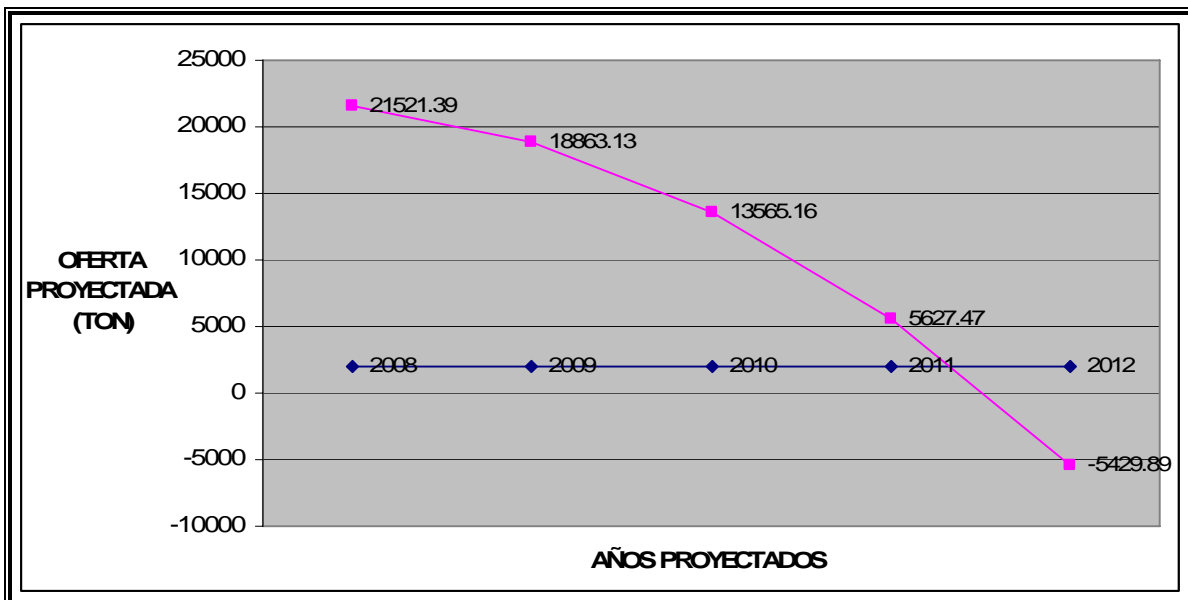


Figura. 4.7. Oferta proyectada  
Fuente: Elaborada por la autora

#### 4.5 ANÁLISIS DE PRECIOS

Principalmente se llevó a cabo un análisis en el cual se mostraron las diferencias entre los precios de los agregados vírgenes (bienes sustitutos) y los agregados reciclados, ya que la producción de RC&D reciclados es nueva y sólo puede ser comparada con este tipo de materiales.

Como ya se ha mencionado en el subcapítulo 4.2, la comparativa entre materiales, sólo puede llevarse a cabo para cierto tipo de actividades constructivas.

Para la recopilación de información, fue necesario acudir a la Cámara Regional de la Industria Arenera del Distrito Federal y del Estado de México, la cual permitió el contacto con 14 empresas mineras, que en total engloban 25 minas de agregados vírgenes (debido a que varias de estas empresas, contemplan dos o más minas) (ver tabla 4.5). Para la publicación de sus costos, se realizaron visitas a cada una de ellas, con el fin de solicitar y adquirir el permiso correspondiente.

En la tabla 4.5 se observa el análisis de precios para 4 tamaños de agregado, según la clasificación de los materiales reciclados producidos por la planta de reciclaje (material granzón de 1/4", normal de 3/8", normal de 3/4" y roca para sub-base de 3").

Más adelante se presentan las tablas y gráficas comparativas correspondientes a los precios por m<sup>3</sup>, para materiales reciclados y vírgenes, tomando en cuenta, el tamaño de agregado en cada caso (ver tablas 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 y figuras 4.8, 4.9, 4.10 y 4.11).

Para llevar a cabo la comparativa de precios entre materiales vírgenes y reciclados, se calculó la variación porcentual, considerando el precio promedio de los agregados vírgenes y el precio de los agregados reciclados (ver anexo 4).

En la tabla 4.10 se observa la existencia de una variación exorbitante de precios (entre el precio promedio de los materiales vírgenes con respecto al precio del material reciclado); se registra una variación que va desde el 103.28% para el agregado de 3/8" hasta una de 248.52% para el producto de 1/4". Con base en lo anterior, no existe duda alguna, que el precio de los RC&D reciclados, representa una mayor oportunidad de consumo, para aquellos entes interesados en su utilización; de manera que en cuanto al análisis de precios, el producto reciclado posee un factor de suma ventaja sobre los materiales vírgenes; lo que alienta a que en un período no muy lejano, el mercado de este tipo de producto se incremente, ya sea con el uso de la capacidad instalada de la planta actual o con la creación de nuevas empresas de reciclaje.

Tabla 4.5. Empresas mineras contactadas para la publicación de los costos de agregados con cuatro granulometrías diferentes (1/4", 3/8", 3/4" y 3")

EMPRESA		GRANZON	NORMAL	NORMAL	ROCA SUB BASE
		1/4"	3/8"	3/4"	3"
GRUPO DIMIX		\$60.00	\$60.00	\$58.00	NO LO MANEJAN
AGREGADOS CHILUCAN		\$59.00	\$59.00	\$89.00	NO LO MANEJAN
ARENERA MEXICANA	SANTA. FE	\$38.00	\$60.00	\$60.00	NO LO MANEJAN
	HUIXQUILUCAN				
MARVI	MINA LA LUPITA	\$130.00	\$95.00	\$58.00	NO LO MANEJAN
	EL GLOBO AZUL				
	MINAS LAS TRANCAS				
	SAN PEDRO				
	MINA LA GUADALUPANA				
	MINA CERRO GRANDE				
	SAN PEDRO LA PEDRERA				
	MINA TLAHUILCO				
LA MAGDALENA					
MINA EL OCHO Y MEDIO		\$130.00	\$55.00	\$130.00	NO LO MANEJAN
MAQUINARIAS Y CANTERAS S.A.DE C.V.		NO LO MANEJAN	\$80.00	\$70.00	NO LO MANEJAN
MINA DON JUAN		NO LO MANEJAN	\$98.00	\$56.00	NO LO MANEJAN
TRITURADOS VOLCANICOS DE MEXICO	SANTA CRUZ	\$80.00	\$42.00	\$53.00	NO LO MANEJAN
	DOS CERROS				
ARENAS Y GRAVAS XALTEPEC	XALTEPEC	\$100.00	\$100.00	\$60.00	\$60.00
	YAUQUIE				
MINA LA ESTANCIA		\$100.00	\$100.00	\$60.00	\$60.00
MINA MONSERRAT S.A.DE C.V		NO LO MANEJAN	\$100.00	\$58.00	\$58.00
TRITURADOS SAN MIGUEL, S.A. DE C.V.		NO LO MANEJAN	\$98.00	\$55.00	\$60.00
FERREMAGIC, S.A. DE C.V.		NO LO MANEJAN	\$110.00	\$65.00	\$65.00
JOVAGA S.A DE C.V		NO LO MANEJAN	NO LO MANEJAN	\$60.00	\$60.00
* CONCRETOS RECICLADOS (PLANTA DE RECICLAJE)		\$25.00	\$40.00	\$25.00	\$25.00

Fuente: Cámara Regional de la Industria Arenera del Distrito Federal y del Estado de México

\* Concretos Reciclados S.A de C.V.

Tabla 4.6. Precio por m<sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 1/4"

GRANZÓN (AGREGADO DE 1/4")	PRECIO (\$ / m <sup>3</sup> )
<b>PRODUCTORES</b>	
CONCRETOS RECICLADOS S.A DE C.V	25.00
GRUPO DIMIX	60.00
AGREGADOS CHILUCAN	59.00
ARENERA MEXICANA	38.00
MARVI	130.00
MINA EL OCHO Y MEDIO	130.00
MAQUINARIAS Y CANTERAS S.A DE C.V	0.00
MINA DON JUAN	0.00
TRITURADOS VOLCÁNICOS DE MÉXICO	80.00
ARENAS Y GRAVAS XALTEPEC	100.00
MINA LA ESTANCIA	100.00
MINA MONSERRAT S.A DE C.V	0.00
TRITURADOS SAN MIGUEL S.A DE C.V	0.00
FERREMAGIC S.A DE C.V	0.00
JOVAGA S.A DE C.V	0.00
<b>PRECIO PROMEDIO PARA AGREGADO VÍRGEN DE 1/4" (\$ / m<sup>3</sup>)</b>	<b>87.13</b>

Fuente: Elaborada por la autora

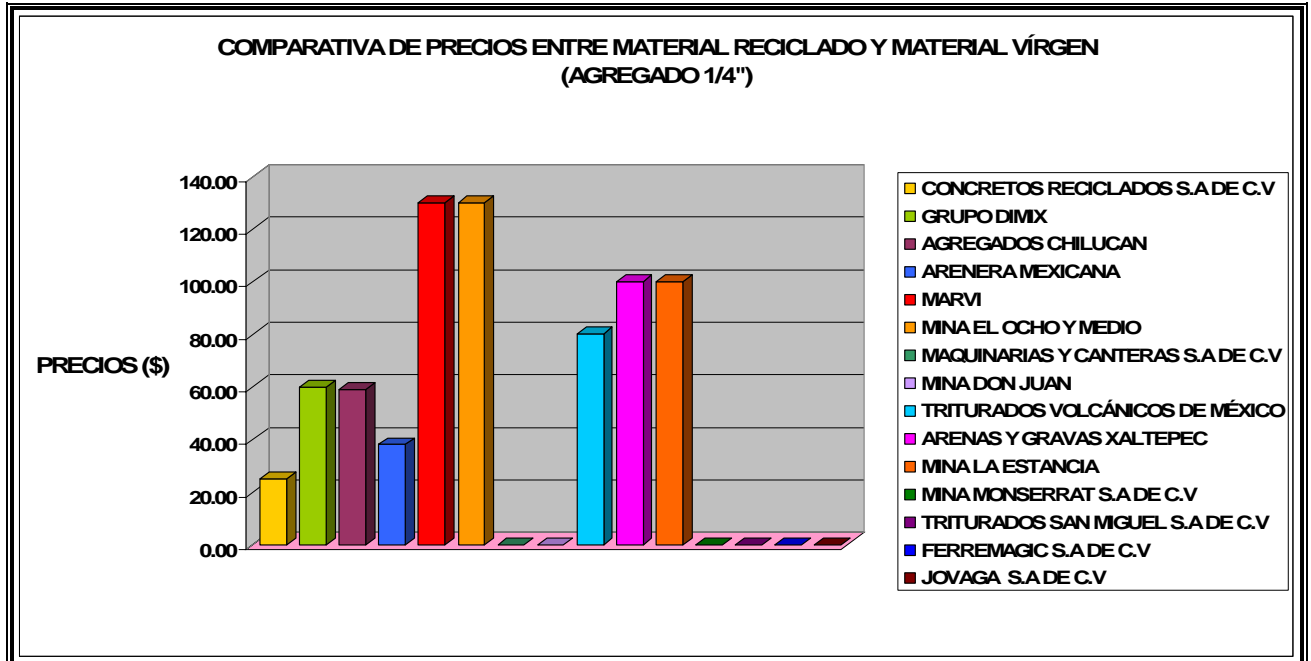


Figura 4.8. Comparativa gráfica de precios por m<sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 1/4"

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla 4.7. Precio por m<sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/8"

<b>NORMAL (AGREGADO DE 3/8")</b>	<b>PRECIO</b>
<b>PRODUCTORES</b>	<b>(\$ / m<sup>3</sup>)</b>
<b>CONCRETOS RECICLADOS S.A DE C.V</b>	<b>40.00</b>
GRUPO DIMIX	60.00
AGREGADOS CHILUCAN	59.00
ARENERA MEXICANA	60.00
MARVI	95.00
MINA EL OCHO Y MEDIO	55.00
MAQUINARIAS Y CANTERAS S.A DE C.V	80.00
MINA DON JUAN	98.00
TRITURADOS VOLCÁNICOS DE MÉXICO	42.00
ARENAS Y GRAVAS XALTEPEC	100.00
MINA LA ESTANCIA	100.00
MINA MONSERRAT S.A DE C.V	100.00
TRITURADOS SAN MIGUEL S.A DE C.V	98.00
FERREMAGIC S.A DE C.V	110.00
JOVAGA S.A DE C.V	0.00
<b>PRECIO PROMEDIO PARA AGREGADO VÍRGEN DE 3/8" (\$ / m<sup>3</sup>)</b>	<b>81.31</b>

Fuente: Elaborada por la autora

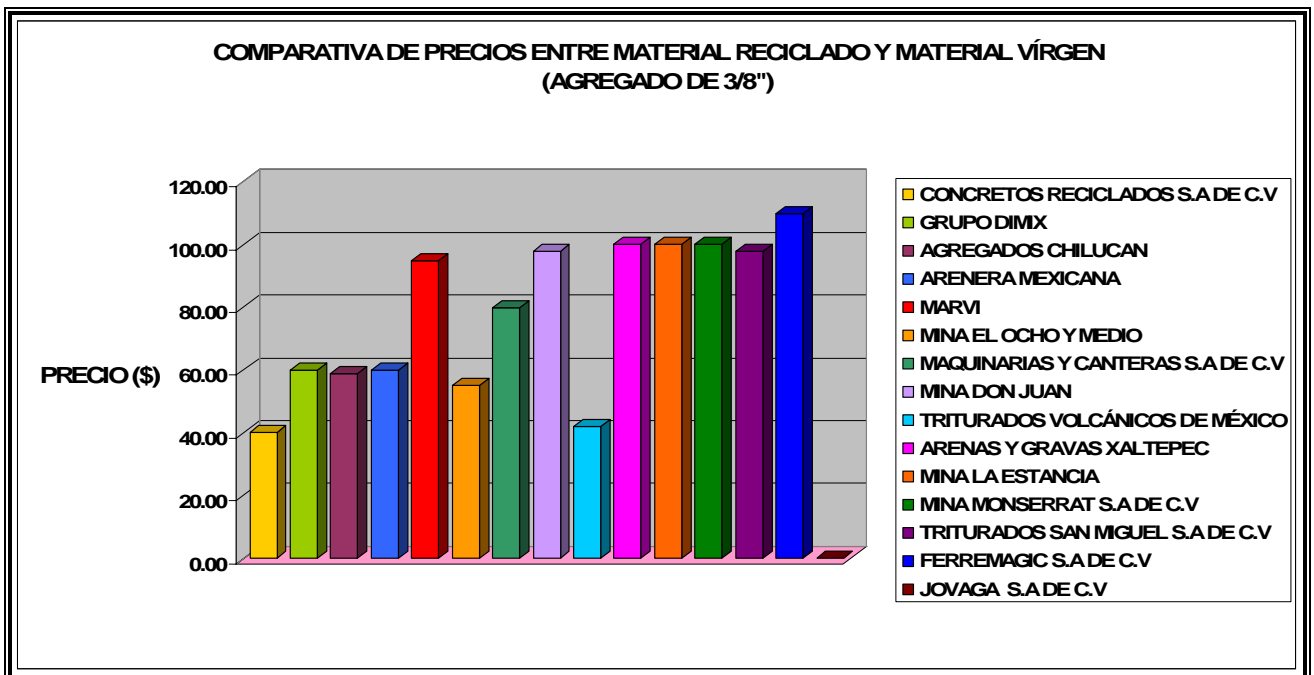


Figura 4.9. Comparativa gráfica de precios por m<sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/8"

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla 4.8. Precio por m<sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/4"

<b>NORMAL (AGREGADO DE 3/4")</b>	<b>PRECIO</b>
<b>PRODUCTORES</b>	<b>(\$ / m<sup>3</sup>)</b>
<b>CONCRETOS RECICLADOS S.A DE C.V</b>	<b>25.00</b>
GRUPO DIMIX	58.00
AGREGADOS CHILUCAN	89.00
ARENERA MEXICANA	60.00
MARVI	58.00
MINA EL OCHO Y MEDIO	130.00
MAQUINARIAS Y CANTERAS S.A DE C.V	70.00
MINA DON JUAN	56.00
TRITURADOS VOLCÁNICOS DE MÉXICO	53.00
ARENAS Y GRAVAS XALTEPEC	60.00
MINA LA ESTANCIA	60.00
MINA MONSERRAT S.A DE C.V	58.00
TRITURADOS SAN MIGUEL S.A DE C.V	55.00
FERREMAGIC S.A DE C.V	65.00
JOVAGA S.A DE C.V	60.00
<b>PRECIO PROMEDIO PARA AGREGADO VÍRGEN DE 3/4" (\$ / m<sup>3</sup>)</b>	<b>66.57</b>

Fuente: Elaborada por la autora

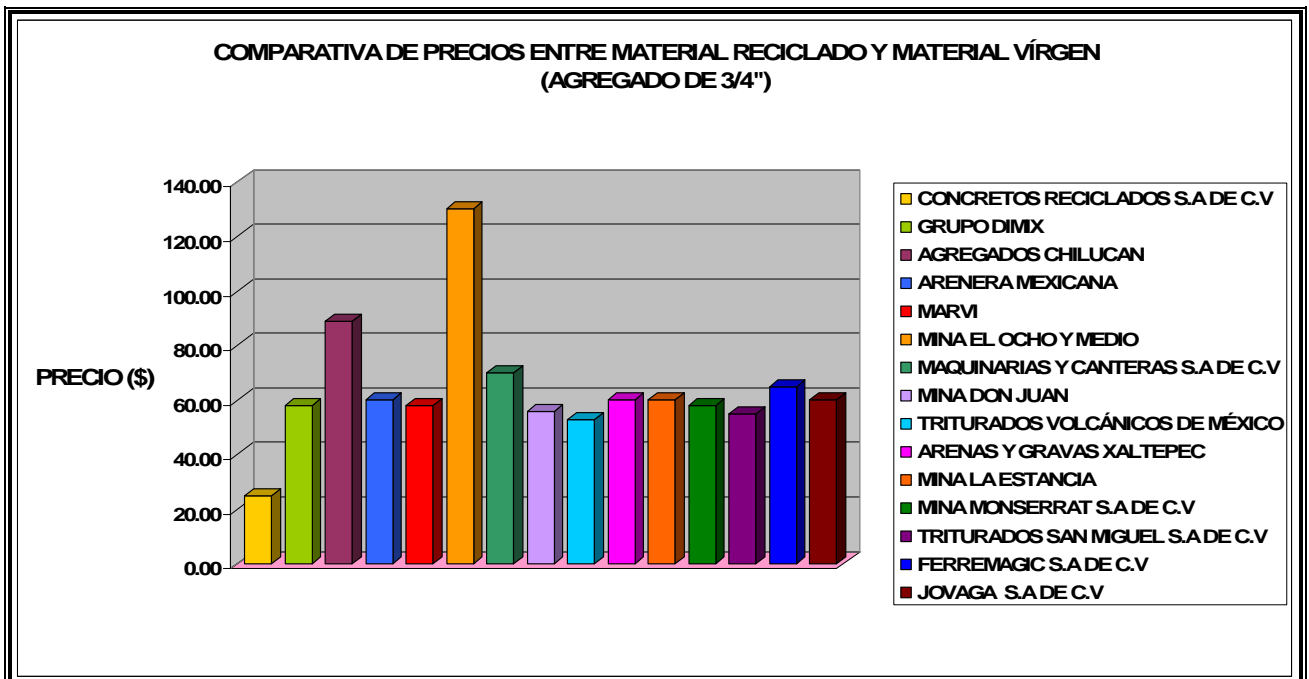


Figura 4.10. Comparativa gráfica de precios por m<sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3/4"

Fuente: Elaborada por la autora



Tabla 4.9. Precio por m<sup>3</sup> para materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3"

ROCA SUN-BASE (AGREGADO DE 3") PRODUCTORES	PRECIO (\$ / m <sup>3</sup> )
CONCRETOS REICLADOS S.A DE C.V	25.00
GRUPO DIMIX	0.00
AGREGADOS CHILUCAN	0.00
ARENERA MEXICANA	0.00
MARVI	0.00
MINA EL OCHO Y MEDIO	0.00
MAQUINARIAS Y CANTERAS S.A DE C.V	0.00
MINA DON JUAN	0.00
TRITURADOS VOLCÁNICOS DE MÉXICO	0.00
ARENAS Y GRAVAS XALTEPEC	60.00
MINA LA ESTANCIA	60.00
MINA MONSERRAT S.A DE C.V	58.00
TRITURADOS SAN MIGUEL S.A DE C.V	60.00
FERREMAGIC S.A DE C.V	65.00
JOVAGA S.A DE C.V	60.00
<b>PRECIO PROMEDIO PARA AGREGADO VÍRGEN DE 3" (\$ / m<sup>3</sup>)</b>	<b>60.50</b>

Fuente: Elaborada por la autora

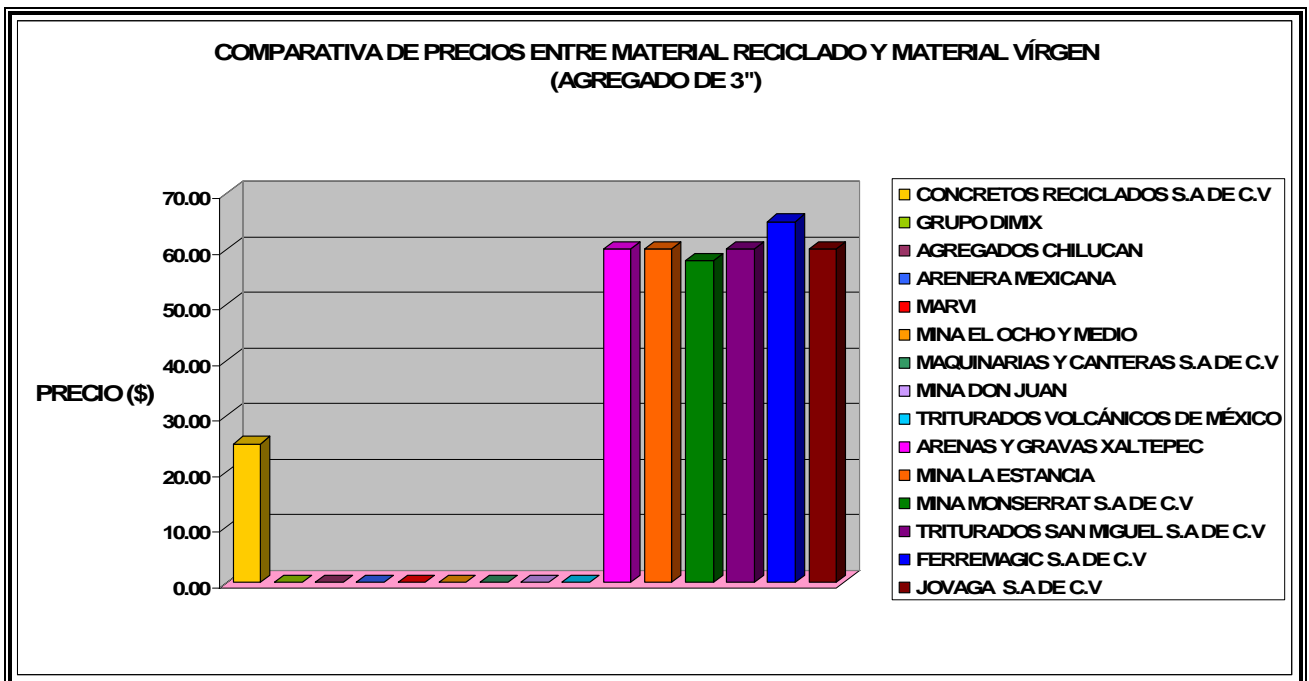


Figura 4.11. Comparativa gráfica de precios por m<sup>3</sup> entre materiales reciclados y vírgenes, para agregado de 3"

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla 4.10. Variación porcentual de precios, entre materiales reciclados y materiales vírgenes

VARIACIÓN PORCENTUAL DE PRECIOS	
MATERIAL	Vp (%)
1/4 "	248.52
3/8 "	103.28
3/4 "	166.28
3 "	142.00

Fuente: Elaborada por la autora

#### 4.5.1 Análisis histórico y precio de venta

La planta de reciclaje al ser la única en la zona, rige la producción del agregado tratado y para este subcapítulo se tomó el precio promedio del material tal y como lo establece la empresa; sin embargo, hay que tomar en cuenta, que este precio fue puesto en el mercado, retomando el costo de todos los insumos, así como el de la mano de obra, equipos especializados y en general de todos aquellos costos indirectos necesarios para la producción del material. Es importante hacer notar que en este estudio no se describirán los costos ya mencionados, debido a que la empresa se reserva este tipo de información; a pesar de lo anterior, es conveniente mencionar que, la materia prima requerida, no se compra, sino que a la planta se le paga por recibirla; teniendo por tanto, que el costo de la materia prima sea a favor de la empresa.

Con base en los datos proporcionados por la empresa de reciclaje, se presenta a continuación la tabla 4.11, en la cual se indica el resumen del precio promedio del producto por m<sup>3</sup>, para el período del 2005 al 2007.

Tabla 4.11. Precio promedio para los agregados de (1/4", 3/4" y 3") y (3/8") en el período del 2005 al 2007

AÑO	PRECIO DE VENTA PARA AGREGADOS DE 1/4", 3/4" Y 3" (\$/ m <sup>3</sup> )	PRECIO DE VENTA PARA AGREGADO DE 3/8" (\$/ m <sup>3</sup> )
2005	20.00	40.00
2006	20.00	40.00
2007	25.00	40.00

Fuente: Concretos Reciclados S.A de C.V

En la tabla anterior se observa, que sólo ha tenido variación, el costo del agregado que contempla, los tamaños de 1/4", de 3/4" y el de 3"; mientras que el material de 3/8" ha permanecido constante durante todo el período.

### 4.5.2 Proyección de precios

La proyección del precio para los años 2008 a 2012, se muestra en la tabla 4.12, en donde los años proyectados son P1, P2, P3, P4 Y P5.

Tabla 4.12. Resumen de la proyección del precio, considerando la tasa de inflación, como tercer variable de decisión

PROYECCIONES DEL PRECIO		
AÑO	AÑO DE PRECIO PROYECTADO	PROYECCIÓN DEL PRECIO CONSIDERANDO TASA DE INFLACIÓN (\$)
2008	P1	20.74
2009	P2	23.17
2010	P3	25.60
2011	P4	28.03
2012	P5	30.46

Fuente: Elaborada por la autora

Considerando el precio para el 2007 (\$25.00), se tendrán los siguientes incrementos para el período 2008 – 2012 (ver tabla 4.13); por ejemplo, el incremento para el 2009 con respecto al precio del 2008, será de 11.72%; el incremento para el 2012 con respecto al precio del 2011 será de 8.67%.

Tabla 4.13. Incremento en el precio, con base en el año inmediato anterior

AÑO	PRECIO PRONÓSTICADO (\$ / m <sup>3</sup> )	INCREMENTO (%)
2007	25.00	
2008	20.74	-17.04
2009	23.17	11.72
2010	25.60	10.49
2011	28.03	9.49
2012	30.46	8.67

Fuente: Elaborada por la autora

En la tabla 4.13, se observa un decremento en el precio entre los años 2007 a 2008, lo anterior se debe a que durante el año 2007, la tasa de inflación promedio fue de 4.02, mientras que el índice pronosticado para el año 2008 es de sólo el 3%.

Al aplicar de forma directa, las tasas inflacionarias proyectadas sobre el precio actual (al 2007), se calcularon los siguientes precios para el período 2008 al 2012 (ver tabla 4.14).

Tabla 4.14. Resumen de la proyección del precio, considerando de forma directa la tasa de inflación (para agregados de 1/4", 3/4" y 3")

PROYECCIÓN DEL PRECIO	
AÑO	PROYECCIÓN DEL PRECIO (\$)
2007	25.00
2008	25.75
2009	26.52
2010	27.32
2011	28.14
2012	28.98

Fuente: Elaborada por la autora

A continuación, se presentan las gráficas comparativas entre la proyección del precio, para el método de regresión lineal (figura 4.12) y al aplicar la tasa de inflación directamente (figura 4.13).

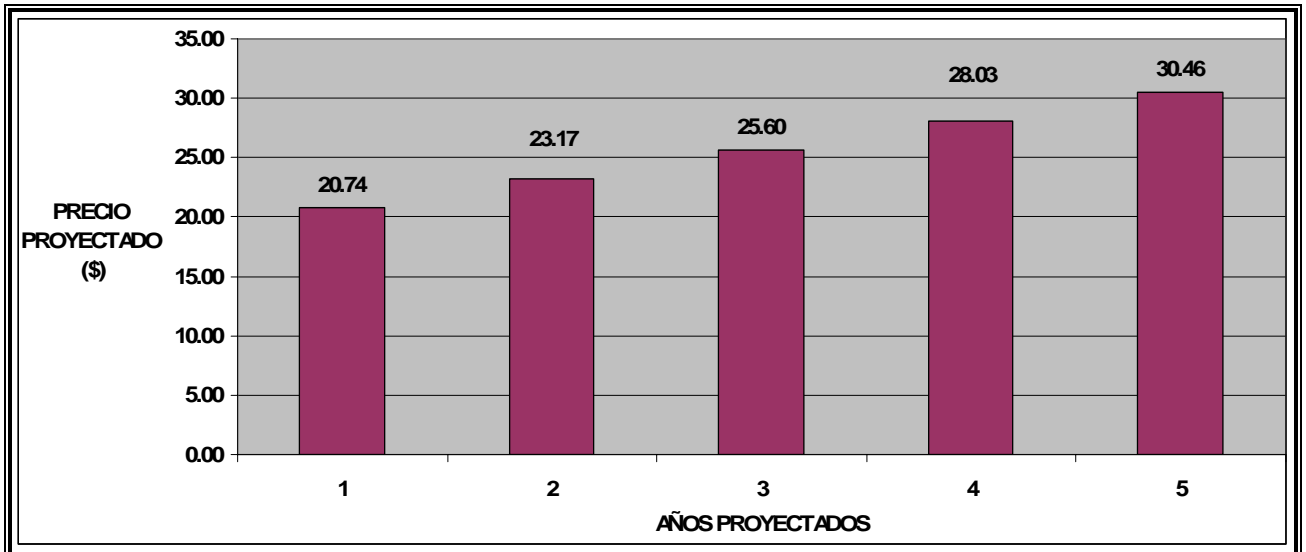


Figura 4.12. Proyección de precios aplicando el método de regresión lineal considerando la tasa de inflación

Fuente: Elaborada por la autora

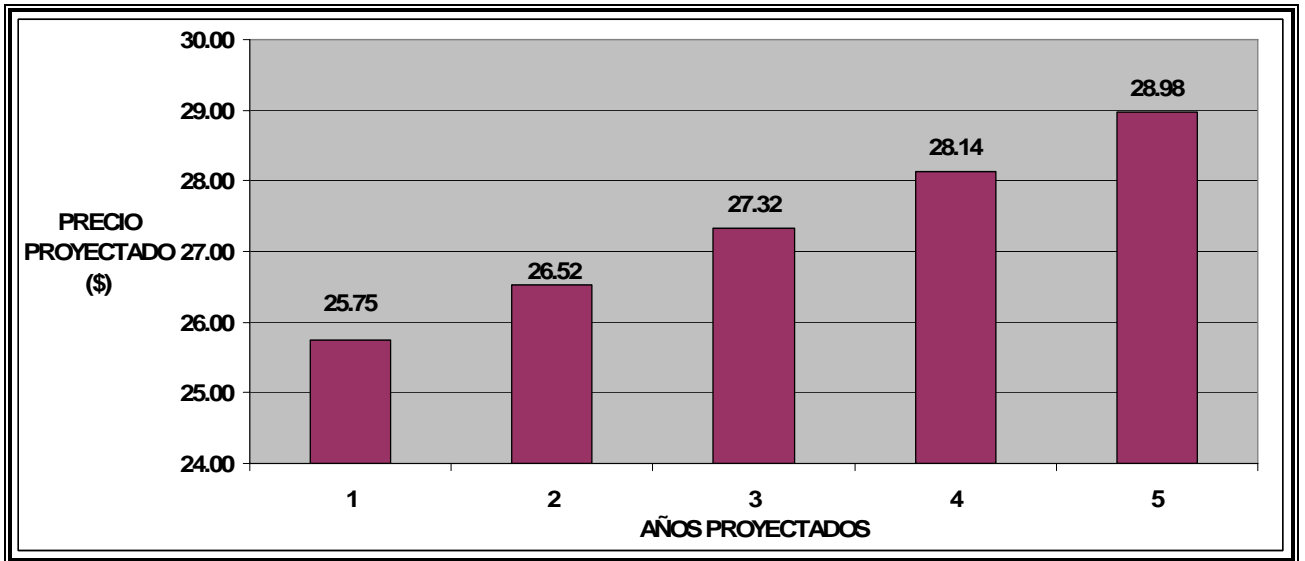


Figura 4.13. Proyección de precios aplicando directamente la tasa de inflación  
Fuente: Elaborada por la autora

La tabla 4.15, muestra la comparativa entre los dos criterios mencionados, donde la variación más grande en pesos es la que se presenta en el año 2008; debido a que, con el método de regresión lineal, se obtiene un precio menor que en el 2007, mientras que para la tasa de inflación directa, se obtuvo un valor más alto. La mayoría de los especialistas en la evaluación de proyectos, consideran más apropiado, el uso del segundo criterio, sin embargo, al llevar a cabo un ajuste matemático, las posibilidades de las proyecciones aumentan.

Tabla 4.15. Comparativa entre los dos criterios

PROYECCIONES DEL PRECIO			
AÑO	TASA DE INFLACIÓN DIRECTA (\$)	TASA DE INFLACIÓN CON EL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL (\$)	VARIACIÓN ENTRE LOS DOS CRITERIOS (\$)
2008	25.75	20.74	5.01
2009	26.52	23.17	3.35
2010	27.32	25.60	1.72
2011	28.14	28.03	0.11
2012	28.98	30.46	-1.48

Fuente: Elaborada por la autora

A la empresa Concretos Reciclados S.A de C.V, se le presentarán los dos criterios, para que la propia compañía, con base en sus requerimientos, fije el precio más adecuado para ellos.

### 4.5.3 Costos por el traslado y disposición de RC&D

Con base en información de fuentes primarias y secundarias, se presentan a continuación, datos sobre los costos por el traslado y disposición final de RC&D (algunos datos incluyen diferentes capacidades de camiones); ver tablas, 4.16, 4.17 y 4.18. Es importante hacer notar, que a pesar de ser información del año 2005, los costos no han tenido mucha variación para el 2007.

Tabla 4.16. Datos de transportistas para el costo por el servicio de transporte y disposición final

Precio mínimo (\$)	Precio máximo (\$)	Precio Promedio (\$)	Precio promedio por viaje (\$) para camión de 6 m <sup>3</sup>	Precio promedio por viaje (\$) para camión de 8 m <sup>3</sup>
50.00	180.00	124.00	x	x

Fuente: Concretos Recicladados, 2005

Tabla 4.17. Datos de constructoras para el costo por el servicio de transporte y disposición final

Precio mínimo (\$)	Precio máximo (\$)	Precio Promedio (\$)	Precio promedio por viaje (\$) para camión de 6 m <sup>3</sup>	Precio promedio por viaje (\$) para camión de 8 m <sup>3</sup>
93.00	184.00	133.00	798.00	1064.00

Fuente: Concretos Recicladados, 2005

Tabla 4.18. Costos de recepción en tiraderos y relleno sanitario

Tiradero	Torton (16 m <sup>3</sup> ), \$	Volteo (6,7 y 8 m <sup>3</sup> ), \$
NAUCALPAN	120 - 130	80 - 100
BORDO XOCHIACA	100 - 150	50 - 70
STA. CATARINA	x	alrededor de 50
* BORDO PONIENTE	30355	11383 - 15178
PLANTA DE RECICLAJE	640	240
<b>* CON UN PESO VOLUMÉTRICO DE 1.2 Ton/m<sup>3</sup></b>		

Fuente: Adaptado de Concretos Recicladados

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, resulta más económico, que tanto, las constructoras como las empresas transportistas desalojen sus RC&D; en algún tiradero; lo que implica un incremento en la utilidad monetaria de estas empresas, que las beneficia en cantidades significativas; por lo cual, la práctica del vertido clandestino se ha convertido día a día, en una actividad

común; incluso, muchas de estas empresas para obtener una utilidad mayor, depositan los residuos en barrancas, cuerpos de agua, al lado de carreteras, etc; en donde no se cobra un costo por dicho vertido.

Ahora bien, en el Relleno Sanitario Bordo Poniente, se recibe en general, cualquier RC&D que sirva para agregado, y como se mencionó en el capítulo 2, el Código Financiero del Distrito Federal del 2007 en su artículo 265, fracción III y V, indica que por el servicio de recepción de residuos de la construcción en estaciones de transferencia por cada 100 kg o fracción se cobrará \$87.35 y en sitios de disposición final por cada 100 kg o fracción tendrá un costo de \$158.10; a su vez, el mismo código establece que por cada m<sup>3</sup> (con un peso volumétrico de 1.2 ton/m<sup>3</sup>, según la Secretaría de Obras y Servicios del D.F), se cobre \$1897.20; hasta aquí se ve reflejado un costo excesivo por parte de las autoridades; sin embargo la industria del reciclaje obtiene gran ventaja para que en ella se puedan disponer estos residuos a un costo más bajo.

En la Planta de reciclaje; el costo por recepción de residuos, es de \$40.00 por m<sup>3</sup> (recibiéndose únicamente residuos de la construcción limpios, con un precio mínimo a cobrar de \$80.00, que corresponde a 2 m<sup>3</sup>). En cuanto a la limpieza que deben poseer los residuos, se presenta una desventaja para la planta de reciclaje, ya que los generadores prefieren llevar sus desechos contaminados a los tiraderos, por lo cual es de suma importancia que el gobierno federal aplique de manera estricta el cumplimiento de la NADF-007-RNAT.

Prácticamente, con base en lo anterior, se puede observar que la mejor solución, es llevarlos a la empresa de reciclaje, ya que posee el costo por disposición más accesible; y además de ello, los materiales depositados en la empresa no quedan como residuos, sino que se les somete a un proceso adecuado para obtener nuevamente material que posee diversos usos, como los ya mencionados en la sección 2.3.1; sin embargo, otro factor que resulta imprescindible es el traslado de los residuos al relleno sanitario o a la planta de reciclaje, ya que al considerar distancias mayores, se generan más gastos en combustible y mantenimiento para los camiones, así como una disminución de viajes, por el tiempo perdido por las largas distancias, lo cual tendrá que ser considerado por las empresas que dispongan RC&D.

La tabla 4.19, muestra las distancias promedio entre los límites de las delegaciones políticas del Distrito Federal a la planta de reciclaje, en comparativa con las distancias al Relleno Sanitario “Bordo Poniente”; las delegaciones sombreadas, que hacen un total de 12; poseen una distancia menor o casi igual a la planta de reciclado, por lo que en su mayoría, las empresas transportistas o constructoras que necesiten verter sus residuos, tendrán un lugar más benéfico económicamente; tanto por los costos por disposición, como por los costos referentes a combustible y mantenimiento de vehículos de carga (costos por traslado).

Tabla 4.19. Distancia Promedio entre el Relleno sanitario Bordo Poniente y la Planta de Reciclaje

Demarcación	Bordo Poniente; km	Planta de reciclaje (Concretos Reciclados S.A de C.V); km
Alvaro Obregón	12.30	18.60
Azcapotzalco	18.80	22.90
Benito Juárez	16.80	12.90
Coyoacán	19.30	10.30
Cuajimalpa	29.30	23.70
Cuauhtémoc	14.50	16.30
Gustavo A. Madero	24.80	21.40
Iztacalco	10.50	10.60
Iztapalapa	10.60	4.03
Magdalena Contreras	27.90	18.80
Miguel Hidalgo	19.90	19.70
Milpa Alta	28.90	12.60
Tlahúac	16.60	6.30
Tlalpan	27.00	16.00
Venustiano Carranza	8.60	13.20
Xochimilco	22.40	8.92

Fuente: Concretos Reciclados, 2005

#### 4.6 ELASTICIDAD - PRECIO DE LA DEMANDA

Como se puede apreciar en los cálculos del anexo 5, la planta de reciclaje no maneja ninguna variación de precios para distintas cantidades demandas, por lo cual siempre se respeta el precio por m<sup>3</sup> o por tonelada independientemente de la demanda del producto; lo anterior nos lleva a determinar una elasticidad – precio de la demanda igual 1, que implica tener una estabilidad en el mercado de agregados reciclados, sin embargo, como ya se ha comentado, al existir factores incontrolables (políticos, sociales, culturales, etc), existe inseguridad en la producción, poniendo en riesgo la penetración exitosa en el mercado de los agregados reciclados, por lo tanto, la empresa de reciclaje tiene que disminuir sus precios cuando la demanda exceda cierta cantidad, lo cual debe ser determinado con un estudio técnico–operativo, que no se incluye en este trabajo.

#### 4.8 COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para establecer la comercialización se tuvieron que analizar los cuatro recursos de la mercadotecnia: producto, precio, promoción y plaza.

En cuanto al producto, en el subcapítulo 4.2, se presenta su definición, clasificación, proceso de transformación (reciclado), así como sus usos más comunes en el sector de la construcción.



La comparativa de precios entre materiales reciclados y vírgenes, ya ha sido analizada en la sección 4.5, donde se determinó que los agregados reciclados, al ser más económicos y además al cumplir con las normas de calidad respectivas para cierto tipo de obras, impacta al mercado como un producto potencialmente rentable.

Para promover la participación comunitaria ha sido necesario el uso de publicidad, y campañas de información y concientización. Para las primeras, la planta de reciclaje se anuncia en revistas del medio de la industria de la construcción, como es el caso de la revista “Construcción y Tecnología” que publica el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C; así como la revista “Agregados”, que divulga la Cámara Regional de la Industria Arenera del Distrito Federal y el Edo. de México, para el caso de las campañas, la empresa realiza visitas a las delegaciones políticas del Distrito Federal, para brindar información y concientización acerca del uso de agregados reciclados, habiendo tenido muy poco éxito en el consumo; por lo cual, es necesario, que se incremente la publicación en un mayor número de revistas de divulgación en el sector de la construcción, así como el aumento de campañas que se desplacen hacia la iniciativa privada, las cuales tienen que ser más frecuentes, para que la empresa productora se dé a conocer en el mercado.

Para el análisis de la plaza, se debe tomar en cuenta que la producción de agregados reciclados representan al consumo industrial, por lo cual, la compañía recicladora ha considerado los siguientes objetivos.

- a) Cobertura del mercado: Los agregados reciclados, al ser un producto selecto y limitado, y considerando que la empresa que los fabrica es nueva en todo el territorio nacional, ésta pretende por el momento, poner a la venta su producto únicamente en la zona metropolitana de la Ciudad de México, así como en sus zonas aledañas.
- b) Control sobre el producto: Para la planta de reciclaje, es de suma importancia tener mayor control sobre sus productos, ya que son nuevos en el mercado y por tanto es más conveniente, tener trato directo con los consumidores, para que se satisfagan las necesidades requeridas.
- c) Costos y utilidades: Nuevamente, se hace hincapié, en que, el producto puesto a la venta es nuevo, lo que implica, por el momento, que sólo se distribuya a las zonas más cercanas en donde se requiera su uso.

Retomando los objetivos anteriores, se determinó el canal más apropiado para la comercialización de los agregados reciclados, que queda determinado por el productor – consumidor industrial, lo que trae consigo principalmente una ventaja, ya que al existir, el contacto directo entre el productor y el consumidor, se puede tener mayor control sobre el material fabricado, haciendo más fácil la adaptación para cualquier cambio en la situación del producto, garantizando con el

paso del tiempo, que su mercado se desplace y por consiguiente que se desarrolle.

En cuanto a los factores tecnológicos, la empresa productora, no tiene ningún problema con ello, ya que posee tecnología muy especializada, que le permite obtener agregados reciclados, con la calidad requerida por la normatividad vigente.

De igual manera para el aspecto político-legal; antes de su constitución, la empresa de reciclaje, cubrió todos los aspectos legales que se requería para la creación de un nuevo producto, incluso a partir de esta situación, que se creó la NADF-007-RNAT-2004.

Por otro lado, la compañía de agregados reciclados, se enfrenta a un aspecto sociocultural, que no acepta en su totalidad el uso de este tipo de materiales, por falta de conocimiento acerca de ellos, o por la creencia errónea de que un material reciclado no cumple con la calidad suficiente para poder ser utilizado; sin embargo, el factor económico ayuda a que diversos entes se vean interesados en su aprovechamiento, con la finalidad de reducir sus costos en la compra de materia prima, lo que provocará un crecimiento del mercado para este tipo de bienes.

#### **4.9 MAPA METROPOLITANO DE ACTORES QUE FORMAN PARTE DE LA CADENA COMERCIAL DE LOS RC&D.**

Durante el gobierno actual (2006-2012) ha crecido significativamente la industria de la construcción y con ello, la generación de RC&D, es por ello, que al elaborar un mapa metropolitano de actores que forman parte de la cadena comercial de estos residuos, se puede identificar plenamente desde los generadores hasta los consumidores, pasando como punto intermedio a través de la planta de reciclaje (figura 4.14).

En el mapa, se señalan las zonas donde habrá actividades constructivas dentro del período 2007-2012 (Anexo 6), las cuales quedan identificadas como sitios de generación y consumo, ya que los mismos generadores están obligados a utilizar en sus construcciones material reciclado, siempre y cuando sus proyectos lo permitan, tanto técnica como económicamente, o bien, éstos mismos pueden usar material reciclado sí así lo deciden para los diferentes tipos de actividades que ya han sido mencionadas en el capítulo 4, con el fin de reducir sus costos al adquirir materia prima más económica. En el mismo mapa queda representada la planta de reciclaje, ya que es parte de la estructura comercial del de los RC&D.

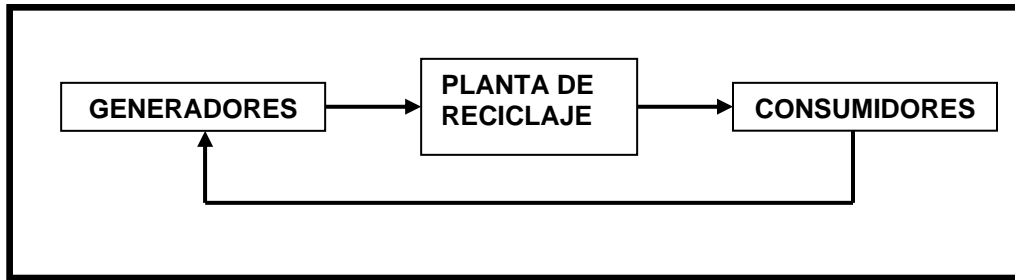


Figura 4.14. Estructura de la cadena comercial de RC&D  
 Fuente: Elaborada por la autora

A continuación se muestran las obras más representativas que impactan la cadena comercial de los RC&D, dentro del período 2007 – 2012, entre las cuales se encuentran, obras de vialidad (puentes, distribuidores, gazas, reencarpetamiento, adecuación geométrica, maxitúnel, etc), obras de transporte (metrobús, ferrocarril suburbano, línea del metro, etc), construcciones de vivienda y de atención social y rehabilitación en diversa zonas.

#### 4.9.1 Construcción integral de transporte y vialidad

En este apartado se señalan únicamente las obras de transporte y vialidad más representativas para el período 2006 – 2012. De la tabla 4.20 a la 4.23, se resumen las obras en las principales vialidades.

Tabla 4.20. Construcciones en el Anillo Periférico

No.	Acción	Ubicación	Delegación
1	Paso a desnivel	Laterales de Anillo Periférico, en las intersecciones con las Av. Ingenieros Militares y del Conscripto.	M. Hidalgo
2	Paso a desnivel	Laterales de Anillo Periférico, en las intersecciones con las Av. Paseo de las Palmas y Paseo de la Reforma.	M. Hidalgo
3	Puente Vehicular	Intersección con el Eje 7 Sur y su continuación Benvenuto Cellini - Av. Santa Lucía-Av. Tamaulipas.	B. Juárez -A. Obregón
4	Paso a desnivel (ampliación )	Intersección con Av. Molinos.	A. Obregón
5	Puente vehicular (ampliación)	Intersección con la Av. Luis Cabrera.	A. Obregón M. Contreras
6	Puente vehicular (gazas elevadas )	Laterales de incorporación de la Av. Insurgentes Sur.	Coyoacán -Tlalpan
7	Gazas naturales	Incorporación de Calzada de Tlalpan.	Tlalpan
8	Puente vehicular (gaza elevada)	Gaza de incorporación Nororiental en la intersección con la Calz. México- Xochimilco.	Tlalpan -Xochimilco
9	Adecuación geométrica	Glorieta de Vaqueritos.	Tlalpan -Xochimilco
10	Puente vehicular y vialidad	Av. Plan de Muyuguarda (continuación de Eje Troncal Metropolitano en Av. Cafetales).	Coyoacán -Tlalpan
11	Puente vehicular 2ª. Etapa	Av. Canal de Chalco.	Xochimilco Iztapalapa
12	Adecuación geométrica	Laterales que interceptan la Av. Tláhuac (Eje 10 Sur).	Iztapalapa
13	Distribuidor vial	Intersección c/ Av. Bilbao (Eje 9 Sur)	Iztapalapa
14	Puente vehicular	Intersección con la Av. Benito Juárez y Av. 5 de Mayo.	Iztapalapa
15	Adecuación geométrica	Intersección con el Eje 5 Sur.	Iztapalapa
16	Puente vehicular	Intersección con los Ejes 3 y 4 Sur.	Iztapalapa Iztacalco
17	Adecuaciones geométricas	Retornos del tramo Canal de Cuemanco a Canal de Tezontle.	Xochimilco Iztapalapa
18	Distribuidor vial	Intersección con el Eje Vial 1 Oriente, en los límites con el Estado de México.	Gustavo. Madero

Fuente: Secretaria de Transporte y Vialidad, Gobierno del D.F.

Tabla 4.21. Construcciones en el Circuito Interior

No.	Acción	Ubicación	Delegación
1	Adecuación geométrica	Laterales de la Av. Marina Nacional	M. Hidalgo
2	Par vial de circulación continua	Av. Revolución y Av. Patriotismo, tramo Juanacatlán a Viaducto con soluciones a desnivel en las principales intersecciones	M. Hidalgo
3	Puente Vehicular	Intersección con el Eje 7 Sur (Benvenuto Cellini - Félix Cuevas).	B. Juárez
4	Puente Vehicular	Intersección con Av. Molinos y Av. Félix Parra.	B. Juárez
5	Puente Vehicular	Intersección con la Av. Insurgentes Sur y la Calle Moras.	B. Juárez
6	Puente Vehicular	Intersección con el Eje 1 Poniente (Av. Cuauhtémoc)	B. Juárez - Coyoacán
7	Paso a desnivel	Intersección con la Av. División del Norte.	B. Juárez - Coyoacán
8	Puente Vehicular (gazas elevadas)	Incorporación con la Calzada de Tlalpan.	B. Juárez - Coyoacán
9	Puentes vehiculares	Intersecciones con los Ejes: 7 Sur (Municipio Libre); 7a Sur (Zapata) y 8 Sur (Ermita Iztapalapa).	Coyoacán - Iztapalapa
10	Puente vehicular	Intersección con el Eje 6 Sur (Trabajadoras Sociales)	Iztapalapa
11	Puente vehicular	Intersección con el Eje 5 Sur (Av. Purísima) (operando actualmente con adecuaciones geométricas a nivel)	Iztacalco
12	Puente vehicular	Intersección con la Av. Apatlaco	Iztacalco
13	Puente vehicular	Intersección con la Av. Canal de Tezontle.	Iztacalco
14	Puente vehicular	Intersección con la Av. Plutarco Elías Calles (operando actualmente con adecuaciones geométricas a nivel).	Iztacalco
15	Puente vehicular	Intersección con la Av. Plutarco Elías Calles (operando actualmente con adecuaciones geométricas a nivel).	V. Carranza
16	Adecuación geométrica	Intersección con la Av. Oceanía (Eje Troncal Metropolitano )	V. Carranza
17	Adecuaciones geométricas	Intersección con la Av. Eduardo Molina	V. Carranza - Gustavo.A. Madero
18	Adecuación geométrica	Intertramo entre la Calz. de Guadalupe y la Calz. de los Misterios. (Requiere adecuación estructural del cajón).	Cuauhtémoc - Gustavo. A. Madero

Fuente: Secretaría de Transporte y Vialidad, Gobierno del D.F.

Como obras adicionales al Circuito Interior se consideran, el reemplazamiento de la carpeta asfáltica por concreto hidráulico, la construcción del puente bicentenario y el alumbrado público.

Tabla 4.22. Construcciones de Ejes Viales

No.	Acción	Ubicación	Delegación
1	Construcción de 1.5 km de Vialidad	Eje 7 Norte, del Eje 1 Poniente al Anillo Periférico	Azcapotzalco
2	Construcción de 5.4 km de Vialidad	Eje 6 Norte, de Av. Maravillas a Calz. Ticomán	Azcapotzalco Gustavo A. Madero
3	Construcción de 3.5 km de vialidad	Eje 7 Poniente, de Calz. de la Naranja a la Radial Aquiles Serdán.	Azcapotzalco
4	Adecuaciones geométricas	Eje 6A Poniente, en el tramo de Calz. de la Naranja a Av. de las Culturas.	Azcapotzalco
5	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con la Av. 3A.	Gustavo A. Madero
6	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con la Av. Tres Anegas.	Gustavo A. Madero
7	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con la Av. Margarita Maza de Juárez.	Gustavo A. Madero
8	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con la Av. Othón de Mendizábal.	Gustavo A. Madero
9	Puentes vehiculares	Eje 1 Poniente, en la intersección con la Avenida Poniente 146	Gustavo A. Madero
10	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con Av. Coltongo	Gustavo A. Madero
11	Adecuación geométrica	Eje 1 Poniente, en la intersección con Av. Cuitláhuac	Gustavo A. Madero
12	Construcción de 1.5 km de Vialidad	Eje 4 Norte, de Av. Insurgentes Norte a Misterios	Gustavo A. Madero
13	Construcción de 3 km de Vialidad	Eje 1 Oriente, de San Juan de Aragón al Anillo Periférico	Gustavo A. Madero
14	Construcción de 2.5 km de Vialidad	Ejes 3 y 4 Sur, sobre Fuerte de Loreto, de República Federal al Anillo Periférico	Iztapalapa
15	Construcción de 2.4 km de Vialidad	Eje 4 Oriente, en el tramo de Calz. Ermita Iztapalapa a paraje Hualquilla	Iztapalapa
16	Construcción de 6.9 km de Vialidad	Ejes 5 y 6 Oriente, del Anillo Periférico a Marcelino Buendía	Iztapalapa
17	Construcción de 1.3 km de Vialidad	Eje 7 Oriente, de Av. Guelatao a Calz. Ermita Iztapalapa	Iztapalapa
18	Construcción de 9 km de Vialidad	Eje 9 Sur, en el tramo del Eje 4 Oriente al Eje 10 Sur	Iztapalapa
19	Adecuación geométrica	Eje 2 Oriente, en la intersección con Calz. de las Bombas.	Coyoacán
20	Adecuación geométrica	Eje 2 Oriente, en la intersección con Calz. del Hueso.	Tlalpan -Coyoacán
21	Adecuación geométrica	Eje 2 Oriente, en la intersección con Calz. Acoxta.	Tlalpan -Coyoacán

Fuente: Secretaria de Transporte y Vialidad, Gobierno del D.F.

Tabla 4.23. Construcciones en otras vialidades principales

No.	Acción	Ubicación	Delegación
1	Construcción de 2.5 km de vialidad	Av. Gran Canal , en el tramo del Eje 1 Norte al 3 Norte	Gustavo A. Madero
2	Construcción de 3 km de vialidad	Carretera Federal México - Toluca, en le tramo de CONAFRUT a zona de curvas.	A.Obregón Cualimalpa
3	Construcción de 4.8 km de vialidad	Calz. Ignacio Zaragoza, en el tramo del Eje Troncal Metropolitano al Viaducto Piedad.	V. Carranza
4	Construcción de 8.3 km de vialidad	Canal Nacional, en el tramo del Circuito Interior al Anillo Periférico	Iztapalapa Coyoacán
5	Construcción de 5 km de vialidad	Canal de Chalco, en el tramo del Anillo Periférico a Piraña	Tláhuac
6	Construcción de 3 km de vialidad	Av. Revolución, en el tramo de Prol. Av. Revolución al Anillo Periférico.	Coyoacán
7	Solución a desnivel (2ª. etapa)	Barranca del Muerto, en el tramo de Prol. Av. Revolución.	A.ObregónB.Juárez
8	Solución Integral a desnivel	Av. Insurgentes Sur, en el tramo de Anillo Periférico a Santa Úrsula	Coyoacán -Tlalpan
9	Carriles reversibles	División del Norte, en el tramo de calle Museo a M.Ángel de Quevedo, incluyendo la Av. Pacífico.	Coyoacán
10	Solución a desnivel y adecuaciones geométricas	Viaducto entre el Circuito Interior y la Calz. Ignacio Zaragoza	Iztacalco -V. Carranza
11	Adecuación geométrica	Lateral de la Calz. Gral. Ignacio Zaragoza y la calle Aguirre Colorado Ilztapalapa 1	Iztapalapa
12	Construcción de 800 m de vialidad	Av. del Imán, en el tramo de Av. Insurgentes Sur a la calle Céforo	Coyoacán
13	Adecuaciones geométricas	Sobre la vialidad coincidente con el Tren Ligero en cuatro cruces: Xomalí, Av. México, Gladiolas y Pedro Ramírez del Castillo	Tlalpan -Xochimilco
14	Puente vehicular	Intersección de la Av. Prolongación División del Norte y la Av. 20 de Noviembre	Xochimilco
15	Soluciones a desnivel	Intersecciones de la Av. Constituyentes con Av. Observatorio y Av. Las Torres - Acueducto	A. Obregón - M. Hidalgo
16	Adecuaciones geométricas	Intersecciones de la Av. Paseo de la Reforma	Cuauhtémoc

Fuente: Secretaria de Transporte y Vialidad, Gobierno del D.F.

Algunas otras construcciones viales de importancia, son las siguientes.

**Maxitúnel Metropolitano:** Construcción de un túnel de más de 7.5 km de largo en el tramo comprendido de la Fuente de Petróleos sobre Periférico y Paseo de la Reforma, hasta la Vía Doctor Gustavo Baz y Lomas Verdes en Periférico Norte. El proyecto incluirá 5 km de puentes viales para dar continuidad al túnel en sus entradas y salidas.

**Corredor Calzada de los Misterios-Calzada de Guadalupe:** Regeneración de áreas urbanas.

Con respecto a la construcción para que transite el transporte público, se tienen las siguientes obras de importancia.

**Ampliación ruta 1 del metrobús:** Esta ampliación correrá sobre Avenida de los Insurgentes Sur, desde la estación Doctor Gálvez a El Caminero en un tramo de 8.5 km de longitud, para lo cual se construirán 10 estaciones.

**Metrobús Eje 4 Sur:** Construcción de la segunda ruta del metrobús en el Eje 4 Sur, Periférico y Zaragoza, que correrá del metro Tacubaya a la Calzada Ignacio Zaragoza, en un tramo de 17.2 km

**Metrobús Eje 3 Oriente:** Construcción de la tercer ruta del metrobús en el Eje 3 Oriente, de Periférico Oriente a Periférico Sur.

**Ferrocarril suburbano (Tren Suburbano):** La construcción contará con tres sistemas, los cuales se muestran en la tabla 4.24.

Tabla 4.24 Sistemas del Ferrocarril suburbano

SISTEMA 1		
RUTA	TIPO	LONGITUD
Buenavista-Cuautitlán	Troncal	27 km
Cuautitlán-Huehuetoca	Ramal	20 km
Lechería-Jaltocan (Santa Ana Nextlalpan)	Ramal	20 km
San Rafael-Tacuba	Ramal	12 km
SISTEMA 2		
RUTA	TIPO	LONGITUD
Martín Carrera-Jardines de Morelos	Troncal	20 km
Martín Carrera-Tacuba	Ramal	12 km
Buenavista-Polanco	Ramal	8 km
Martín Carrera-Otumba	Ramal	28 km
Teotihuacan-Jaltocan (Santa Ana Nextlalpan)	Ramal	22 km
SISTEMA 3		
RUTA	TIPO	LONGITUD
La Caseta-La Paz	Troncal	14 km
La Paz-Nezahualcóyotl	Ramal	17 km
Nezahualcóyotl-San Rafael	Ramal	22 km
La Paz-Texcoco	Ramal	21 km

Fuente: Secretaria de Transporte y Vialidad, Gobierno del D.F.



Sistema 1: La primera etapa tendrá 27 km de longitud, iniciando su recorrido en la estación Buenavista y terminándolo en la estación Cuautitlán; a su vez habrá dos estaciones de importancia, Buenavista en la Delegación Cuauhtémoc, y Fortuna en la Delegación Azcapotzalco. La estación Buenavista incluirá un centro comercial con hotel, cines, restaurantes, estacionamiento público y otros servicios.

El mismo sistema proyecta un programa de obras, clasificado en tres grupos.

- Grupo A: Seis soluciones viales para el paso vehicular y peatonal en las delegaciones Cuauhtémoc y Azcapotzalco.
  - 1) Insurgentes-Flores Magón: Distribuidor vial
  - 2) Eulalia Guzmán: Túnel de cuatro carriles
  - 3) Ciprés: Puente vehicular
  - 4) Pino: Puente vehicular,
  - 5) Laterales del Circuito Interior: Construcción de laterales,
  - 6) Eje 4 Norte: Distribuidor vial
- Grupo B: Obras a desnivel en Insurgentes Norte, en sus intersecciones con los Ejes 1 y 2 Norte.
- Grupo C: Puente que completa el Eje 6 Norte.

Sistema 2: Se pretende que este proyecto se inicie en el 2009 para concluirlo en el 2011, tiene consideradas 5 estaciones y 4 ramales con una longitud de 70 km.

Sistema 3: Este sistema tendrá una extensión de 14.2 km, 4 estaciones intermedias y 3 ramales de 60 km.

**Línea 12 del Transporte Colectivo Metropolitano:** Considera la construcción de 23 estaciones de Mixcoac a Tláhuac, representando 24 km de longitud; en este mismo proyecto está contemplado la creación de guarderías, baños y centros de Internet. El tren avanzará por la avenida Tláhuac hasta la altura de La Virgen, continuando por Avenida Cafetaleros y avanzando por el Eje 3 Oriente hasta la Calzada Ermita, prolongándose hasta el Eje 8 Sur hasta llegar a División del Norte, donde da vuelta a la derecha hasta llegar al Parque de los Venados, para continuar por su izquierda, en el Eje 7 Sur, y finalizar en Mixcoac, sobre avenida Revolución.

### 4.9.2 Construcción de vivienda y proyectos de atención social

Con el desalojo de algunos predios en colonias conflictivas en los últimos meses, han quedado lugares óptimos para el desarrollo de infraestructura que servirá como vivienda, sitios de ayuda comunitaria y lugares recreativos, como a continuación se muestra.

- Centro Comunitario Tepito: Construcción de talleres de artes, guardería, salones de eventos, etc.
- Calle de Jesús Carranza (Proyecto Ejecutivo de Diseño Urbano – Primera Etapa): Mejoramiento de la infraestructura presente
- Parque Ecológico de Iztapalapa: Construcciones recreativas
- CETRAM Tepalcates (Unidad Habitacional): Construcción de 145 viviendas de 60 m<sup>2</sup> y 150 locales, así como 630 m<sup>2</sup> para la construcción de oficinas para el metrobús
- Santa María la Ribera: Unidad de atención social

En cuanto a vivienda, las cantidades estimadas para el 2008, se indican en la tabla 4.25

Tabla 4.25 Proyección de construcción de viviendas en 2008

Delegación	Construcción de viviendas proyectadas, 2008
Álvaro Obregón	247
Azcapotzalco	221
Benito Juárez	169
Coyoacán	1
Cuajimalpa	x
Cuauhtémoc	905
Gustavo A. Madero	810
Iztacalco	619
Iztapalapa	69
Magdalena Contreras	x
Miguel Hidalgo	618
Milpa Alta	0
Tlahúac	25
Tlalpan	x
Venustiano Carranza	371
Xochimilco	x
Total	4056

Fuente. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Gobierno del D.F.

Algunos ejemplos de conjuntos habitacionales son los siguientes:

- Residencial Conjunto María (Miguel Hidalgo)
- Arcos de Aragón 2da Sección (Gustavo A. Madero)
- Parque Modelo Residencial (Venustiano Carranza)
- Conjunto habitacional San Antonio (Álvaro Obregón)

#### **4.9.3 Construcción y rehabilitación de algunas zonas**

##### **Rehabilitación en el centro histórico**

- Incremento de mobiliario urbano
- Iluminación
- Pavimentación
- Mejoramiento del área de las Vizcaínas, el Barrio Chino, Tlaxcoaque, el Callejón 5 de Mayo y la zona de Santo Domingo.
- Rehabilitación en las calles del Centro histórico: Rampas para personas con discapacidad y reubicación de casetas telefónicas en 77 calles.
- Reparación por daños en diversas construcciones como la Plaza de la República.
- Remodelación de la Plaza Bicentenario, que incluye la construcción de la estación de un tranvía.

**Construcción de la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México:** La nueva terminal tendrá 242,000 m<sup>2</sup> de superficie y 292,000 m<sup>2</sup> de plataforma; así mismo contará con 23 posiciones directas al edificio, cada una con toma directa de combustible. En esta misma, se construirá un turbosinoducto de 6 km de longitud que irá de la Estación de Combustibles México a la plataforma de la Nueva Terminal 2 a través de una tubería de 18 in de diámetro.

Esta terminal tendrá un sistema de transporte interterminales, un estacionamiento para más de 3 mil vehículos y un hotel de cinco estrellas con 300 habitaciones, además, contará con la construcción de dos distribuidores viales para facilitar el acceso y el descongestionamiento vial como se indica a continuación.

Distribuidor vial 1: Se proyectan dos puentes colgantes que conectan a la Terminal 1 y al Circuito Interior Norte con la Terminal 2, cuya extensión será de 1.5 km

Distribuidor vial 2: Tendrá una extensión de 3.7 km y unirá al Viaducto Miguel Alemán con la Terminal 2, contando con una vialidad elevada directa por Av. Economía y pasos elevados para librar los cruces de Av. Ignacio Zaragoza y Av. Ocho, además, se incluirán diversas obras en pavimentos, banquetas, drenaje, cableado eléctrico y telefónico.

### **Construcción en la Delegación Xochimilco**

- Construcción del Acuario Xochimilco, en el Parque Ecológico Xochimilco.
- Rehabilitación del Mercado de Flores de Cuemanco

### **Construcción en la Delegación Azcapotzalco**

- Regeneración de la Alameda Norte
- Remodelación del Deportivo Reynosa
- Construcción de la Arena de la Ciudad de México (centro cultural y recreativo)

## **CAPÍTULO 5**

# **IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS RC&D EN SU CICLO DE VIDA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN APLICABLES**

## CAPÍTULO 5

### IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS RC&D EN SU CICLO DE VIDA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN APLICABLES

El análisis del ciclo de vida de los materiales de la construcción, permite visualizar en cada una de sus etapas, los impactos ambientales que éstos pueden producir al medio; es importante mencionar que únicamente se consideró el ciclo de vida de aquellos materiales con altas tasas de generación. En cuanto a la comparativa de impactos ambientales para el proceso de obtención de materiales vírgenes y reciclados, se utilizaron matrices de identificación, las cuales permitieron comparar el número de impactos positivos y negativos entre éstos, con el fin de determinar cual proceso perjudica en menor grado al medio.

#### 5.1 IMPACTO AMBIENTAL GENERADO EN EL CICLO DE VIDA DE LOS RC&D

La figura 5.1 muestra el ciclo de vida de los RC&D, desde la explotación de la materia prima, hasta el reciclaje o disposición final.

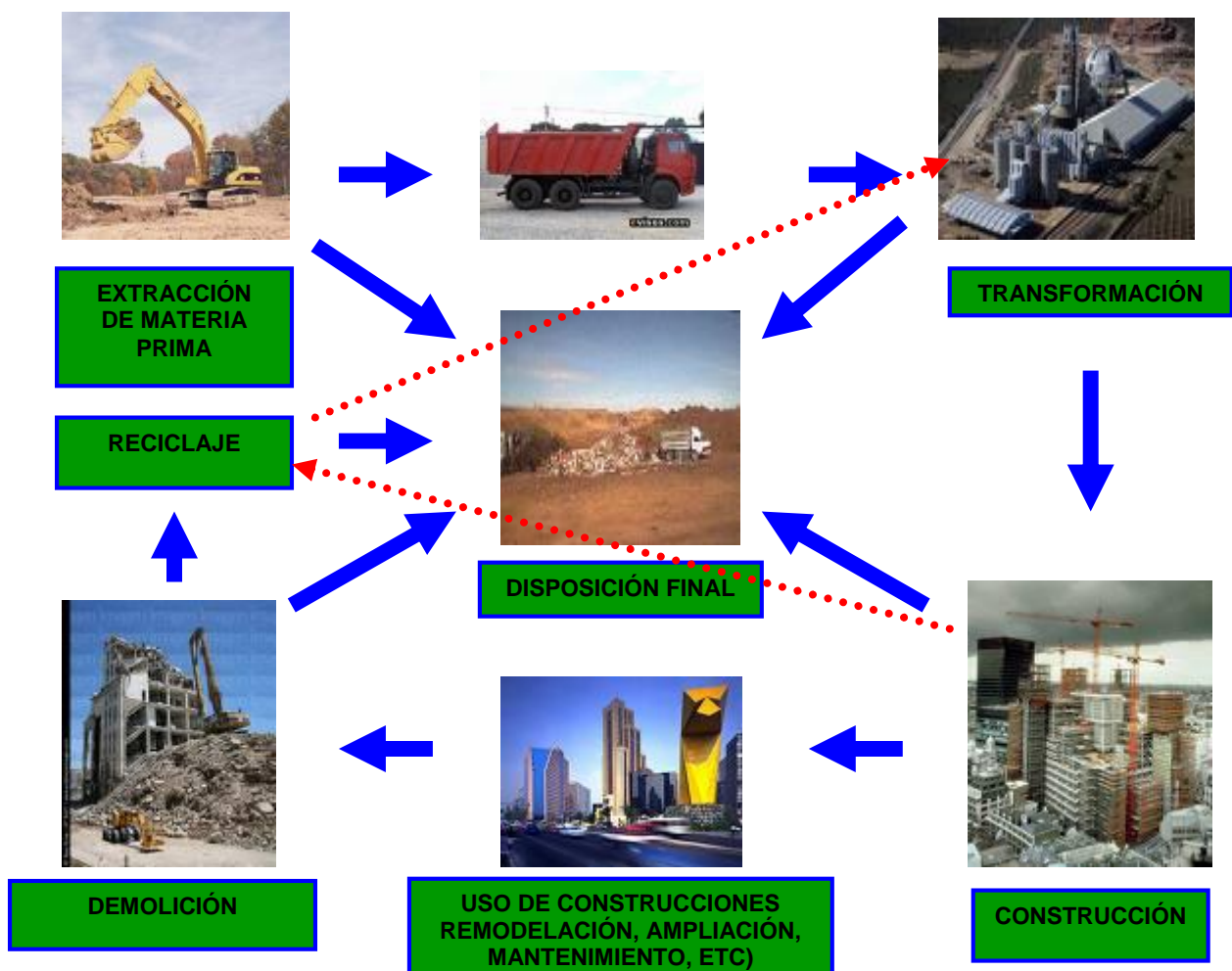


Figura 5.1. Ciclo de vida de los materiales utilizados en la industria de la construcción  
Fuente: Elaborada por la autora

La figura 5.1 muestra, que en todas las etapas se generan residuos, los cuales deberán ser depositados en sitios de disposición final adecuados; en cuanto al reciclaje, éste puede efectuarse desde la etapa constructiva, en la etapa de uso (que incluye remodelación, ampliación, mejoramiento, mantenimiento, etc), o bien en la etapa de demolición, para que los materiales tratados vuelvan a incorporarse nuevamente al ciclo.

Considerando el ciclo de vida de los RC&D, a continuación se describen, los impactos en cada etapa.

### **5.1.1 Extracción de materia prima**

Esta etapa incluye el proceso de extracción para los agregados vírgenes, desde la verificación de calidad del material, hasta su almacenamiento para su venta, ya que se debe de llevar a cabo una comparativa ambiental entre los materiales vírgenes y los reciclados, para determinar cuáles de los dos garantizan más beneficios al ambiente.

En la etapa de extracción, se cuenta con los siguientes procesos:

#### **Verificación de calidad del material**

- Ruido: Un impacto negativo en esta fase es el aumento del nivel de ruido a causa del funcionamiento del equipo utilizado, el cual sólo está concentrado en el área de extracción, afectando únicamente a los trabajadores del área.
- Partículas suspendidas: Por ejemplo, cuando se barrena el terreno para extraer muestras representativas, se emiten partículas minúsculas que al ser respiradas pueden afectar la salud de los trabajadores.
- Residuos especiales: Generados por el mantenimiento y desgaste de los dispositivos utilizados.

#### **Desmante y despalle**

- Ruido: Originado por el equipo requerido, generalmente maquinaria pesada.
- Flora: En diversas minas situadas en el área Metropolitana de la Ciudad de México, no se observó la presencia de ninguna especie vegetal, en el lugar específico de la extracción de materia prima, ya que ésta tuvo que ser removida con anterioridad.
- Fauna: Propicia que la fauna del entorno modifique sus hábitos.
- Suelo: Durante este proceso se generan grandes extensiones erosionadas, por la ausencia de materia vegetal.
- Alteraciones del microclima: Se modifica la cantidad de humedad presente por la falta de vegetación, originando que la temperatura sufra modificaciones extremas en el microclima.
- Morfología: La forma del terreno se ve alterada por el movimiento de tierras.
- Generación de empleo: Se da la oportunidad a pobladores aledaños para trabajar en las minas.

## Explotación

Los daños al ambiente varían según el tipo de explotación que se lleve a cabo, la cual puede ser por explosivos o por el uso de maquinaria pesada. En el primer caso, los daños son mayores.

- Ruido y vibraciones: Se incrementa el nivel de ruido y vibraciones que afecta a las poblaciones aledañas, tanto humanas como faunísticas; el uso de explosivos, perjudica aún más que la maquinaria pesada, ya que su daño alcanza distancias mayores fuera de los límites del banco de extracción. En muchos casos se pueden ver dañadas las construcciones de los habitantes por las constantes vibraciones, además de un aumento en el estrés propiciado por la magnitud del ruido producido, que a su vez tiene implicaciones con problemas auditivos.
- Partículas suspendidas: Generación de gran cantidad de partículas suspendidas, por la extracción de materiales; además de los gases producto de la combustión interna de los motores de los equipos utilizados, los cuales se emiten a la atmósfera. Los vehículos de combustión interna emiten a la atmósfera monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno; además, pueden estar presentes partículas metálicas microscópicas, que traen consigo enfermedades respiratorias, renales y cardíacas.
- Flujo de agua superficial y subterráneo: Se modifica el flujo natural del agua, tanto superficial como subterránea, incluso puede llegar a suspenderse por completo el camino de ésta, al haber obstáculos que impidan seguir con el escurrimiento original.
- Suministro de agua: El suministro de agua potable, por lo general, es mediante pipas, la cual es ocupada para el uso del comedor, regaderas y baños.
- Generación de aguas residuales: En casi todas las minas las aguas residuales, se vierten en fosas sépticas.
- Suelo: La erosión forma parte de los impactos negativos al suelo, la cual es difícil corregir, ya que las propiedades de éste son alteradas quedando un suelo infértil, tanto para la agricultura como para el crecimiento vegetal natural; a su vez, las condiciones internas del suelo se pueden alterar, propiciando derrumbes en el interior del mismo.
- Uso de suelo: Este se verá afectado, ya que para uso agrícola ya no se podrá utilizar. Generalmente, al término de la vida útil de estos sitios, se crean rellenos sanitarios locales, en el mejor de los casos; sin embargo, también pueden convertirse en tiraderos a cielo abierto.
- Morfología: La forma del terreno cambia por completo, presentándose un escenario que no concuerda con el paisaje original, al haberse modificado la topografía del terreno y por la falta de materia vegetal, que a su vez propicia la ausencia de fauna.





Figura 5.2. Erosión del suelo, causada por la explotación de materiales para la industria de la construcción  
Fotógrafo: Guerry Martel Vargas

- Residuos: El mantenimiento que se le da a la maquinaria es imprescindible, lo que genera gran cantidad de residuos de manejo especial (llantas, piezas de acero, entre otras) y residuos peligrosos (aceites, grasas, filtros de gasolina y filtros de aire), los cuales no reciben la debida gestión y pueden estar abandonados en las inmediaciones del banco de material, inclusive, se ha llegado a observar, que los residuos peligrosos puede estar infiltrándose al subsuelo, contaminado el mismo suelo y al agua subterránea, ya que no todas las minas de explotación de agregados cuentan con un espaciodestinado para el mantenimiento de dicha maquinaria (plancha de concreto con trincheras recolectoras que incluyen un cárcamo de almacenamiento). Por otro lado, al no existir drenaje, se cuenta con fosas sépticas, produciéndose lodos, los cuales por las características que presentan están dentro de los residuos de manejo especial. En cuanto a los residuos sólidos urbanos, éstos son los provenientes del comedor donde se alimentan diariamente los trabajadores.
- Generación de empleo: Un impacto positivo, es la generación de empleo a las personas de los poblados cercanos, evitando que se desplacen a lugares más alejados.
- Construcción social: Los poblados cercanos a la mina de extracción, se verán beneficiados, por la construcción de caminos que conectan entre sí a diversas zonas habitacionales; además, se crean obras de infraestructura para la comunicación telefónica, para el cableado eléctrico, el abastecimiento de agua potable y su correspondiente drenaje.



Figura 5.3. Explotación de materiales para la industria de la construcción  
Fuente: Elaborada por la autora

### Transportación al proceso

- Partículas suspendidas: En el traslado del material explotado, se observa la generación de partículas suspendidas por la manipulación del material y por las emisiones provenientes de la combustión interna de los motores de camiones.
- Residuos de manejo especial y residuos peligrosos: Al llevar a cabo el mantenimiento de los vehículos de carga.

### Proceso (trituración y clasificación)

- Ruido: El ruido generado en el proceso de triturado, perjudica a los trabajadores, por el constante rompimiento de la roca que pasa por las quijadas. En las minas viejas, este proceso se da en socavones (producto de la misma actividad) a más de 50 m de profundidad, mientras que en minas recientes se cuenta con una zona de amortiguamiento de 1 km para evitar que el ruido perjudique a las poblaciones aledañas.
- Partículas suspendidas: Se presentan partículas finas con el rompimiento de la roca y su clasificación; en esta última se observa un incremento por la caída que sufren al salir de la maquinaria de cribado hacia el suelo.
- Suministro de agua: El agua potable, por lo general es traída por pipas únicamente para consumo humano.
- Generación de aguas residuales: En casi todas las minas no se producen aguas residuales, ya que se cuenta con fosas sépticas.
- Residuos: En este proceso, también se originan residuos de manejo especial (láminas y rodillos de acero de las bandas transportadoras, bandas de plástico, lodos provenientes de la fosa séptica antes mencionada, etc.) y peligrosos (grasas, aceites, combustibles, etc.).



Figura 5.4. Trituración y clasificación de materiales para la industria de la construcción  
Fotógrafo: Guerry Martel Vargas

### **Transportación al almacenamiento**

Este proceso es similar al de transportación al proceso, implicando los mismos impactos al ambiente.

A continuación se muestra una matriz (Tabla 5.1), donde se resume la identificación de impactos ambientales durante cada uno de los procesos de la etapa de extracción de la materia prima, donde las cruces indican los impactos ambientales negativos y los asteriscos, los impactos positivos.

Tabla 5.1. Matriz de identificación de impactos ambientales  
en bancos de extracción de materia prima

ELEMENTO AMBIENTAL IMPACTADO		ACTIVIDADES					
		Verificación de calidad del material	Desmante y despalme	Explotación	Transportación al proceso	Proceso (tritutación y clasificación)	Transportación al almacenamiento
Atmósfera	Calidad del aire	x	x	x	x	x	x
	Nivel de ruido	x	x	x	x	x	x
Agua	Demanda			x	x	x	x
	Calidad y perfil del agua superficial y subterránea		x	x			
Generación de Residuos	Municipales			x	x	x	x
	Especiales	x	x	x	x	x	x
	Peligrosos			x	x	x	x
Suelo	Calidad del suelo		x	x			
	Uso de suelo			x			
	Topografía			x			
Recursos	Vegetación y fauna		x	x		x	
Clima	Modificación de temperatura		x				
Paisaje	Morfología e imagen		x	x			
Socio- economía	Generación de empleo		*	*	*	*	*
	Construcciones sociales: caminos, cableado telefónico, eléctrico, drenaje, agua potable, etc.			*	*	*	*

Nota: Las cruces identifican impactos adversos y los asteriscos, benéficos.

Fuente: Elaborada por la autora

A continuación se muestra la matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales (Tabla 5.2), para determinar el daño que pueden causar las alteraciones a los elementos ambientales de la tabla 5.1. Las definiciones de las características de los impactos y las de evaluación pueden encontrarse en el Anexo 7 de este trabajo.

Tabla 5.2. Matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales en bancos de extracción de materia prima

Elemento ambiental impactado	Características de los impactos													Medida de mitigación y control	Probabilidad de ocurrencia	Afecta recursos protegidos	Evaluación				No se anticipa impacto						
	Benéfico	Adverso	Directo	Indirecto	Sinergia	Temporal	Permanente	Localizado	Extensivo	Próximo a la fuente	Alejado de la fuente	Reversible	Irreversible				Recuperable	Irrecuperable	Compatible	Moderado		Severo	Crítico				
<b>Atmósfera</b>																											
Calidad del aire		X	X		SI	X			X	X			X		X		SI	A	SI	X							
Nivel de ruido		X	X		NO	X		X		X			X		X		SI	A	SI	X							
<b>Agua</b>																											
Demanda		X		X	NO	X		X		X		X		X		SI	A	NO									X
Calidad y perfil del agua superficial y subterránea		X	X		SI		X		X	X			X		X	NA	A	SI									
<b>Generación de Residuos</b>																											
Municipales		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI	X								
Especiales		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI									
Peligrosos		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI									
<b>Suelo</b>																											
Calidad del suelo		X	X		SI		X	X		X			X		X	SI	A	SI				X					X
Uso de suelo		X	X		NO	X		X		X			X		X	NO	A	SI		X							X
Topografía		X	X		NO		X	X		X			X		X	NO	A	SI						X			X
<b>Recursos</b>																											
Vegetación y fauna		X	X		SI		X	X		X			X		X	SI	A	SI				X					X
<b>Clima</b>																											
Modificación de temperatura		X	X		SI		X	X		X			X		X	SI	A	SI				X					X
<b>Paisaje</b>																											
Morfología e imagen		X	X		NO		X	X		X			X		X	NA	A	NO		X							
<b>Socio-economía</b>																											
Generación de empleos	X		X		NO	X		X		X		NA	NA	NA	NA	NA	A	NO	X								X
Construcciones sociales: caminos, cableado telefónico, eléctrico, drenaje, etc.	X		X		SI		X		X		X	NA	NA	NA	NA	SI	A	SI		X							X

N.A. No Aplica

Fuente: Elaborada por la autora

### 5.1.2 Transformación

- Ruido: El ruido está presente por la maquinaria utilizada en los procesos de transformación, sin embargo, puede mitigarse al contar con dispositivos que disipan o controlan la generación de sonidos indeseables. El ruido también es producido por los camiones que trasladan ya sea la materia prima o el producto terminado, los cuales transitan dentro de zonas habitacionales, afectando la tranquilidad de las personas.
- Vibraciones: Originadas por los camiones de carga, por el excesivo peso que trasladan, afectando a las poblaciones cercanas.
- Partículas suspendidas: En el traslado de la fuente de extracción de materia prima a las plantas de transformación, los camiones de carga emiten gases contaminantes a la atmósfera, así mismo, en el caso de cementeras o tabiqueras, al procesar sus productos que requieren calentamiento a altas temperaturas, se emiten gases tóxicos, que perjudican gravemente la salud de todos los seres vivos.
- Suministro de agua potable y generación de aguas residuales. Como en cualquier lugar de trabajo, es imprescindible el suministro de agua potable para los trabajadores; sin embargo, en el proceso de fabricación del cemento y tabique también se hace uso de este vital líquido para enfriar sus procesos; en muchas ocasiones el agua puede ser contaminada al mezclarse con los productos fabricados. En cuanto a la generación de aguas residuales, éstas provenientes de baños y procesos de fabricación, éstos últimos cumpliendo con lo establecido en la legislación correspondiente para su adecuada descarga, ya que pueden contener sólidos que pueden ser tóxicos, o que pueden alterar el sistema de alcantarillado en caso de que el agua lleve una gran cantidad de éstos.
- Residuos: Se producen residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, los cuales al no llevar un control adecuado pueden perjudicar al ambiente.

### 5.1.3. Construcción

- Ruido: El nivel de ruido en las construcciones en muchas ocasiones rebasa los niveles permitidos por la legislación vigente, afectando a la población y principalmente a los trabajadores. El nivel de ruido puede variar según el tipo de construcción que se realice. Éste puede ser producido por los camiones de carga que trasladan tanto la materia prima al centro de trabajo, como por lo que desalojan los residuos de este mismo lugar; además de la maquinaria pesada, como retroexcavadoras, conformadoras, taladros neumáticos y grúas, que perturban aún más el medio.
- Partículas suspendidas: Dentro de las obras de construcción es evidente la utilización de camiones de carga y maquinaria pesada, los cuales emiten gases tóxicos a la atmósfera; así mismo en la mayoría de las actividades constructivas se lleva a cabo el movimiento de tierras que genera gran cantidad de partículas.

- Suministro de agua. El agua se utiliza durante la construcción, por ejemplo, al colar ciertas estructuras como losas, muros y pilas, así como en la construcción de pavimentos y el curado del concreto, entre otras.



Figura 5.5. Ruido y partículas suspendidas en obras de construcción  
Fuente: Elaborada por la autora

- Calidad del agua: Cuando se realizan obras cercanas a cuerpos de agua, pueden alterar la calidad de ésta, al contaminarla con sustancias como aditivos para concreto, solventes, combustible llevado hasta la zona de obra para el equipo utilizado, etc; lo cual afecta a la flora y fauna de los alrededores. En el caso de obras realizadas dentro de poblaciones, existen desechos que pueden ser arrastrados hasta los sistemas de alcantarillado propiciando su azolve, originando la salida hacia las calles de las aguas residuales por falta de capacidad.
- Residuos: En las obras se producen todo tipo de residuos, siendo los más significativos los de manejo especial, por la gran tasa de generación que representan frente a otro tipo de desechos; les siguen los residuos sólidos urbanos y finalmente los peligrosos. Este tipo de desechos como ya ha sido mencionado, al ser dispuestos inadecuadamente pueden traer severos daños al ambiente.



Figura 5.6. Residuos en obras de construcción, a) Residuos peligrosos, b) Residuos de manejo especial  
Fuente: Elaborada por la autora

#### 5.1.4. Demolición, remodelación, ampliación

- Ruido: El ruido en la actividad de demolición se ve acentuado más, que en las actividades de remodelación y ampliación; lo anterior debido al uso de herramientas y equipo pesado para derrumbar parcial o totalmente una construcción; además, a este efecto se le adicionan los vehículos que transitan en la misma zona, para acarrear los residuos generados.
- Partículas suspendidas: En las actividades de demolición independientemente del método aplicado (manual, con maquinaria o explosivo), se producen grandes cantidades de polvo que pueden incluir productos tóxicos como asbestos o partículas de sílice, los cuales originan enfermedades mortales.
- Demanda de agua: En algunas demoliciones se hace uso de agua tratada para mitigar los impactos producidos por partículas suspendidas.
- Contaminación del agua: Muchos de los residuos generados en las actividades de demolición y remodelación pueden ser arrastrados hacia corrientes naturales de agua o hacia el alcantarillado, propiciando en el primer caso, la posible contaminación del agua debido a la presencia de sustancias tóxicas (solventes, combustibles, aceites, pinturas, etc) y en el caso del segundo, se puede azolvar originando la salida de las aguas residuales que transita por sus conductos, o bien, también pueden azolvarse los cauces naturales trayendo consigo la modificación del perfil hidráulico de las aguas y las posibles inundaciones en poblados cercanos.
- Residuos: Principalmente en la actividad de demolición se generan cantidades enormes de RC&D, que pueden incluir residuos peligrosos, por lo cual, el primer camino para controlar esta situación, es llevar en su mayoría, ya clasificados, los desechos potencialmente reciclables, a plantas de tratamiento y aquellos que no cumplan con los requerimientos necesarios, trasladarlos a la disposición final óptima. Es importante en este aspecto, identificar a los residuos peligrosos para darles un manejo adecuado.



Figura 5.7. Residuos en obras de remodelación  
Fuente: Elaborada por la autora



### **5.1.5. Reciclaje**

Dentro de los impactos ambientales generados en la etapa de reciclaje para los RC&D con mayor índice de generación (adcretos, arcillas, blocks, tabiques, ladrillos, concreto simple, concreto armado, mamposterías, cerámicos, etc), podemos encontrar los siguientes; considerando que dentro de su tratamiento se tiene las etapas de transportación de materia prima al proceso, proceso (trituración y clasificación) y transportación al almacenamiento.

#### **Transportación al proceso**

- Partículas suspendidas: En el traslado de la materia prima, se observa la generación de partículas suspendidas por la manipulación del material y por las emisiones provenientes de los motores de los vehículos utilizados.
- Residuos de manejo especial y residuos peligrosos: Al llevar a cabo el mantenimiento a los vehículos de carga.

#### **Proceso (trituración y clasificación)**

- Ruido: El ruido presente en este proceso tiene una intensidad menor que el que se produce en la fabricación de agregados vírgenes, ya que la materia prima está fragmentada en trozos más pequeños, aún así, llega a afectar a los trabajadores. En cuanto a la clasificación, el ruido no es tan dañino. Además, en la planta de reciclaje, el proceso de trituración y cribado se lleva a cabo en un socavón a 50 m de profundidad, amortiguando con ello, los efectos del ruido a las poblaciones cercanas.
- Partículas suspendidas: Se presentan partículas finas con el rompimiento de la roca y su clasificación; sin embargo, son controladas, por un sistema de aspersion que utiliza agua tratada.
- Demanda de agua: La demanda de agua potable es únicamente para consumo humano. El agua tratada sirve para el proceso y para regar jardines, ésta se traslada a través de pipas.
- Generación de aguas residuales: En esta planta se cuenta con sistema de drenaje, cuya descarga es únicamente la proveniente de los sanitarios utilizados por los trabajadores.
- Residuos: En este proceso, se originan residuos de manejo especial (piezas de maquinaria), peligrosos y residuos sólidos urbanos provenientes de la zona de oficinas. Los dos primeros originados en las actividades de mantenimiento de los equipos.
- Generación de empleo: Durante todo el proceso de reciclaje se permite que los pobladores de zonas cercanas puedan trabajar en este sitio.



Figura 5.8. Generación de ruido por maquinaria en el proceso de reciclaje  
Fuente: Elaborada por la autora

### Transportación al almacenamiento

Este proceso, que es igual al de transportación al proceso, causa los mismos impactos ambientales.

En la siguiente tabla se observan los impactos ambientales negativos (cruces) y los positivos (asteriscos), que el reciclaje de RC&D produce al medio ambiente.

Tabla 5.3. Matriz de identificación de impactos ambientales en el reciclaje de RC&D

ELEMENTO AMBIENTAL IMPACTADO		ACTIVIDADES		
		Transportación al proceso	Proceso (tritutación y clasificación)	Transportación al almacenamiento
Atmósfera	Calidad del aire	X		x
	Nivel de ruido	X	x	x
Agua	Demanda	X	x	x
	Descarga de aguas residuales	X	x	x
Generación de Residuos	Municipales	x	x	x
	Especiales	X	x	x
	Peligrosos	X	x	x
Suelo	Uso de suelo		x	
Recursos	Vegetación y fauna		x	
Paisaje	Morfología e imagen		x	x
Socio-economía	Generación de empleo	*	*	*

Nota: Las cruces identifican impactos adversos y los asteriscos, benéficos.

Fuente: Elaborada por la autora

En la tabla 5.4, se indica la matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales, para determinar el daño que pueden causar el reciclaje de los RC&D a los elementos ambientales de la tabla 5.3.

Tabla 5.4. Matriz de caracterización y evaluación de impactos ambientales en el reciclaje de RC&D

Elemento ambiental impactado	Características de los impactos													Evaluación			No se anticipa impacto						
	Benéfico	Adverso	Directo	Indirecto	Sinergia	Temporal	Permanente	Localizado	Extensivo	Próximo a la fuente	Alejado de la fuente	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Medida de mitigación y control		Probabilidad de ocurrencia	Afecta recursos protegidos	Compatible	Moderado	Severo	Crítico
<b>Atmósfera</b>																							
Calidad del aire		X	X		SI	X			X	X		X		X		SI	A	NO	X				
Nivel de ruido		X	X		NO	X		X		X		X		X		SI	A	NO	X				
<b>Agua</b>																							
Demanda		X		X	NO	X		X		X		X		X		SI	A	NO	X				X
Descarga de aguas residuales		X		X	NO	X		X		X		X		X		SI	A	SI	X				
<b>Generación de Residuos</b>																							
Municipales		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI	X				
Especiales		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI	X				
Peligrosos		X		X	SI	X		X		X		X		X		SI	A	SI	X				
<b>Suelo</b>																							
Uso de suelo		X	X		NO	X		X		X		X		X		NO	A	NO	X				X
<b>Recursos</b>																							
Vegetación y fauna		X	X		SI		X	X		X		X		X		SI	A	NO		X			
<b>Paisaje</b>																							
Morfología e imagen		X	X		NO		X	X		X		X		X		SI	A	NO	X				
<b>Socio-economía</b>																							
Generación de empleos	X		X		NO	X		X		X		NA	NA	NA	NA	NA	A	NO	X				

Fuente: Elaborada por la autora

### 5.1.6. Disposición final

La disposición final inadecuada de los residuos propicia la contaminación del aire, del suelo y del agua.

**Contaminación del aire:** Al depositarse los RC&D en lugares a cielo abierto propician que las partículas pequeñas sean trasladadas por el viento, afectando la salud de las personas que habitan en las zonas cercanas al vertido. Muchas de estas partículas pueden ser aún más perjudiciales, ya que pueden ser tóxicas.

El transporte de RC&D presenta efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, como la contaminación del aire por los gases de escape, la producción de ruido y vibraciones y el consumo de recursos energéticos. En este aspecto, la recuperación y reciclaje de los RC&D posee beneficios, en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en los sitios de disposición final que cada vez son más distantes (Aguilar, 1997).

**Contaminación del suelo:** Los RC&D abandonados en lugares no adecuados, provocan la degradación del suelo por los materiales tóxicos que pueden presentar como pinturas, solventes, grasas, asbestos, aditivos para concreto; etc; además, propician que en este mismo espacio sean depositados residuos sólidos urbanos, en donde ambos (peligrosos y sólidos urbanos) pueden lixiviar y contaminar el suelo.

**Contaminación del agua:** Provocan la contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos de agua al lixiviarse residuos sólidos urbanos y peligrosos.

Como ya se había mencionado, se ha observado la incidencia a dejar residuos sólidos urbanos en el mismo sitio que los RC&D, provocando la proliferación de fauna nociva (roedores, insectos, perros y gatos), que traen consigo focos de infección.

En algunos otros lugares, se ha podido constatar, que los RC&D actúan como barrera para el tránsito del agua superficial originando con ello la inundación de diversas poblaciones.

En cuanto a la disposición final adecuada, el impacto más representativo es la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios, ya que la generación de este tipo de desechos forma una parte muy significativa del total de residuos generados.



(a)



(b)

Figura 5.9. Disposición final (a) inadecuada, (b) adecuada  
Fuente: Elaborada por la autora

### 5.1.7 Indicadores de algunos contaminantes reducidos por el reciclaje de RC&D.

#### Reducción de contaminantes atmosféricos

En las grandes ciudades del país se presentan elevados índices de contaminación atmosférica que perjudica la salud de la población. El transporte (fuentes móviles) es uno de los principales contaminantes en las zonas urbanas. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, las fuentes móviles contribuyen principalmente con los siguientes contaminantes del aire: 84% de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), 99% de monóxido de carbono (CO), y 52% de óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>), que se producen en gran medida por el consumo de combustibles derivados del petróleo. Éstos son clasificados en gasolinas, diesel, gas LP y natural, y gasóleo.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependen del tipo de motor que se utiliza; por ejemplo, los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, mientras que los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel emiten partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

La tabla 5.5 muestra los contaminantes emitidos por diversos camiones de carga que trasladan los residuos a sitios de disposición final en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Tabla 5.5. Contaminantes atmosféricos emitidos por camiones de carga

TIPO DE VEHÍCULO	Ton / año								
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	CH <sub>4</sub>	COV	NH <sub>3</sub>
Pick up	63	36	149	106,338	8,572	10,825	515	10,012	169
Tractocamiones a diesel	2,315	2,014	284	31,945	29,094	11,575	494	11,069	30
Vehículos a diesel < 3 Ton	283	234	215	109,111	10,695	11,908	478	11,084	117
Vehículos a diesel > 3 Ton	270	223	152	186,038	5,798	12,989	1,030	11,715	45
<b>PM<sub>10</sub>: Partículas menores a 10 µm</b> <b>PM<sub>2.5</sub>: Partículas menores a 2.5 µm</b> <b>SO<sub>2</sub>: Bióxido de azufre</b> <b>CO: Monóxido de carbono</b> <b>NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno</b> <b>COT: Carbono orgánico total</b> <b>CH<sub>4</sub>: Metano</b> <b>COV: Compuestos orgánicos volátiles</b> <b>NH<sub>3</sub>: Amoniaco</b>									

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004

Fuente: Elaborada por la autora

En la tabla 5.6 se calculó las distancias promedio recorridas por los camiones de carga que disponen los residuos, tanto a la planta de reciclaje

como al relleno sanitario. Posteriormente se obtuvo el porcentaje que representa la distancia promedio a la planta de reciclaje con respecto a la distancia al Bordo Poniente.

Tabla 5.6. Porcentaje de la distancia promedio recorrida por los camiones de carga a la planta de reciclaje con respecto al Bordo Poniente

Demarcación	Bordo Poniente; km	Planta de reciclaje; km
Benito Juárez	16.80	12.90
Coyoacán	19.30	10.30
Cuajimalpa	29.30	23.70
Gustavo A. Madero	24.80	21.40
Iztapalapa	10.60	4.03
Magdalena Contreras	27.90	18.80
Miguel Hidalgo	19.90	19.70
Milpa Alta	28.90	12.60
Tlahúac	16.60	6.30
Tlalpan	27.00	16.00
Xochimilco	22.40	8.92
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.14</b>	<b>14.06</b>
<b>Porcentaje de la distancia promedio recorrida por los camiones de carga a la planta de reciclaje con respecto al Bordo Poniente</b>		<b>63.51%</b>

Fuente: Elaborada por la autora

Al aplicar el porcentaje de la distancia promedio a la planta de reciclaje (63.51%), se observa una reducción en la cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos. Lo anterior puede observarse en la tabla 5.7.

Tabla 5.7. Reducción de contaminantes atmosféricos emitidos por camiones de carga al depositar los RC&D en la planta de reciclaje

TIPO DE VEHÍCULO	Ton / año								
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	CH <sub>4</sub>	COV	NH <sub>3</sub>
Pick up	40	23	95	67,535	5,444	6,875	327	6,359	107
Tractocamiones a diesel	1,470	1,279	180	20,288	18,478	7,351	314	7,030	19
Vehículos a diesel < 3 Ton	180	149	137	69,296	6,792	7,563	304	7,039	74
Vehículos a diesel > 3 Ton	171	142	97	118,153	3,682	8,249	654	7,440	29

Fuente: Elaborada por la autora

### Nivel de ruido

La contaminación por ruido incide de forma principal en la calidad de vida de las poblaciones. Este tipo de contaminación es una consecuencia directa de las actividades que se desarrollan en las grandes ciudades.

La contaminación por ruido es producida por sonidos molestos que pueden producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es el transporte, la construcción de infraestructura y la industria entre otras.

La contaminación por ruido perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base ésta de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Por lo descrito en párrafos anteriores el nivel de ruido se reduce en 8 km aproximadamente (22.14 km – 14.06 km) al llevar los RC&D a la planta de reciclado.

#### **5.1.8 Comparativa entre impactos originados en la producción de agregados vírgenes y agregados reciclados.**

Como se observa en las matrices de identificación de impactos ambientales para la producción de agregados vírgenes en comparativa con la producción de agregados reciclados, se tuvieron las siguientes consideraciones.

- Los elementos ambientales, se ven reducidos en la matriz de agregados reciclados.
- Para la producción del material reciclado, únicamente se cuentan las tres últimas actividades correspondientes a transportación al proceso, proceso (trituration y clasificación) y transportación al almacenamiento, evitándose las etapas de desmonte y despilme y explotación (la actividad de verificación del material no es tan contundente para considerarla), que son aquellas en las que se tiene un mayor impacto negativo para la producción de agregados vírgenes.
- Con base en los dos puntos anteriores, se concluye que el tratamiento de RC&D causa menos impactos negativos en comparativa con la producción de agregados vírgenes, por consiguiente, el aprovechamiento de este tipo de residuos tiene un punto más a su favor; es decir, mientras la industria de la construcción siga desarrollándose, existirá mayor explotación de materia virgen, pero a su vez también se generarán residuos, los cuales pueden reciclarse para evitar que nuestros recursos naturales no renovables se sigan agotando.

#### **5.2 DISPOSICIÓN FINAL INADECUADA DE LOS RC&D**

Para la eliminación de los RC&D, la disposición controlada puede causar impactos positivos siempre y cuando se realice con la finalidad de recuperar zonas degradadas o como material de cubierta en rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos (RSU). Sin embargo, el vertido de RC&D puede también causar impactos negativos si se realiza de forma incontrolada en zonas de alto valor ecológico y/o económico (Aguilar, 1997).

Otro tipo de impacto negativo que se considera, es la afectación al suelo y al agua, causada por el inadecuado manejo de componentes peligrosos que pueden existir en los RC&D (particularmente en algunos de demolición).



Figura 5.10. Disposición final inadecuada de RC&D  
(a) en los bosques del D. F (b) en las calles del D.F  
Fuente: Elaborada por la autora

En los subcapítulos siguientes, se analiza para dos zonas distintas del Distrito Federal, la cantidad de RC&D dispuestos inadecuadamente y sus posibles impactos ambientales.

### **5.2.1 Cuantificación de RC&D en la Av. Antonio Delfín Madrigal, en la Colonia Ajusco; Delegación Coyoacán.**

Cada vez, es más frecuente ver RC&D arrojados en lugares poco transitados; como barrancas, ríos y carreteras, y en tiempos más recientes éstos se pueden observar con facilidad dentro de las ciudades, ya que el crecimiento de la población y las nuevas exigencias que ésta demanda (cuya finalidad es tener un mejor nivel de vida), origina que toda la infraestructura crezca día con día; lo que ocasiona un aumento en la generación de RC&D, ya sea por la construcción de obras nuevas, por remodelación y mantenimiento, entre otras actividades (Figura 5.11).





Figura 5.11. RC&D abandonados en un camellón  
en la Ciudad de México

Fuente: Elaborada por la autora

Todos los residuos generados, por ley, tienen que ser colocados en un sitio de disposición final controlado, pero al ser relativamente altos, los costos que se tienen que pagar en estos sitios para recibir los desechos y las oportunidades que ven los transportistas que trasladan dichos residuos, para ahorrarse una fuerte cantidad monetaria, conlleva a que en cualquier lugar sean abandonados los RC&D, trayendo consigo un impacto ambiental negativo al medio ambiente.

En este subcapítulo, se observan diferentes tipos de residuos de la industria de la construcción, abandonados en la Av. Antonio Delfín Madrigal, en la Colonia Ajusco, ubicada en la Delegación Coyoacán. La ubicación de los RC&D, puede observarse en la figura 5.12.

La visita para la cuantificación y clasificación de los RC&D se llevó a cabo durante los primeros días del mes de octubre del 2007; encontrándose los siguientes residuos:

- Cascajo (incluye desechos de ladrillo, concreto, tierra, poliuretano y mortero); como se puede ver en la figura 5. 13 (a)
- Tierra (presenta contaminación con fragmentos de ladrillo, concreto y poliuretano), como se aprecia en la figura 5. 13 (b)
- Impermeabilizante plástico para techo (Figura 5. 13 c))
- Roca (Figura 5. 13 (d))

Para cada uno de los residuos anteriores fue necesario medir las dimensiones de las figuras a las que más tendencia tenían en planta (cuadrados, rectángulos y círculos); y sus correspondientes alturas promedio, para obtener el volumen aproximado de los cuerpos, agruparlos según el tipo de residuo y finalmente obtener la cantidad de cada desecho y la cuantificación total de los RC&D, como se observa en las figuras 5. 14 (a) y (b).



Figura 5.12. Ubicación de RC&D en la Av. Antonio Delfín Madrigal en la Colonia Ajusco, Delegación Coyoacán  
Fuente: Google maps

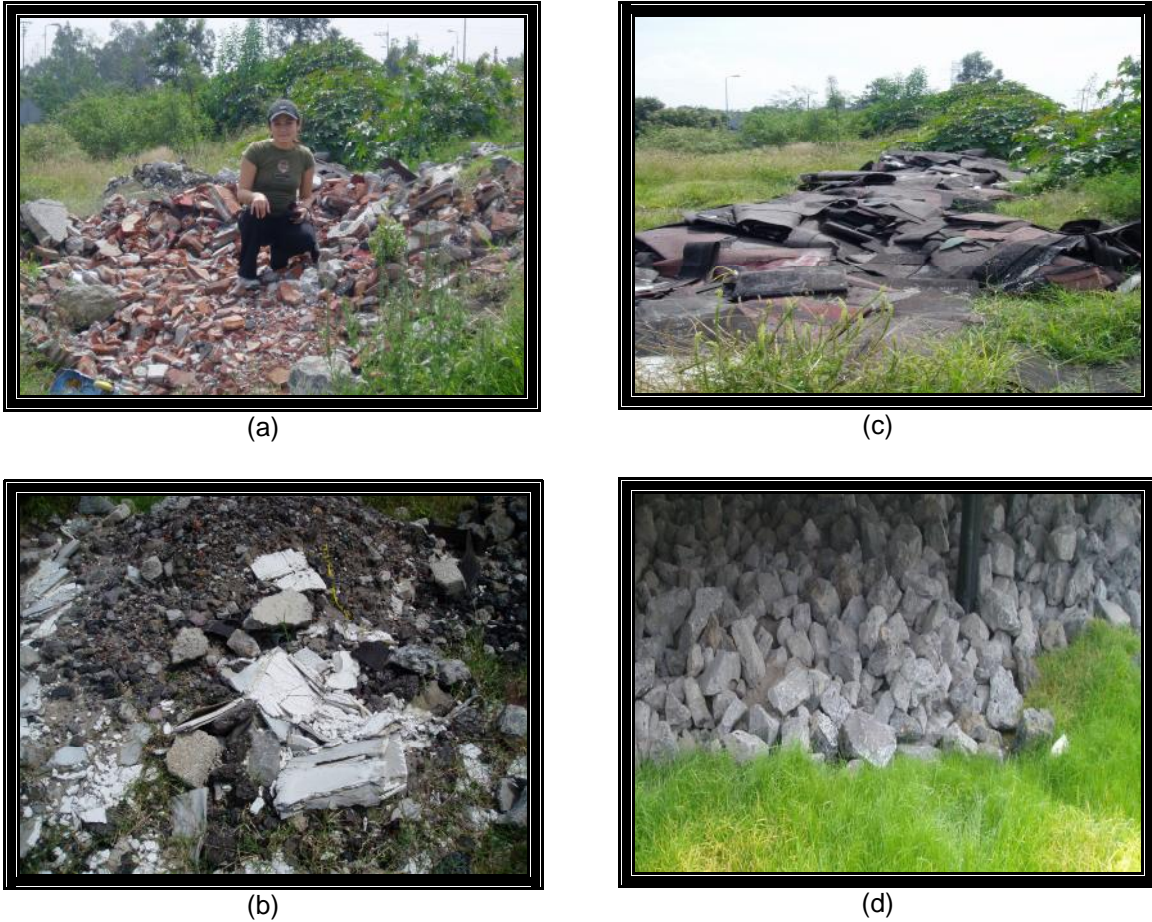


Figura 5.13. RC&D abandonados en la Av. Antonio Delfín Madrigal en la Colonia Ajusco, Delegación Coyoacán. (a) Cascajo (b) Tierra contaminada (c) Impermeabilizante plástico para techo (d) Roca

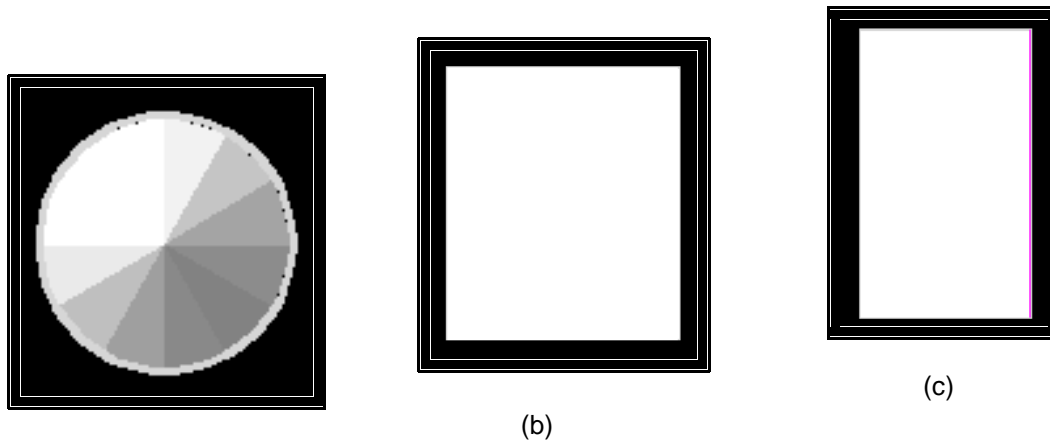
Fuente: Elaborada por la autora



Figura 5.14. Toma de dimensiones aproximadas, de cada tipo de RC&D

Fuente: Elaborada por la autora

Algunas de las figuras vistas en planta, son las que se muestran en la imagen 5.15, donde puede observarse, un círculo (a), un cuadrado (b) y un rectángulo (c).



(a)  
Figura 5.15 Figuras vistas en planta de los RC&D (a) Círculo (b) cuadrado (c) rectángulo  
Fuente: Elaborada por la autora

Para el cálculo de los volúmenes de los prismas rectangulares y de los conos, se utilizaron las siguientes fórmulas, que muestran las ecuaciones 5.1 y 5.2, respectivamente.

$$V_p = L * A * H \quad \dots\dots\dots \text{Ec. 5.1} \quad (\text{Kart, 1995})$$

Donde:

$V_p$  = Volumen del prisma rectangular ( $m^3$ )

L = Largo (m)

A = Ancho (m)

H = Altura (m)

Las variables anteriores se pueden observar en la figura 5.16.

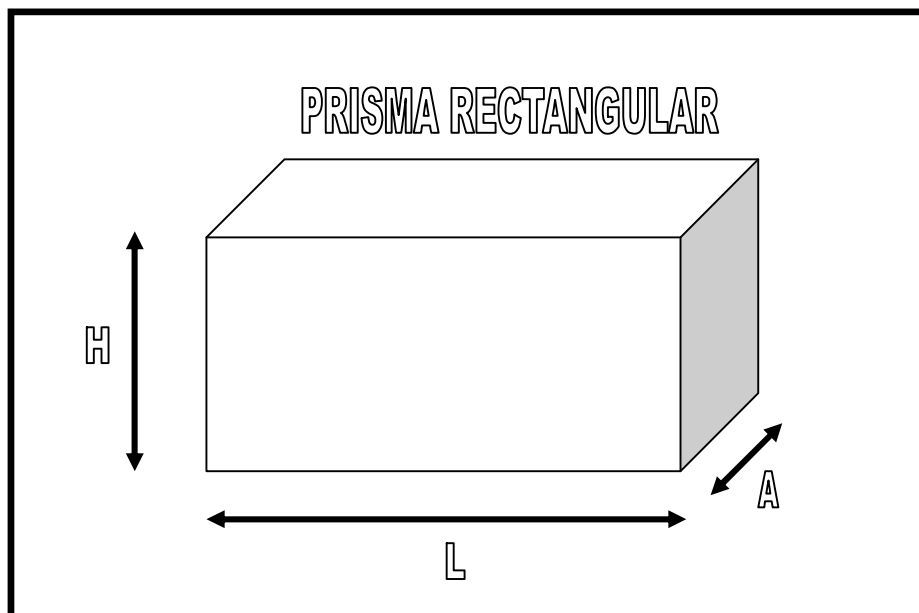


Figura 5.16. Dimensiones del prisma rectangular  
Fuente: Elaborada por la autora

$$V_c = \left( \frac{1}{3} \right) * R^2 * H \dots \dots \dots \text{Ec. 5.2} \quad (\text{Kart, 1995})$$

Donde:

$V_c$  = Volumen del cono circular ( $m^3$ )

R = Radio (m)

H = Altura (m)

Las variables anteriores se indican en la figura 5.17

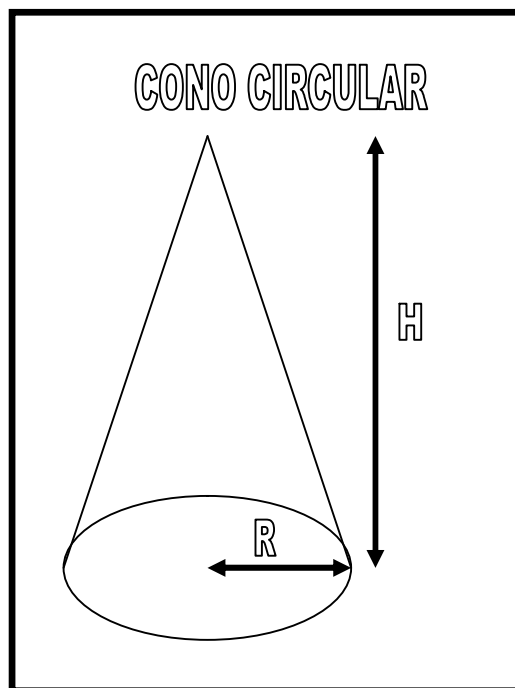
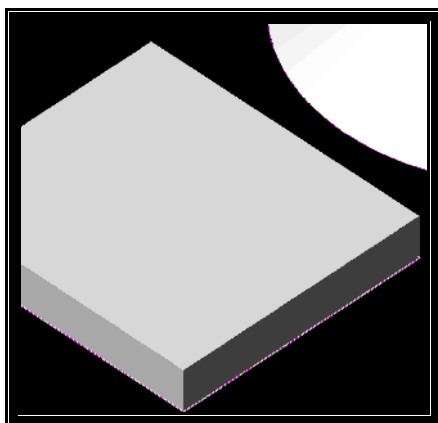
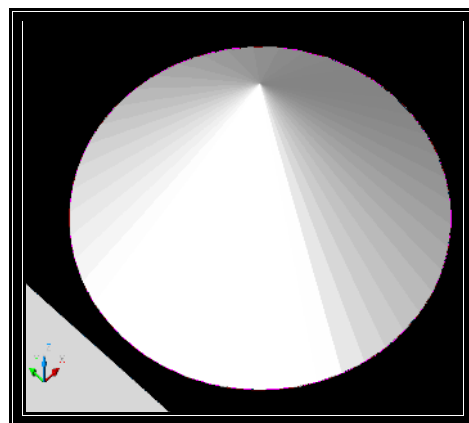


Figura 5.17. Dimensiones del cono circular  
Fuente: Elaborada por la autora

Algunos de los cuerpos formados, se presentan a continuación (Figura 5.18), la figura (a) muestra un prisma rectangular y la figura (b) presenta un cono circular.



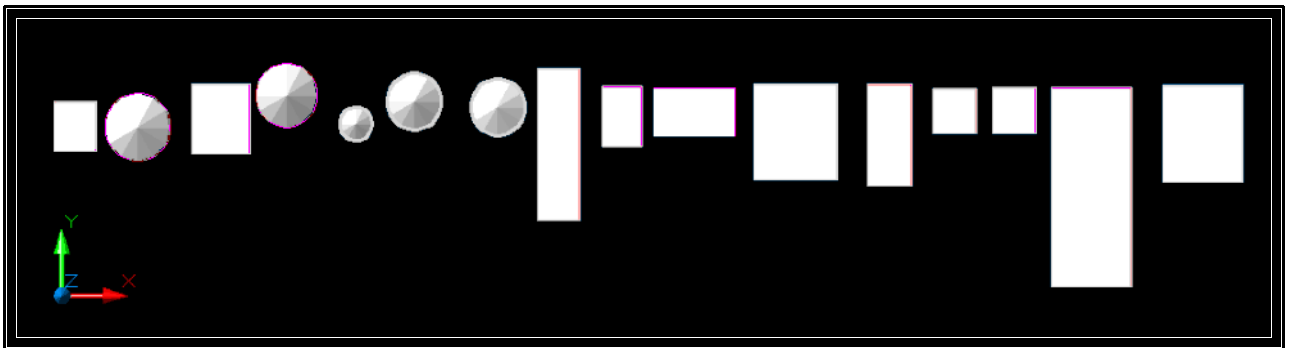
(a)



(b)

Figura 5.18. Cuerpos formados por los RC&D  
(a) prisma rectangular y (b) cono circular  
Fuente: Elaborada por la autora

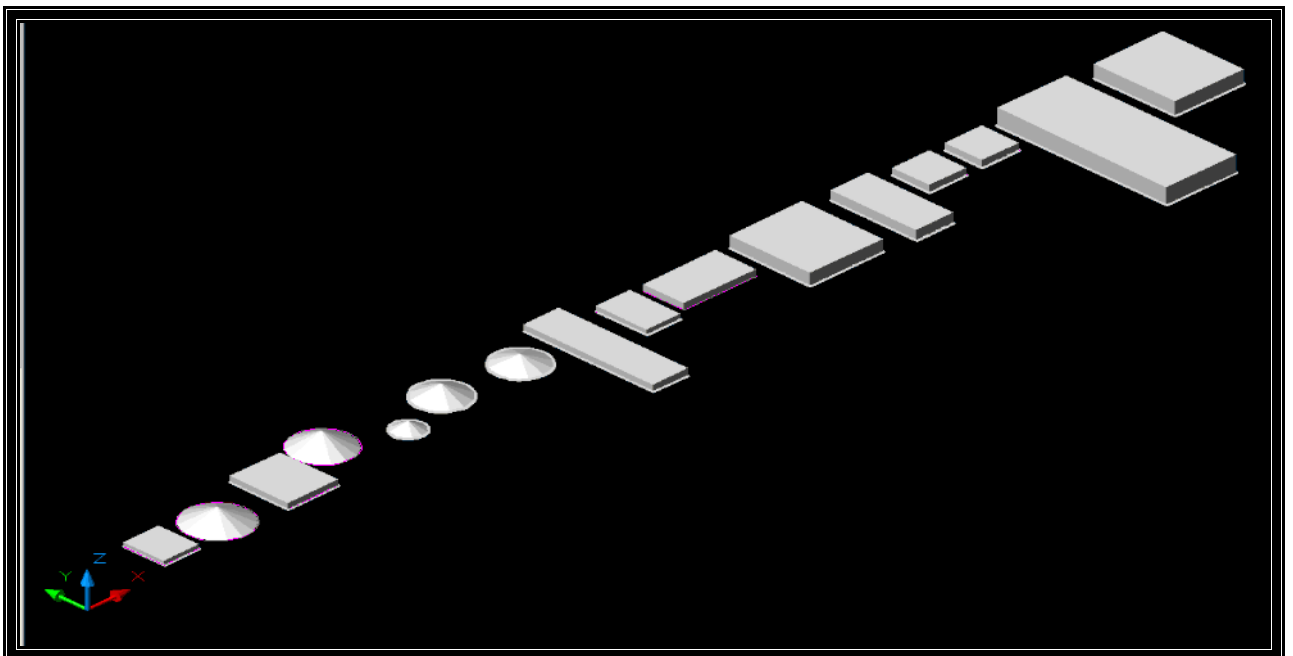
Para cada tipo de residuo, se obtuvo una gran variedad de cuerpos, como se puede apreciar en la figura 5.19, donde se presentan la vista en planta, la vista frontal y la vista en diagonal.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.19. Vistas de los diferentes cuerpos formados para  
La cuantificación de RC&D  
(a) Vista en planta (b) Vista frontal y (c) Vista en diagonal  
Fuente: Elaborada por la autora

Para las dimensiones correspondientes a los cuerpos anteriores y con ayuda de las ecuaciones 5.1 y 5.2, se llevó a cabo la tabla 5.5, en donde se presenta cada una de las dimensiones de los cuerpos generados, así como el cálculo de los volúmenes y la cuantificación total de RC&D presentes.

Tabla 5.8. Cuantificación total de RC&D presentes en la Av. Antonio Delfín Madrigal, en la Colonia Ajusco; Delegación Coyoacán

RESIDUOS	FIGURA FORMADA EN PLANTA	LARGO (m)	ANCHO (m)	RADIO (m)	ALTO (m)	FIGURA FORMADA COMO CUERPO	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CASCAJO</b>							
1	RECTANGULO	2.50	2.20		0.30	PRISMA	1.65
2	RECTANGULO	4.50	2.50		0.50	PRISMA	5.63
3	RECTANGULO	5.00	4.50		0.85	PRISMA	19.13
4	RECTANGULO	5.30	2.30		0.70	PRISMA	8.53
5	CIRCULO			1.50	0.90	CONO CIRCULAR	2.12
6	CUADRADO	2.30	2.30		0.50	PRISMA	2.65
7	RECTANGULO	10.50	4.15		0.40	PRISMA	17.43
<b>TOTAL CASCAJO</b>							<b>57.14</b>
<b>TIERRA</b>							
1	CIRCULO			1.50	0.70	CONO CIRCULAR	1.65
<b>TOTAL TIERRA</b>							<b>1.65</b>
<b>IMPERMEABILIZANTE PLASTICO</b>							
1	RECTANGULO	3.60	3.10		0.40	PRISMA	4.46
2	RECTANGULO	8.00	2.20		0.50	PRISMA	8.80
3	RECTANGULO	3.10	2.10		0.40	PRISMA	2.60
<b>TOTAL IMPERMEABILIZANTE PLASTICO</b>							<b>15.86</b>
<b>ROCA</b>							
1	CIRCULO			1.80	1.00	CONO CIRCULAR	3.40
2	CIRCULO			1.70	1.10	CONO CIRCULAR	3.33
3	CIRCULO			0.90	0.60	CONO CIRCULAR	0.51
4	CUADRADO	2.30	2.30		0.50	PRISMA	2.65
5	RECTANGULO	10.50	4.30		1.20	PRISMA	54.18
6	RECTANGULO	5	4.30		1.00	PRISMA	21.50
<b>TOTAL ROCA</b>							<b>85.57</b>
<b>TOTAL RESIDUOS C&amp;D</b>							<b>160.22</b>

Fuente: Elaborada por la autora

La tabla anterior arroja un volumen de 57.14 m<sup>3</sup>, para el cascajo, de 1.65m<sup>3</sup> para la tierra, de 15.86 m<sup>3</sup> para el impermeabilizante plástico y de 85.57 m<sup>3</sup> para la roca, teniéndose un volumen total de RC&D de 160.22 m<sup>3</sup>, cantidad sumamente grande, que causa un mal aspecto (impacto visual) para todas aquellas personas que transitan a menudo por este sitio, además es sumamente visible la presencia de erosión bajo y a los alrededores de los residuos; este hecho se observa con más incidencia en las cercanías a los residuos de impermeabilizante plástico, ya que éste impide casi al 100%, que el suelo absorba agua en el período de lluvias, propiciando que en este lugar en específico no exista gran abundancia de vegetación, como se observa en la figura 5.20.



Figura 5.20. Presencia de impermeabilizante plástico, que evita la absorción de agua al suelo durante el período de lluvias  
Fuente: Elaborada por la autora

La presencia de RC&D propicia que se acumulen en este mismo lugar, residuos sólidos urbanos, originándose principalmente la proliferación de fauna nociva como roedores e insectos, lo cual se pudo constatar al estar presente en este sitio.

### **5.2.2 Cuantificación de RC&D en el Bosque de San Juan de Aragón**

Las áreas verdes de uso público en el Distrito Federal, están ubicadas en la zona urbana de éste; entre las que se encuentran: bosques, parques, jardines, camellones, glorietas, centros recreativos y deportivos. Destacan por su importancia los bosques urbanos de Chapultepec, Aragón, Tlalpan y Nativitas (Dirección de Educación Ambiental).

Respecto al Bosque de San Juan de Aragón (BSJA), éste cuenta con una extensión territorial de 162,028 ha, situándose al norte del Distrito Federal a una altitud promedio de 2240 msnm. Se ubica dentro de los límites de la Delegación Política Gustavo A. Madero.

El Bosque mantiene una superficie importante de áreas verdes, la cual corresponde a 1,149,460 m<sup>2</sup>, siendo el 70.94% de la superficie total del bosque (Secretaría del Medio Ambiente). La siguiente figura muestra al Bosque de San Juan de Aragón.





Figura 5.21. Bosque de San Juan de Aragón  
Fuente: Secretaría del Medio Ambiente

A pesar de la cantidad de áreas verdes que posee el bosque, al visitarlo, se puede advertir el descuido que éste presenta; ya que las autoridades que lo administran no cuentan con un control adecuado de todos los factores que pueden deteriorarlo; referente al tema que se está analizando, se pudo observar en el BSJA, la presencia de RC&D; que en su mayoría, fueron residuos depositados clandestinamente durante la noche, por falta de seguridad; un porcentaje menor, fue el producto de algunas pequeñas remodelaciones o construcciones nuevas, que se llevaron a cabo dentro del parque; sin embargo, la cantidad de residuos clandestinos sobrepasa a la generación que produce la administración del bosque (Figura 5.22).



Figura 5.22. RC&D presentes en el  
Bosque de San Juan de Aragón  
Fotógrafo: Ivania Arias

Al realizar un recorrido por el BSJA, se encontraron RC&D, en varias zonas, sin embargo, sólo en dos de ellas, la cantidad era muy grande; una en las inmediaciones del lago (Zona A) y la otra en un sitio contemplado para la construcción futura de una planta de composta (Zona B); por lo que se llevó a cabo la cuantificación de residuos en estos dos sitios. La figura 5.23 indica la ubicación de los dos sitios considerados para la cuantificación y las figuras 5.24 y 5.25, muestran la presencia de RC&D en cada una de las zonas mencionadas.

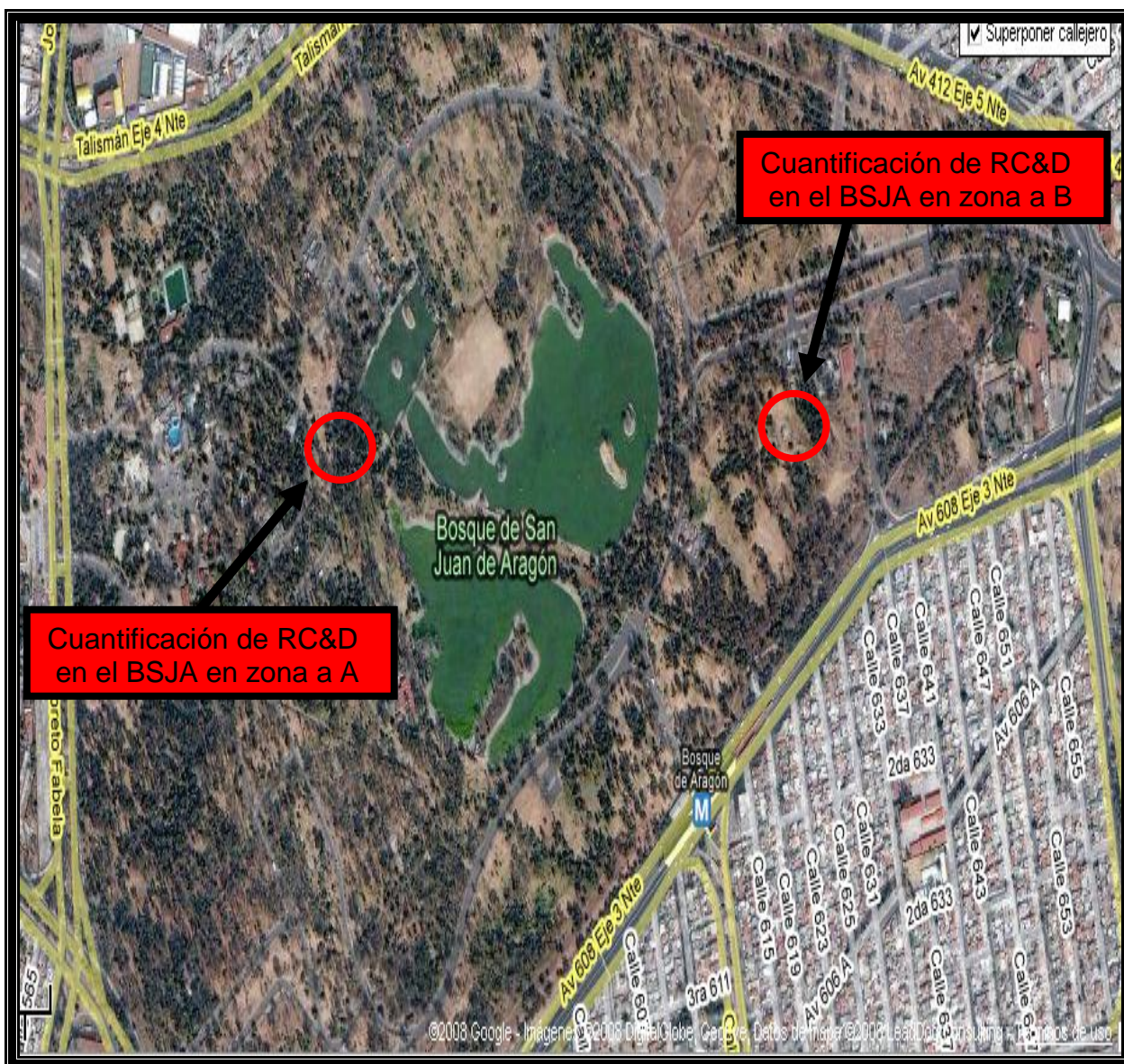


Figura 5.23. Ubicación de RC&D en la Zona A y Zona B del Bosque de San Juan de Aragón  
Fuente: Google maps



Figura 5.24. RC&D cercanos al lago del  
Bosque de San Juan de Aragón (Zona A)  
Fotógrafo: Ivania Arias



Figura 5.25. RC&D en zona contemplada para  
la construcción futura de una planta de composta  
en el Bosque de San Juan de Aragón (Zona B)  
Fotógrafo: Ivania Arias

Para determinar el volumen aproximado de los RC&D presentes, se siguió el mismo procedimiento que en la cuantificación en la Av. Antonio Delfín Madrigal, como a continuación se indica:

1. Para calcular el volumen de cada montón de RC&D fue necesario determinar, el cuerpo al que más tendencia tenía cada uno de ellos, por lo que el elemento elegido por observación, tuvo las características de una pirámide rectangular, como se muestra a continuación (figura 5.26).

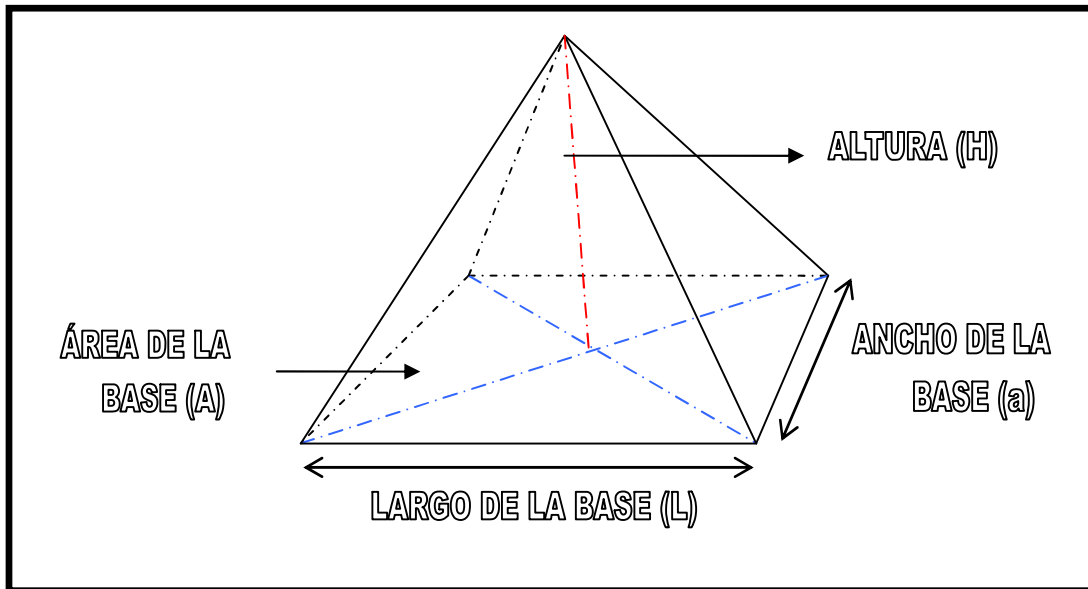


Figura 5.26. Pirámide rectangular  
Fuente: Elaborada por la autora

La ecuación que determina el volumen de la pirámide rectangular es la siguiente:

$$V = (A)(H) / 3 \dots\dots\dots \text{Ec. 5.3} \quad (\text{Kart, 1995})$$

Donde:

- V: Volumen de la pirámide rectangular [m<sup>3</sup>]
- A: Área de la base [m<sup>2</sup>]
- H: Altura [m]

El área de la base queda definida con la ecuación (5.4):

$$A = (L)(a) \dots\dots\dots \text{Ec. 5.4} \quad (\text{Kart, 1995})$$

Donde:

- L: Largo de la base [m]
- a: Ancho de la base [m]

2. Para las dos zonas señaladas en párrafos anteriores, se llevaron a cabo mediciones para diferentes tamaños de montones, registrándose con ayuda de un flexómetro, las dimensiones de las bases; es decir, largo (L) y ancho (a); así como las correspondientes alturas promedio (H), (Figura 5.27).



Figura 5.27. Medición de RC&D en la Zona A  
Fotógrafo: Ivania Arias

En la Zona A, se establecieron cuatro secciones debido a la distribución de los residuos; en cada una de estas secciones, se tomaron mediciones en planta y se determinó una altura promedio.

Las figuras 5.28 a la 5.31; comprenden los residuos ubicados en la Zona A. En el caso de la figura 5.32, se observaron 23 montones muy similares, por lo que sólo se midió uno de ellos.

Para el área que abarca la Zona B, se contabilizaron 63 montones muy parecidos (Figura 5.29).

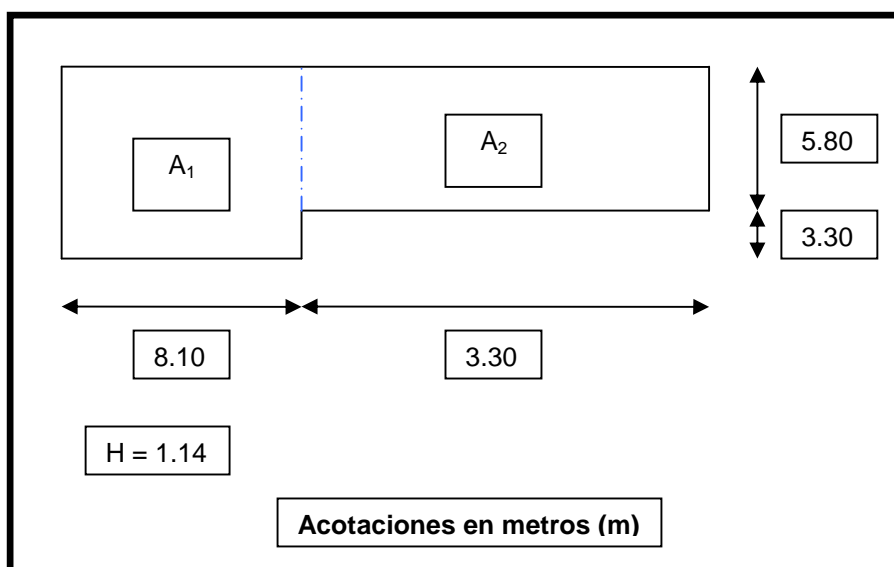


Figura 5.28. Medición de RC&D, en la Zona A, sección a  
Fuente: Elaborada por la autora

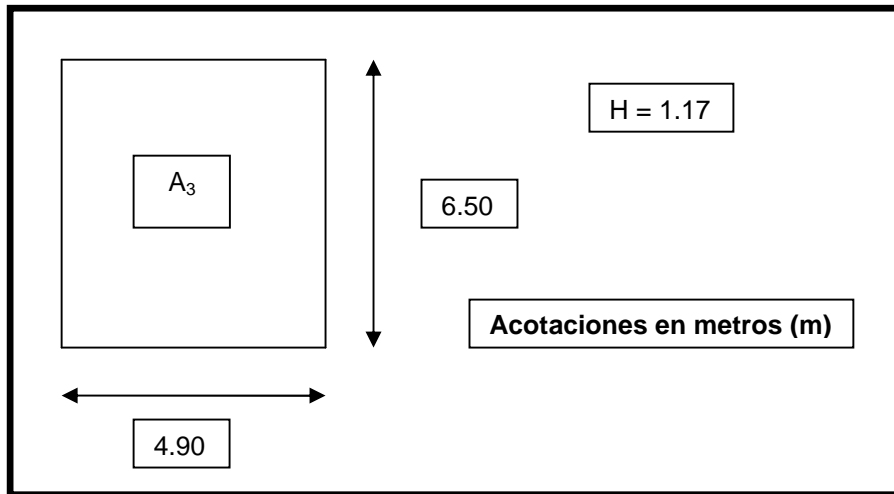


Figura 5.29. Medición de RC&D, en la Zona A, sección b  
Fuente: Elaborada por la autora

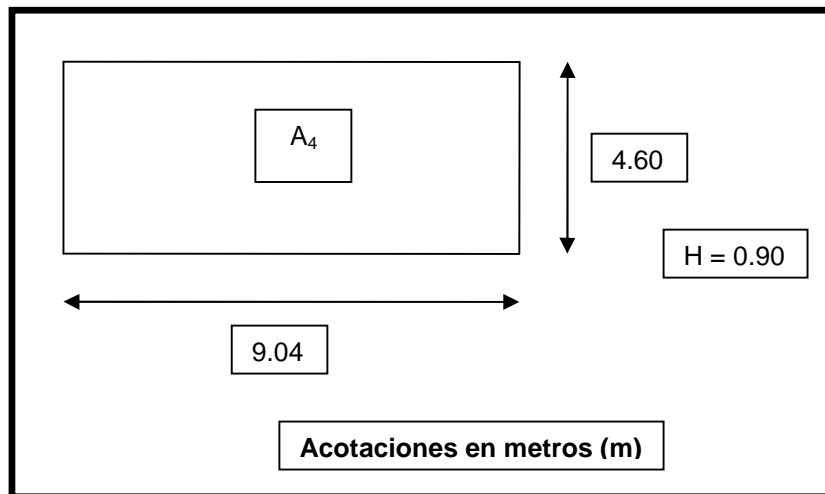


Figura 5.30. Medición de RC&D, en la Zona A, sección c  
Fuente: Elaborada por la autora

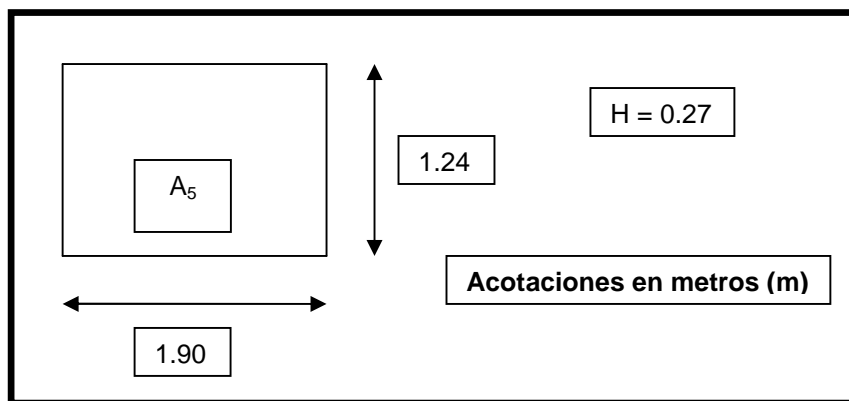


Figura 5.31. Medición de RC&D, en la Zona A, sección d  
Fuente: Elaborada por la autora

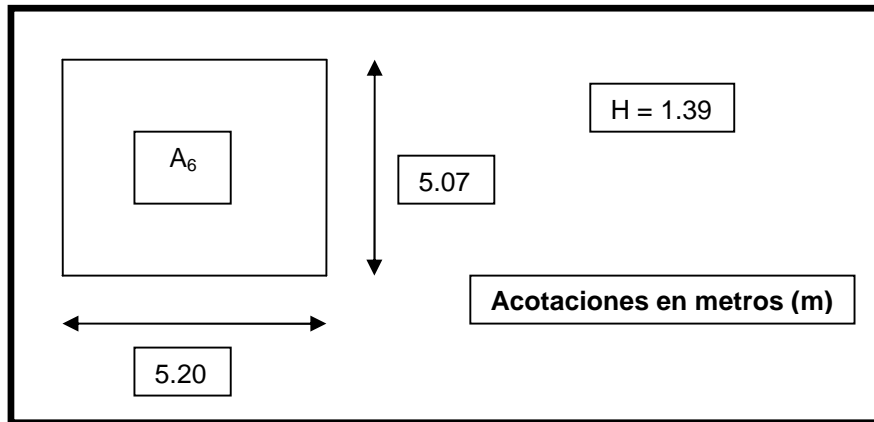


Figura 5.32. Medición de RC&D en la Zona B  
Fuente: Elaborada por la autora

Con base en las dimensiones medidas, se calculó el volumen de residuos en cada zona, como lo indica el paso número tres.

3. Utilizando las ecuaciones (5.3) y (5.4), se desarrolló la siguiente tabla de cálculo para obtener los volúmenes de RC&D en cada zona, así como el volumen total de éstos.

Tabla 5.9. Cuantificación total de RC&D presentes en el Bosque de San Juan de Aragón

Sección	Largo, L [m]	Ancho, a [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Altura, H [m]	Volúmen, V [m <sup>3</sup> ]	Número de montones	Volúmen final, Vf [m <sup>3</sup> ]
a	9.10	8.10	73.71	1.14	28.01	1	28.01
a	3.30	5.80	19.14	1.14	7.27	1	7.27
b	6.50	4.90	31.85	1.17	12.42	1	12.42
c	9.04	4.60	41.58	0.90	12.48	1	12.48
d	1.90	1.24	2.36	0.27	0.21	23	4.88
e	5.20	5.07	26.36	1.39	12.22	63	769.57
<b>Volúmen en la Zona A (correspondiente a las secciones a, b, c y d), VA [m<sup>3</sup>]</b>					<b>65.06</b>		
<b>Volúmen en la Zona B, VB [m<sup>3</sup>]</b>					<b>769.57</b>		
<b>Volúmen total = VA + VB, [m<sup>3</sup>]</b>					<b>834.62</b>		

Fuente: Elaborada por la autora

Como puede apreciarse, el volumen en la Zona A es de 65.06 m<sup>3</sup>, el volumen en la Zona B es de 769.57 m<sup>3</sup> y el volumen total alcanza los 834.62 m<sup>3</sup>.

### **5.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA INADECUADA DISPOSICIÓN DE LOS RC&D**

El manejo de los RC&D debe controlarse desde el lugar de generación; para lo cual, el gobierno debe considerar un programa de RC&D, que aporte una solución técnica, económica y ambientalmente adecuada para la gestión de estos desechos, como es el caso de la NADF-007-RNAT-2004, sin embargo, hasta la actualidad no ha podido verse la aplicación estricta de esta norma, ya que aún se observa que todos los residuos generados en las diversas actividades constructivas se desalojan en el relleno sanitario “Bordo Poniente”, por lo cual, sería conveniente que se aplicaran sanciones económicas para los generadores que no se apeguen a lo establecido en la legislación; asimismo este último punto puede aplicarse con más rigor, a aquellos entes que depositen clandestinamente sus desechos en lugares no autorizados. Con lo anterior, se controlaría el vertido inadecuado de los RC&D y por lo tanto se preservarían todos los elementos que integran el medio ambiente.



## **CAPÍTULO 6**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ACERCA DE LA CLASIFICACIÓN, COMPOSICIÓN Y RECICLAJE DE LOS RC&D**

Para establecer el mercado de recuperación de residuos de la industria de la construcción fue primordial conocer la generación y la composición de los RC&D, para determinar si los materiales con mayor porcentaje de generación son óptimos para su tratamiento y posterior consumo; a pesar de que la generación y composición de este tipo de residuos varía según la actividad constructiva y los métodos ejecutados, se pudo observar que en México, las fracciones mayoritarias corresponden a concreto, ladrillo, block y mampostería, las cuales son potencialmente reciclables para la producción de agregados, sin embargo, también se observó que existen ciertas limitantes que afectan el aprovechamiento de los RC&D, entre las que se encuentran: las técnicas de demolición utilizadas que mezclan todos los desechos producidos, contaminándolos y afectando su calidad después del tratamiento; la inadecuada regulación de la legislación para fomentar el reciclaje y la utilización posterior de los materiales tratados, la oferta de materiales vírgenes de buena calidad con precios accesibles en el mercado y las distancias recorridas por los camiones que trasladan RC&D cuando éstas son mayores a la planta de reciclaje que al sitio de disposición final.

Las dos primeras limitantes del párrafo anterior, se pueden eliminar con el uso apropiado de instrumentos regulatorios como leyes y reglamentos que incluyan información relevante acerca de los residuos de manejo especial que controlen en este caso, la gestión de los RC&D, para lo cual es necesario que se incluyan pautas para la creación de normas que rijan el manejo de este tipo de residuos; así mismo se deben analizar las contraposiciones entre las diferentes normatividades con el fin de corregir aquellas incongruencias que se presentan para brindar la correcta gestión de los residuos de la industria de la construcción.

#### **6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO**

La planta de reciclaje, al ser la única productora de agregados reciclados, representa una empresa monopólica, que impone calidad, precio y cantidad; sin embargo, gracias al estudio de mercado se obtuvo la siguiente información, que se deberá considerar para que la producción de agregados reciclados sea rentable.

La calidad de los agregados reciclados, tendrá que ser valorada según la utilización requerida, con base en ciertas normas, que señalan los parámetros que se deben cumplir. Es importante hacer notar, que la calidad puede variar, según sea el origen de los RC&D, ya que pueden provenir de una infinidad de actividades constructivas.

En cuanto a la proyección de la oferta, se determinó que a partir del 2008, ésta disminuirá, lo que implica la aplicación más estricta de la NADF-007-RNAT, de tal manera, que todos los generadores de RC&D deberán entregar sus residuos a la planta de reciclaje actual, con el fin de garantizar que se cumpla la demanda futura, que tendrá un incremento significativo en los próximos 5 años (2008 a 2012), para lo cual, la planta productora está preparada, ya que posee tecnología especializada, que le permite obtener la cantidad demandada de agregados reciclados (hasta 2,000 m<sup>3</sup>/día), con la calidad requerida.

Para la comparación del precio promedio entre los materiales vírgenes y los reciclados; se registraron variaciones muy significativas a favor de los productos reciclados, lo que garantiza, que los agregados reciclados tengan mayores posibilidades de penetración en el mercado. Por otro lado, al ser muy elevados los costos por traslado y disposición final de RC&D, se ha observado que las constructoras y las empresas transportistas desalojan sus desechos en sitios no autorizados; lo que propicia la contaminación de agua, suelo y aire; sin embargo, al hacer una comparativa entre el costo por recepción de RC&D en el relleno sanitario y la planta de reciclaje; se concluye que la mejor opción, es llevarlos a la planta, ya que presentó el costo por disposición más accesible, además de que los residuos depositados en este sitio, son tratados para su reutilización. Lo anterior se ve apoyado por las distancias de traslado de estos residuos a la planta de reciclaje, que son menores en 12 delegaciones políticas del Distrito Federal, en comparación a las distancias recorridas al Bordo Poniente, teniendo como resultado, la reducción de gastos en combustible (y por ende, disminución en la emisión de contaminantes a la atmósfera) y mantenimiento para los camiones recolectores, lo que garantiza que las empresas transportistas y constructoras posean un lugar más benéfico tanto económica como ambientalmente para abandonar sus desechos.

La planta de reciclaje, al no manejar ninguna variación de precios para distintas cantidades demandadas, origina una elasticidad – precio de la demanda unitaria, que pone en peligro la penetración exitosa en el mercado, por lo tanto, dicha empresa, debe disminuir sus precios cuando la demanda exceda de determinada cantidad.

Para la comercialización, la compañía de agregados reciclados, se enfrenta a un problema sociocultural, en donde la comunidad no acepta en su totalidad la utilización de materiales reciclados, que talvez sea por falta de conocimiento acerca de ellos, o por la creencia errónea de que cualquier material reciclado nunca puede llegar a competir con uno vírgen, por la falta de calidad del primero en comparativa con el segundo; por lo tanto ha sido necesario la promoción, utilizando publicidad y campañas de información, sin embargo, no se han visto resultados alentadores, por lo que se pretende incrementar la publicidad con el gobierno del Distrito Federal, en revistas dentro del sector de la construcción y en anuncios por radio.

La encuesta aplicada brindó una visión amplia acerca de la situación actual o futura para los agregados reciclados, con base en la opinión de los posibles consumidores, como se indica a continuación.

- El 66.7% de los consumidores desconocen a cualquier productor de agregados vírgenes, mientras que el resto conocen a más de dos. En cuanto al conocimiento de la planta de reciclaje, el 33.33% de los entrevistados la

conocen, por lo cual, se observa un notable aumento en la probabilidad de penetración en el mercado, además el 22.2% de los consumidores poseen una preferencia especial por la planta de reciclaje, ya que sus productos son más económicos y porque dicha planta contribuye a mejorar las condiciones del medio ambiente, por la disminución en la explotación de los recursos naturales y el control en la disposición de residuos. Lo anterior incrementa aún más la aceptación de los materiales reciclados.

El uso más común de los agregados es para la construcción de muros y losas, lo que implica que desde este punto de vista, la producción de material reciclado sea no rentable, ya que no se encuentran englobados para este tipo de actividad constructiva; sin embargo, las actividades mencionadas en la sección 4.2 también son usuales y pueden garantizar el uso eficiente del material reciclado; además, la demanda de agregados en general, se encuentra en constante crecimiento, lo que da grandes ventajas a la industria del agregado reciclado.

- El 88.9% de los consumidores, están decididos a utilizar agregados reciclados, ya que el costo es muy bajo en comparación con los agregados vírgenes y la calidad para determinadas actividades constructivas puede ser comparada, brindando un mercado seguro para este tipo de material, aunque por otro lado, el 66.7% cree que existen diferencias notables entre los dos tipos de materiales.
- En la actualidad es poco el consumo de agregados reciclados, que se debe incrementar con el uso intensivo de publicidad y campañas de información. De igual manera, el consumo es restringido por el mercado de agregados vírgenes, cuyo abasto es estable, lo que impide el crecimiento de los agregados reciclados.

La creación del mapa metropolitano de agentes que forman parte de la cadena comercial de los RC&D, brinda una visión amplia dentro de los próximos años (hasta el 2012), para establecer los sitios principales de generación y posible consumo de agregados reciclados.

De todos los factores analizados en el estudio de mercado, se obtienen las siguientes conclusiones generales:

- Con el crecimiento en la industria de la construcción en el país, la producción de agregados reciclados aumentará considerablemente a lo largo de los años, al igual que la demanda, que no sólo matemáticamente se observa a la alza, sino porque la encuesta aplicada al sector de la construcción muestra interés para su consumo en un alto porcentaje.
- Dado que la demanda del producto presenta una gran correlación con el PIB nacional, (aunque para su proyección se haya utilizado la tasa de inflación) esto implica que el producto se seguirá consumiendo en los niveles pronosticados, excepto sí en el país ocurriera una drástica disminución en la actividad económica. Lo anterior tendrá que ser correspondido por la oferta que garantice en su totalidad la cobertura de la demanda, para lo cual se tendrá que aplicar con más rigor la NADF-007-RNAT.

- Los RC&D reciclados para agregados, pueden promoverse en la mayoría de los sitios localizados en el mapa metropolitano, ya que varios de éstos proyectan en un alto porcentaje actividades para la construcción de vialidades y transporte, las cuales están contempladas en los posibles usos de los agregados reciclados.
- Hay que considerar que los resultados de los modelos matemáticos de pronóstico, pueden ser susceptibles a cambiar, ya que pueden ser modificados por una gran diversidad de fenómenos sociales, políticos, culturales, etc, que impacten tanto positiva como negativamente a la economía mexicana y por lo tanto a la rentabilidad futura del proyecto analizado, en este caso, de agregados reciclados.

### 6.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO AMBIENTAL

El reciclaje de los residuos de la construcción disminuyen impactos ambientales, como se muestra a continuación.

- Transporte: Considerando la sección 4.5.3, en la cual se observa que las distancias recorridas para disposición de RC&D, a la planta de reciclaje son menores que las distancias al relleno sanitario, se presenta una disminución en la contaminación del aire por los gases de escape, producto del traslado de los camiones de carga, también involucran una reducción en el nivel de ruido y vibraciones producidas durante sus recorridos; además se verá disminuido el consumo de recursos energéticos.
- Prolongación de la vida útil de los espacios de disposición final: Al reducirse la cantidad de RC&D dispuestos en los rellenos sanitarios, la vida útil de estos lugares se incrementará, garantizando con ello, que el vertido de residuos sólidos urbanos se deposite en los espacios que quedaron disponibles.
- Reúso de RC&D: Estos residuos al ser reciclados no quedan como desechos, sino que se incorporan de nuevo al ciclo de la industria de la construcción, ya que pueden ser aprovechados en diversas actividades constructivas como por ejemplo, material de cubierta en rellenos sanitarios, construcción de caminos secundarios, firmes en construcciones pequeñas, etc.; que a su vez beneficiarán económicamente a todas aquellas empresas que decidan consumirlos, al ser más baratos que los agregados vírgenes. Por otro lado, al hacer la comparativa entre impactos ambientales negativos producidos durante el proceso de explotación de agregados vírgenes y el proceso para la elaboración de agregados reciclados, éstos últimos poseen un número significativamente menor que los primeros, haciendo más factible su uso en el aspecto ambiental.
- Conservación de bancos de materiales: Al sustituir a los agregados vírgenes por los reciclados, se resguardan los espacios naturales (bancos de materiales) por la reducción en la explotación de recursos minerales, lo que propicia que la flora, la fauna, las condiciones del suelo, del agua y del aire se preserven para el bienestar del ambiente.

#### **6.4 CONCLUSIÓN GENERAL**

La metodología propuesta para el análisis de mercado de RC&D, cumplió con la revisión de factores económicos y ambientales, que determinaron la rentabilidad para la puesta en marcha del mercado de recuperación de materiales de la industria de la construcción, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

## **ANEXO 1**

### **ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

## ANEXO 1

## ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Para el análisis de la tendencia histórica de la demanda, se llevó a cabo el análisis de regresión múltiple con tres variables, que ya ha sido explicado en el capítulo 3; siendo necesario considerar como tercer variable de decisión, los indicadores del comportamiento de la economía mexicana. Para este caso, se consideraron, el Producto Interno Bruto (tabla A1.1), la tasa de inflación (tabla A1.2) y el Índice Nacional de Precios al Consumidor (tabla A1.3), cada uno de ellos, por períodos anuales.

Tabla. A1.1. Evolución del Producto Interno Bruto (PIB) 2000-2007 (Variación Porcentual Anual)

<b>Estructura</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	
<b>Periodos</b>								<b>I</b>	<b>II</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6.60</b>	<b>0.20</b>	<b>0.83</b>	<b>1.35</b>	<b>4.18</b>	<b>2.80</b>	<b>4.77</b>	<b>2.55</b>	<b>2.80</b>
<b>Agropecuario</b>	0.55	3.49	0.06	3.13	3.52	2.10	4.82	0.16	3.81
<b>Industrial</b>	6.10	3.50	0.10	0.20	4.18	1.74	4.97	0.61	0.80
Mnería	3.81	1.47	0.41	3.66	3.44	2.06	2.24	0.26	1.65
Manufacturas	6.90	3.80	0.70	1.30	3.96	1.38	4.73	0.10	0.47
Construcción	4.19	5.70	2.15	3.30	6.07	3.30	6.92	2.09	1.20
Electricidad	2.99	2.29	0.97	1.49	2.80	1.74	5.00	5.34	2.91
<b>Servicios</b>	7.34	1.21	1.56	2.07	4.39	4.01	4.89	3.70	3.69
Comercio	12.21	1.20	0.01	1.46	5.47	2.68	3.74	1.55	2.25
Transportes	9.09	3.83	1.80	4.97	9.23	7.06	9.08	7.63	7.07
Financieros	5.55	4.55	4.23	3.94	3.90	5.78	5.37	4.88	4.72
Comunales	2.89	0.30	0.90	0.60	0.62	1.85	2.78	2.08	1.89

Fuente: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)

Tabla. A1.2. Tasa de Inflación 2000-2007

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ags</b>	<b>Spt</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Promedio Anual</b>
<b>2000</b>	11.02	10.52	10.11	9.73	9.48	9.41	9.12	9.10	8.85	8.91	8.87	8.96	9.51
<b>2001</b>	8.11	7.09	7.17	7.11	6.95	6.57	5.88	5.93	6.14	5.89	5.39	4.40	6.39
<b>2002</b>	4.79	4.79	4.66	4.70	4.68	4.94	5.51	5.29	4.95	4.94	5.39	5.70	5.03
<b>2003</b>	5.16	5.52	5.64	5.25	4.70	4.27	4.13	4.04	4.04	3.96	3.98	3.98	4.56
<b>2004</b>	4.20	4.53	4.23	4.21	4.29	4.37	4.49	4.82	5.06	5.40	5.43	5.19	4.68
<b>2005</b>	4.54	4.27	4.39	4.60	4.60	4.33	4.47	3.95	3.51	3.05	2.91	3.33	4.00
<b>2006</b>	3.94	3.75	3.41	3.20	3.00	3.18	3.06	3.47	4.09	4.29	4.09	4.05	3.63
<b>2007</b>	3.98	4.11	4.21	3.99	3.95	3.98	4.14	4.03	3.79				4.02

Fuente: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados con datos del Banco de México



Tabla. A1.3. Índice Nacional de Precios al Consumidor (INCP) 2000-2007

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Spt	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
2007	121.640	121.980	122.244	122.171	121.575	121.721	122.238	122.736	123.689				122.222
2006	116.983	117.162	117.309	117.481	116.958	117.059	117.380	117.979	119.170	119.691	120.319	121.015	118.209
2005	112.554	112.929	113.438	113.842	113.556	113.447	113.891	114.027	114.484	114.765	115.591	116.301	114.069
2004	107.661	108.305	108.672	108.836	108.563	108.737	109.022	109.695	110.602	111.368	112.318	112.550	109.694
2003	103.320	103.607	104.261	104.439	104.102	104.188	104.339	104.652	105.275	105.661	106.538	106.996	104.782
2002	98.253	98.190	98.692	99.231	99.432	99.917	100.204	100.585	101.190	101.636	102.458	102.904	100.224
2001	93.765	93.703	94.297	94.772	94.990	95.215	94.967	95.530	96.419	96.855	97.220	97.354	95.424
2000	86.730	87.499	87.984	88.485	88.816	89.342	89.690	90.183	90.842	91.467	92.249	93.248	89.711

Fuente: Secretaría de Finanzas del Distrito Federal con datos del Banco de México

Para la determinación de las tablas de cálculo, fue necesario considerar las ecuaciones descritas en el capítulo 3, que se retoman nuevamente para explicar cada uno de los procesos.

A continuación se explica el procedimiento para la elaboración de las respectivas tablas:

1. En la columna 1, se indican los años, para los cuales se tiene información de la demanda.
2. La columna 2, muestra la representación simbólica de los años expresados en la columna 1.
3. La columna 3, expone la representación numérica que se le da a los años de la columna 1 (primer variable), esto con el fin de evitar el manejo de números tan grandes y por tanto, de facilitar el cálculo a lo largo de todo el procedimiento hasta la obtención de la ecuación histórica de la demanda. En esta misma columna, se obtiene el promedio ( $\bar{X}$ ) de la representación numérica ( $X_i$ ).
4. En la columna 4, se observan los datos de la demanda (segunda variable), obtenidos del subcapítulo 4.3.2. El cálculo del promedio de la demanda es representado como  $\bar{Y}$ .
5. La columna 5, registra los valores de algún indicador de la economía (tercer variable; en donde en la tabla A1.4, se realiza el cálculo con el PIB, en la tabla A1.5, se lleva a cabo el análisis con la tasa de inflación y finalmente en la tabla A1.6, se lleva a cabo el procedimiento con el INPC). El promedio de la tercer variable de decisión es caracterizado como  $\bar{Z}$ .
6. En las columnas 6, 7 y 8; se realiza la diferencia entre los datos de la primera variable menos el promedio de la misma, esto tanto para la variable tiempo (columna 6), variable demanda (columna 7) como para la variable de decisión (columna 8).
7. De las columnas 9, a la 16 (continuación de la primera tabla) pueden apreciarse, diversos cálculos llevados a cabo.
8. Las columnas 17, 18 y 19, indican el cálculo del coeficiente de correlación, utilizando las ecuaciones 3.10, 3.11 y 3.12, analizada en el capítulo 3. Las ecuaciones se observan a continuación.

El primer cálculo del coeficiente de correlación es para la variable tiempo con la demanda, el segundo es para las variables demanda e índice

económico y finalmente, el último caso, para las variables tiempo e índice econométrico.

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum (x_i)^2 \sum (y_i)^2}}$$

$$r_{xz} = \frac{\sum x_i z_i}{\sqrt{\sum (x_i)^2 \sum (z_i)^2}}$$

$$r_{yz} = \frac{\sum y_i z_i}{\sqrt{\sum (y_i)^2 \sum (z_i)^2}}$$

9. Las columnas 20 y 21, sólo representan el cuadrado de las columnas 18 y 19.
10. Finalmente, la columna 22, muestra el cálculo final de la correlación entre las tres variables analizadas, para determinar el grado en el que éstas se relacionan, el procedimiento queda determinado por la ecuación 3.9, la cual se indica a continuación.

$$r_{xyz} = \frac{r_{xy} - (r_{xz})(r_{yz})}{\sqrt{[1 - (r_{xz})^2][1 - (r_{xy})^2]}}$$

El proceso completo, basado en los puntos anteriores, se puede observar en las tablas A1.4, A1.5 y A1.6.

Tabla. A1.4. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión Producto Interno Bruto (PIB)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO							
AÑO	AÑO DE LA DEMANDA HISTÓRICA	Xi	DEMANDA (Yi) Ton DE MATERIAL	PIB (Zi)	xi = Xi - X	yi = Yi - Y	zi = Zi - Z
2005	A1	0	22301.50	2.80	-1.00	-25128.00	-0.66
2006	A2	1	44603.00	4.77	0.00	-2826.50	1.31
2007	A3	2	75384.00	2.80	1.00	27954.50	-0.66
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>142288.50</b>	<b>10.37</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>47429.50</b>	<b>3.46</b>			

Tabla. A1.4. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión Producto Interno Bruto (PIB) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO BRUTO							
(xi)^2	(yi)^2	(zi)^2	xiyi	xizi	yizi	xiYi	Yizi
1.000	631416384.000	0.431	25128.00	0.66	16584.48	-22301.50	-14718.99
0.000	7989102.250	1.725	0.00	0.00	-3702.72	0.00	58429.93
1.000	781454070.250	0.431	27954.50	-0.66	-18449.97	75384.00	-49753.44
<b>2.000</b>	<b>1420859556.500</b>	<b>2.587</b>	<b>53082.50</b>	<b>0.00</b>	<b>-5568.21</b>	<b>53082.50</b>	<b>-6042.50</b>

Tabla. A1.4. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión  
Producto Interno Bruto (PIB) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB), CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
rXY	rYZ	rXZ	r <sup>2</sup> (YZ)	r <sup>2</sup> (XZ)	rXYZ
0.996	-0.092	0.000	0.0084	0.0000	1.0000

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla. A1.5. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN							
AÑO	AÑO DE LA DEMANDA HISTÓRICA	xi	DEMANDA (Yi) Ton DE MATERIAL	TASA DE INFLACIÓN (Zi)	xi = Xi - X	yi = Yi - Y	zi = Zi - Z
2005	A1	0	22301.50	4.00	-1.00	-25128.00	0.12
2006	A2	1	44603.00	3.63	0.00	-2826.50	-0.25
2007	A3	2	75384.00	4.02	1.00	27954.50	0.14
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>142288.50</b>	<b>11.65</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>47429.50</b>	<b>3.88</b>			

Tabla. A1.5. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN							
(xi) <sup>2</sup>	(yi) <sup>2</sup>	(zi) <sup>2</sup>	xiyi	xizi	yizi	xiYi	Yizi
1.000	631416384.000	0.014	25128.00	-0.12	-3015.36	-22301.50	2676.18
0.000	7989102.250	0.064	0.00	0.00	706.63	0.00	-11150.75
1.000	781454070.250	0.019	27954.50	0.14	3913.63	75384.00	10553.76
<b>2.000</b>	<b>1420859556.500</b>	<b>0.096</b>	<b>53082.50</b>	<b>0.02</b>	<b>1604.90</b>	<b>53082.50</b>	<b>2079.19</b>

Tabla. A1.5. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN, CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
rXY	rYZ	rXZ	r <sup>2</sup> (YZ)	r <sup>2</sup> (XZ)	rXYZ
0.996	0.137	0.046	0.0188	0.0021	1.0000

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla. A1.6. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (INPC)							
AÑO	AÑO DE LA DEMANDA HISTÓRICA	$X_i$	DEMANDA (Y <sub>i</sub> ) Ton DE MATERIAL	INPC (Z <sub>i</sub> )	$x_i = X_i - X$	$y_i = Y_i - Y$	$z_i = Z_i - Z$
2005	A1	0	22301.50	114.07	-1.00	-25128.00	-4.10
2006	A2	1	44603.00	118.21	0.00	-2826.50	0.04
2007	A3	2	75384.00	122.22	1.00	27954.50	4.06
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>142288.50</b>	<b>354.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>47429.50</b>	<b>118.17</b>			

Tabla. A1.6. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (INPC)							
$(x_i)^2$	$(y_i)^2$	$(z_i)^2$	$x_i y_i$	$x_i z_i$	$y_i z_i$	$x_i Y_i$	$Y_i z_i$
1.000	631416384.000	16.791	25128.00	4.10	103024.80	-22301.50	-91436.15
0.000	7989102.250	0.002	0.00	0.00	-113.06	0.00	1784.12
1.000	781454070.250	16.446	27954.50	4.06	113495.27	75384.00	306059.04
<b>2.000</b>	<b>1420859556.500</b>	<b>33.238</b>	<b>53082.50</b>	<b>8.15</b>	<b>216407.01</b>	<b>53082.50</b>	<b>216407.01</b>

Tabla. A1.6. Análisis de la Demanda, con el factor de decisión Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA DEMANDA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (INPC), CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
$r_{XY}$	$r_{YZ}$	$r_{XZ}$	$r^2(YZ)$	$r^2(XZ)$	$r_{XYZ}$
0.996	0.996	1.000	0.9916	0.9999	0.0073

Fuente: Elaborada por la autora

El coeficiente de correlación que muestra un mayor grado de relación, es el que se calculó considerando como factor de decisión el PIB y la tasa de inflación, obteniéndose un valor igual a 1 lo que indica que la correlación es perfecta y se ajusta a una línea recta. Lo anterior, expresa, que a una variación determinada de X (tiempo), corresponde una variación exactamente proporcional sobre Y (demanda); sin embargo hay que tomar en cuenta que éste, es sólo un modelo matemático de pronóstico, el cual puede ser susceptible a cambiar, ya que puede ser modificado por una gran diversidad de fenómenos sociales, que impacten tanto positiva como negativamente a la economía mexicana.

Al tenerse dos modelos, uno para el PIB y otro para la tasa de inflación, será necesario elegir, el que sea más conservador; es decir, el que indique la presencia de una demanda pronosticada apropiada (la demanda más pequeña); para su elección será necesario desarrollar la ecuación de la tendencia histórica de la demanda para las dos variables de decisión (PIB y tasa de inflación) y al sustituir los valores pronosticados para los próximos 5 años, poder elegir, la ecuación definitiva.

El procedimiento para el desarrollo de las ecuaciones de tendencia histórica de la demanda, tanto para el PIB, como para la tasa de inflación, se muestran a continuación;

a) PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB)

Los datos necesarios para la determinación de la ecuación de la tendencia histórica de la demanda, se extrajeron de la tabla A.1.4.

$$\sum Y_i x_i = 53082.50$$

$$\sum Y_i z_i = -6042.5$$

$$\sum (x_i)^2 = 2$$

$$\sum (z_i)^2 = 2.587$$

$$\sum x_i z_i = 0$$

$$\bar{X}_{\text{promedio}} = 1$$

$$\bar{Y}_{\text{promedio}} = 47429.50$$

$$\bar{Z}_{\text{promedio}} = 3.46$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 3.7

$$\sum Y_i x_i = \beta \sum (x_i)^2 + \delta \sum (x_i z_i)$$

$$53082.50 = 2\beta + (0)\delta$$

$$53082.50 = 2\beta$$

$$\beta = 53082.50 / 2$$

$$\beta = 26541.25$$

Sustituyendo el valor de  $\beta$ , en la ecuación 3.8

$$\sum Y_i z_i = \beta \sum (x_i z_i) + \delta \sum (z_i)^2$$

$$-6042.50 = (0)\beta + 2.587\delta$$

$$-6042.50 = 2.587\delta$$

$$\delta = -6042.50 / 2.587$$

$$\delta = -2335.72$$

Sustituyendo  $\beta$  y  $\delta$  en la ecuación 3.5

$$Y = \bar{Y} + \beta X - \beta \bar{X} + \delta Z - \delta \bar{Z}$$

Donde:

$$\bar{X} = \text{Promedio de la variable } X_i$$

$$\bar{Y} = \text{Promedio de la variable } Y_i$$

$$\bar{Z} = \text{Promedio de la variable } Z_i$$

$$Y = 47429.50 + 26541.25 X - 26541.25 (1) - 2335.72 Z + 2335.72 (3.46)$$

$$Y = 47429.50 + 26541.25 X - 26541.25 - 2335.72 Z + 8081.59$$

$$Y = 26541.25X - 2335.72 Z + 28969.84$$

La ecuación anterior muestra la tendencia histórica de la demanda para el factor de decisión PIB.

## b) TASA DE INFLACIÓN

Todos los pasos llevados a cabo en el a), serán los mismos, para obtener el modelo de la demanda histórica, considerando la tasa de inflación.

Los datos necesarios para el procedimiento son los siguientes:

$$\sum Y_{ixi} = 53082.50$$

$$\sum Y_{izi} = 2079.19$$

$$\sum (x_i)^2 = 2$$

$$\sum (z_i)^2 = 0.096$$

$$\sum x_i z_i = 0.02$$

$$X_{\text{promedio}} = 1$$

$$Y_{\text{promedio}} = 47429.50$$

$$Z_{\text{promedio}} = 3.88$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 3.7

$$53082.50 = 2\beta + 0.02\delta$$

Sustituyendo los mismos valores en la ecuación 3.8

$$2079.19 = 0.02\beta + 0.096\delta$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, para obtener los valores correspondientes de  $\beta$  y  $\delta$ .

$$(53082.50)(0.02) = (2\beta + 0.02\delta)(0.02)$$

$$(2079.19)(-2) = (0.02\beta + 0.096\delta)(-2)$$

$$1061.65 = 0.04\beta + 0.0004\delta$$

$$-4158.38 = -0.04\beta - 0.192\delta$$

Sumando las dos ecuaciones anteriores:

$$-3096.73 = -0.1916\delta$$

$$\delta = -3096.73 / -0.1916$$

$$\delta = 16162.47$$

Obteniendo el valor de  $\beta$

$$53082.50 = 2\beta + (0.02)(16162.47)$$

$$53082.50 = 2\beta + 323.25$$

$$\beta = (53082.50 - 323.25) / 2$$

$$\beta = 26379.63$$

Sustituyendo  $\beta$  y  $\delta$  en la ecuación 3.5

$$Y = 47429.50 + 26379.63 X - 26379.63 (1) + 16162.47 Z - 16162.47 (3.88)$$

$$Y = 47429.50 + 26379.63 X - 26379.63 + 16162.47 Z - 62710.38$$

$$Y = 26379.63 X + 16162.47 Z - 41660.51$$

La ecuación anterior muestra la tendencia histórica de la demanda para el factor de decisión tasa de inflación.

### FACTORES DE DECISIÓN PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Para obtener la proyección de la demanda a cinco años, fue necesario investigar, el PIB y la tasa de inflación proyectados a partir del año 2008 y hasta el 2012, como se indica en la tabla A1.7.

Tabla. A1. 7. Plan Nacional de Desarrollo  
(Marco Macroeconómico 2008-2012)

AÑO	PIB	TASA DE INFLACIÓN
2008	3.50	3.00
2009	3.60	3.00
2010	3.60	3.00
2011	3.60	3.00
2012	3.60	3.00

Fuente. Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Con los datos anteriores del PIB y la tasa de inflación, que representan a la variable Z y considerando como tiempo, los años 2008 al 2012 (los años consecutivos que van desde el año 3 hasta el 7, cuya representación es desde D1 hasta D5, respectivamente); se determina la proyección esperada de la demanda para este período, obteniéndose los siguientes valores, como se indican en la tabla A1.8

Tabla. A1.8. Proyección de la demanda, considerando el PIB y la Tasa de Inflación, como la tercer variable de decisión

AÑO	AÑO DE LA DEMANDA PROYECTADA	AÑO CONSECUTIVO PARA LAS PROYECCIONES (X)	PIB (Z)	TASA DE INFLACIÓN (Z)	DEMANDA ESPERADA (Y) EN TON, CONSIDERANDO EL PIB	DEMANDA ESPERADA (Y) EN TON, CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN
2008	D1	3	3.50	3.00	100418.57	85965.79
2009	D2	4	3.60	3.00	126726.248	112345.42
2010	D3	5	3.60	3.00	153267.498	138725.05
2011	D4	6	3.60	3.00	179808.748	165104.68
2012	D5	7	3.60	3.00	206349.998	191484.31

Fuente: Elaborada por la autora

Como se observa, la demanda más segura es la representada por la tasa de inflación, ya que su variación es más pequeña en comparación con la del PIB, por lo tanto, se acepta como la ecuación de la tendencia histórica de la demanda a la que está relacionada con el factor de decisión tasa de inflación.



**ANEXO 2**

**FORMATO DE LA ENCUESTA**

**ANEXO 2****FORMATO DE LA ENCUESTA**

El tamaño de la muestra fue de 9 empresas consumidoras de agregados.

La encuesta consta de 16 preguntas, de las cuales 3 son abiertas.

Este cuestionario se aplicó en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

El formato de la encuesta aplicada se muestra a continuación.

**RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA:****GIRO COMERCIAL:****NOMBRE DEL ENTREVISTADO:****PUESTO Y ACTIVIDAD QUE REALIZA EL ENTREVISTADO:****FECHA:**

La finalidad del cuestionario es conocer las expectativas del mercado de agregados reciclados.

De acuerdo a su experiencia en la empresa, marque con una "X" dentro de los cuadros, la respuesta más adecuada, para lo que se le pregunta.

1. ¿Cuántas minas (empresas) productoras de agregados vírgenes conoce?

Ninguna  Una  Dos  Más de dos

2. ¿Conoce a la empresa Concretos Reciclados, productora de agregados reciclados?

Sí  No

3. ¿Posee alguna preferencia para las empresas mencionadas en el punto número 1 y el punto número dos?

Sí  No

4. Si la respuesta anterior fue afirmativa, mencione a la empresa e indique ¿Por qué la prefiere?

---

---

---

---

5. Especifique el uso más frecuente para los agregados, con base en la siguiente información: (Marcando con el número 8 el uso más común y con el número 1 es menos común).

Muros y losas	
Terraplenes	
Sub-bases	
Plantilla para tubería	
Cubierta en relleno sanitario	
Andadores y ciclopistas	
Relleno de oquedades y cavernas	
Bases para guarniciones, banquetas y firmes	

6. ¿La demanda de este tipo de material, es continua?

Sí  No

7. ¿Cree usted, que los agregados reciclados puedan sustituir a los agregados vírgenes para cierto tipo de construcciones?

Sí  No

8. ¿Utilizaría agregados reciclados?

Sí  No

9. ¿Por qué utilizaría agregados reciclados?

Mayor confiabilidad	
Calidad similar a los materiales vírgenes	
Menor costo	

Otro

---

10. ¿Considera que existe(n) diferencia(s) notable(s) en la calidad de los agregados reciclados y los vírgenes para las actividades constructivas enlistadas en el punto 5?

Sí  No

11. Actualmente, ¿qué tipo de agregado consume su empresa?

Reciclado  Virgen

12. ¿El abasto de los agregados actualmente consumidos, cubre los volúmenes que su empresa requiere?

Sí  No

13. ¿Considera que los tiempos de entrega del material son adecuados?

Sí  No

14. En el caso de haber contestado que no, la pregunta anterior; indique la(s) razón(es) que interfieran con la entrega del material.

---



---



---

15. ¿Cómo considera los precios de las empresas productoras de agregados vírgenes? <sup>1</sup>

Económicos  Elevados  Aceptables

16. ¿Cómo considera los precios de la empresa productora de agregados reciclados? <sup>1</sup>

Económicos  Elevados  Aceptables

## Resultados y conclusiones de la encuesta

1. Número de empresas productoras de agregados vírgenes que se conocen

Número de empresas	Frecuencia	Porcentaje (%)
Ninguna	6	66.67
Una	0	0.00
Dos	0	0.00
Más de dos	3	33.33
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

2. Conocimiento de la empresa Concretos Reciclados (productora de agregados reciclados)

Conocimiento de la empresa	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	3	33.33
No	6	66.67
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

En cuanto al conocimiento de la planta de reciclaje, se observa una tendencia adecuada, ya que la empresa es relativamente reciente y ya algunos entes, tienen conocimiento acerca de ella.

<sup>1</sup> Se anexó a la encuesta la tabla 4.5.1, en donde se aprecian los precios de agregados con cuatro granulometrías diferentes (1/4", 3/8", 3/4" y 3"), tanto para empresas productoras de material virgen como para la empresa productora de material reciclado.

## 3. Preferencia de empresas

Preferencia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	2	22.22
No	7	77.78
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

## 4. Empresas preferidas y la razón por las que se eligen

Empresas Preferidas	Frecuencia	Porcentaje (%)
Concretos Reciclados S.A de C.V	2	22.22
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>22.22</b>

Dos de las empresas encuestadas (22.22%) eligieron a la compañía recicladora, ya que mencionan que en primer instancia, los productos son más económicos y en segundo término porque esta planta contribuye a mejorar el medio ambiente, al sustituir a los agregados vírgenes por los reciclados y al disminuir la explotación en los bancos de materiales; ya que el agotamiento de los materiales vírgenes se hace cada vez más notable.

## 5. Uso más frecuente para los agregados

Uso	Empresa								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Muros y losas	8	1	8	8	5	8	8	1	8
Terraplenes	2	4	6	7	4	7	5	5	7
Sub-bases	1	3	5	5	3	1	4	6	3
Plantilla para tubería	7	7	1	6	8	2	6	8	5
Cubierta en relleno sanitario	3	8	7	2	2	4	7	7	1
Andadores y ciclistas	6	6	2	4	6	6	2	3	6
Relleno de oquedades y cavernas	4	5	3	1	7	5	3	4	4
Bases para guarniciones, banquetas y firmes	5	2	4	3	1	3	1	2	2

En este caso, el uso más común de agregados por parte de las empresas que contestaron la encuesta, es para la construcción de muros y losas, por lo que la producción de material reciclado puede ser no rentable, sin embargo las restantes actividades constructivas también son usuales y por tanto garantizan el uso eficiente del agregado reciclado.

## 6. Continuidad de la demanda

Demanda continua	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	6	66.67
No	3	33.33
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

La continuidad de agregados va en constante crecimiento (66.67%), según las frecuencias observadas en esta tabla, por tanto, nuevamente, la empresa recicladora posee grandes ventajas para seguir desarrollándose.

7. Sustitución de agregados vírgenes por agregados reciclados, para cierto tipo de actividades constructivas.

Sustitución de agregados	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	9	100.00
No	0	0.00
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

Todas las empresas, creen en la alternativa para el uso de materiales reciclados; que es un punto a favor para la factibilidad de este producto.

8. Posibilidad de utilización de agregados reciclados

Utilización de agregado reciclado	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	8	88.89
No	1	11.11
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

Con esta pregunta, queda claro, que el 88.89% de las empresas, están decididas a utilizar agregados reciclados, brindando un mercado seguro para este tipo de producción.

9. Razón del uso del agregado reciclado

Razón del uso	Frecuencia	Porcentaje (%)
Mayor confiabilidad	0	0.00
Calidad similar a los materiales vírgenes	0	0.00
Menor costo	9	100.00
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

En cuanto al precio, todas las empresas coincidieron en que es económico, lo que implica la posibilidad de un consumo elevado, en un futuro no muy lejano.

Algunas empresas señalaron que lo que rige el uso de los materiales reciclados, es el costo, el cual es muy bajo en comparación con los agregados vírgenes, y en cuanto a la calidad para determinadas actividades constructivas, puede ser prácticamente igual para ambos materiales, por lo cual, la calidad puede ser otro factor de importancia a considerar; que inclusive puede actuar conjuntamente con el costo.

## 10. Diferencias notables en la calidad de los agregados reciclados y vírgenes.

Diferencia en calidad	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	6	66.67
No	3	33.33
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

## 11. Tipo de agregado consumido actualmente

Agregado consumido	Frecuencia	Porcentaje (%)
Reciclado	0	0.00
Vírgen	8	100.00
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100.00</b>

A pesar de las respuestas tan favorables que se observan, aún se siguen consumiendo agregados vírgenes, en este caso, se debe incrementar el uso de campañas de información y publicidad para dar a conocer el producto y sus beneficios (económicos y ambientales).

(En esta pregunta, una empresa se abstuvo de contestar).

## 12. El abasto cubre los volúmenes requeridos

Abasto cubierto	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	9	100.00
No	0	0.00
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

Actualmente, el mercado de agregados reciclados, se enfrenta al problema de estabilidad en el abasto por parte del mercado de materiales vírgenes, lo que frena el crecimiento del primero.

## 13. Tiempos de entrega prometido

Tiempo de entrega adecuado	Frecuencia
Sí	7
No	2
<b>Total</b>	<b>9</b>

## 14. Razones que interfieren con la entrega del material

Entre las razones mencionadas se encuentran; el tráfico vehicular en la zona metropolitana de la Ciudad de México, la lejanía de los bancos de materiales vírgenes y la falta de disponibilidad de transporte. Estos aspectos también pueden afectar al mercado de agregados reciclados.

## 15. Consideración de precios para los agregados vírgenes

Precios	Frecuencia	Porcentaje (%)
Económicos	1	11.11
Elevados	2	22.22
Aceptables	6	66.67
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

## 16. Consideración de precios para los agregados reciclados

Precios	Frecuencia	Porcentaje (%)
Económicos	7	77.78
Elevados	1	11.11
Aceptables	1	11.11
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100.00</b>

Nuevamente se hace hincapié en que, los productos reciclados, al tener precios más económicos, pueden incrementar considerablemente su demanda, en comparación a los materiales vírgenes.



**ANEXO 3**  
**ANÁLISIS DE LA OFERTA**

## ANEXO 3

## ANÁLISIS DE LA OFERTA

Para el análisis de la tendencia histórica de la oferta, se llevó a cabo el mismo método que para el de la demanda (análisis de regresión múltiple con tres variables), considerando nuevamente como la tercer variable de decisión, los indicadores del comportamiento de la economía mexicana, (PIB, tasa de inflación e INPC), cuyas tablas se localizan en el anexo 1.

Para la elaboración del análisis de la oferta, se desarrollaron las tablas A3.1, A3.2 y A3.3, cuyo procedimiento ya se ha mencionado.

Tabla. A3.1. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Producto Interno Bruto (PIB)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO							
AÑO	AÑO DE LA OFERTA HISTÓRICA	$X_i$	OFERTA (Yi) Ton DE MATERIAL	PIB (Zi)	$x_i = X_i - X$	$y_i = Y_i - Y$	$z_i = Z_i - Z$
2005	B1	0	44603.00	2.80	-1.00	13925.50	-0.66
2006	B2	1	22301.50	4.77	0.00	-8376.00	1.31
2007	B3	2	25128.00	2.80	1.00	-5549.50	-0.66
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>92032.50</b>	<b>10.37</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>30677.50</b>	<b>3.46</b>			

Tabla. A3.1. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Producto Interno Bruto (PIB) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO BRUTO							
$(x_i)^2$	$(y_i)^2$	$(z_i)^2$	$x_i y_i$	$x_i z_i$	$y_i z_i$	$x_i Y_i$	$Y_i z_i$
1.000	193919550.250	0.431	-13925.50	0.66	-9190.83	-44603.00	-29437.98
0.000	70157376.000	1.725	0.00	0.00	-10972.56	0.00	29214.97
1.000	30796950.250	0.431	-5549.50	-0.66	3662.67	25128.00	-16584.48
<b>2.000</b>	<b>294873876.500</b>	<b>2.587</b>	<b>-19475.00</b>	<b>0.00</b>	<b>-16500.72</b>	<b>-19475.00</b>	<b>-16807.49</b>

Tabla. A3.1. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Producto Interno Bruto (PIB) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB), CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
$r_{XY}$	$r_{YZ}$	$r_{XZ}$	$r^2(YZ)$	$r^2(XZ)$	$r_{XYZ}$
-0.802	-0.597	0.000	0.3569	0.0000	-1.0000

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla. A3.2. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN							
AÑO	AÑO DE LA OFERTA HISTÓRICA	$X_i$	OFERTA ( $Y_i$ ) Ton DE MATERIAL	TASA DE INFLACIÓN ( $Z_i$ )	$x_i = X_i - X$	$y_i = Y_i - Y$	$z_i = Z_i - Z$
2005	B1	0	44603.00	4.00	-1.00	13925.50	0.12
2006	B2	1	22301.50	3.63	0.00	-8376.00	-0.25
2007	B3	2	25128.00	4.02	1.00	-5549.50	0.14
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>92032.50</b>	<b>11.65</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>30677.50</b>	<b>3.88</b>			

Tabla. A3.2. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN							
$(x_i)^2$	$(y_i)^2$	$(z_i)^2$	$x_i y_i$	$x_i z_i$	$y_i z_i$	$x_i Y_i$	$Y_i z_i$
1.000	193919550.250	0.014	-13925.50	-0.12	1671.06	-44603.00	5352.36
0.000	70157376.000	0.064	0.00	0.00	2094.00	0.00	-5575.38
1.000	30796950.250	0.019	-5549.50	0.14	-776.93	25128.00	3517.92
<b>2.000</b>	<b>294873876.500</b>	<b>0.096</b>	<b>-19475.00</b>	<b>0.02</b>	<b>2988.13</b>	<b>-19475.00</b>	<b>3294.90</b>

Tabla. A3.2. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Tasa de Inflación (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN, CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
$r_{XY}$	$r_{YZ}$	$r_{XZ}$	$r^2(YZ)$	$r^2(XZ)$	$r_{XYZ}$
-0.802	0.560	0.046	0.3139	0.0021	-1.0000

Fuente: Elaborada por la autora

Tabla. A3.3. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión  
Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (INCP)							
AÑO	AÑO DE LA OFERTA HISTÓRICA	$X_i$	OFERTA ( $Y_i$ ) Ton DE MATERIAL	INCP ( $Z_i$ )	$x_i = X_i - X$	$y_i = Y_i - Y$	$z_i = Z_i - Z$
2005	B1	0	44603.00	114.07	-1.00	13925.50	-4.10
2006	B2	1	22301.50	118.21	0.00	-8376.00	0.04
2007	B3	2	25128.00	122.22	1.00	-5549.50	4.06
<b>SUMA</b>		<b>3</b>	<b>92032.50</b>	<b>354.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>1</b>	<b>30677.50</b>	<b>118.17</b>			

Tabla. A3.3. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL							
(xi)^2	(yi)^2	(zi)^2	xiyi	xizi	yizi	xiYi	Yizi
1.000	193919550.250	16.791	-13925.50	4.10	-57094.55	-44603.00	-182872.30
0.000	70157376.000	0.002	0.00	0.00	-335.04	0.00	892.06
1.000	30796950.250	16.446	-5549.50	4.06	-22530.97	25128.00	102019.68
<b>2.000</b>	<b>294873876.500</b>	<b>33.238</b>	<b>-19475.00</b>	<b>8.15</b>	<b>-79960.56</b>	<b>-19475.00</b>	<b>-79960.56</b>

Tabla. A3.3. Análisis de la Oferta, con el factor de decisión Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) (Continuación)

ANÁLISIS DE LA OFERTA CONSIDERANDO EL ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (INCP), CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
rXY	rYZ	rXZ	r^2(YZ)	r^2(XZ)	rXYZ
-0.802	-0.808	0.999	0.6523	0.9980	1.0000

Fuente: Elaborada por la autora

El coeficiente de correlación que muestra un mayor grado de relación, es el que se calculó considerando como factor de decisión el INPC, obteniéndose un valor igual a 1, que como ya se indicó, representa una correlación perfecta, ajustada a una línea recta, que al igual que la demanda puede variar dependiendo del comportamiento de la economía del país.

Con base en la información anterior, se elaboró la ecuación de la tendencia histórica de la oferta, como se muestran a continuación;

Los datos necesarios para la determinación del modelo de la oferta, se extrajeron de la tabla A.3.3:

$$\begin{aligned}\sum Yixi &= -19475 \\ \sum Yizi &= -79960.56 \\ \sum (xi)^2 &= 2 \\ \sum (zi)^2 &= 33.238 \\ \sum xizi &= 8.15 \\ X_{\text{promedio}} &= 1 \\ Y_{\text{promedio}} &= 30677.50 \\ Z_{\text{promedio}} &= 118.17\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 3.7 y 3.8

$$\sum Yi xi = \beta \sum (xi)^2 + \delta \sum (xi zi)$$

$$\sum Yi zi = \beta \sum (xi zi) + \delta \sum (zi)^2$$

$$-19475 = 2\beta + 8.15\delta$$

$$-79960.56 = 8.15\beta + 33.238\delta$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, para obtener los valores correspondientes de  $\beta$  y  $\delta$ .

$$(-19475)(8.15) = (2\beta + 8.15\delta)(8.15)$$

$$(-79960.56)(-2) = (8.15\beta + 33.238\delta)(-2)$$

$$-158721.25 = 16.30\beta + 66.42\delta$$

$$159921.12 = -16.30\beta - 66.47\delta$$

Sumando las dos ecuaciones anteriores:

$$1199.87 = -0.05\delta$$

$$\delta = 1199.87 / -0.05$$

$$\delta = -23997.4$$

Obteniendo el valor de  $\beta$

$$-19475 = 2\beta + (8.15)(-23997.4)$$

$$-19475 = 2\beta - 195578.81$$

$$\beta = (-19475 + 195578.81) / 2$$

$$\beta = 88051.91$$

Sustituyendo  $\beta$  y  $\delta$  en la ecuación 3.5

$$Y = \bar{Y} + \beta X - \beta \bar{X} + \delta Z - \delta \bar{Z}$$

$$Y = 30677.50 + 88051.91 X - 88051.91 (1) - 23997.4 Z + 23997.4 (118.17)$$

$$Y = 30677.50 + 88051.91 X - 88051.91 - 23997.4 Z + 2835772.76$$

$$Y = 88051.91 X - 23997.4 Z + 2778398.35$$

La ecuación anterior muestra la tendencia histórica de la oferta para el factor de decisión INPC.

## FACTORES DE DECISIÓN PARA LA PROYECCIÓN DE LA OFERTA

Para obtener la proyección de la oferta a cinco años, fue necesario investigar, el INPC proyectado a partir del año 2008 y hasta el 2012, como se indica en la tabla A3.4.

Tabla. A3.4. Plan Nacional de Desarrollo  
(Marco Macroeconómico 2008-2012)

AÑO	INPC
2008	125.889
2009	129.665
2010	133.555
2011	137.562
2012	1441.689

Fuente. Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Con los datos anteriores del INPC, que representa a la variable Z y considerando como tiempo, los años 2008 al 2012 (los años consecutivos que van desde el año 3 hasta el año 7, cuya representación es desde O1 hasta O5, respectivamente); se determina la proyección esperada de la oferta para este período, obteniéndose los siguientes valores, como se muestra en la tabla A3.5.

Tabla. A3.5. Proyección de la oferta, considerando el INPC, como tercer variable de decisión

PROYECCIONES DE LA OFERTA				
AÑO	AÑO DE LA OFERTA PROYECTADA	AÑO CONSECUTIVO PARA LAS PROYECCIONES (X)	INPC (Z)	PROYECCIÓN DE LA OFERTA CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN
2008	O1	3	125.89	21521.39
2009	O2	4	129.67	18863.13
2010	O3	5	133.56	13565.16
2011	O4	6	137.56	5627.47
2012	O5	7	141.69	-5429.89

Fuente: Elaborada por la autora

En la tabla anterior, para el año 2012, aparece una oferta negativa, que implica, que la cantidad de producto reciclado, no será suficiente para contrarrestar a la demanda solicitada para ese mismo período, ni para los períodos posteriores, por lo que se requiere del apoyo gubernamental para que la cantidad de materia prima requerida cubra la capacidad instalada que posee la planta actual, con el fin de garantizar la existencia de material disponible; sin embargo, se debe considerar que dicha capacidad, que asciende a 2000 m<sup>3</sup> diarios, en cierto momento será obsoleta, requiriéndose la instalación de un mayor número de plantas de reciclaje, lo cual se logrará con el apoyo antes mencionado.

**ANEXO 4**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS**

## ANEXO 4

## ANÁLISIS DE PRECIOS

La comparativa de precios entre los materiales vírgenes y reciclados, se llevó a cabo, tomando en cuenta el precio promedio de los agregados vírgenes y el precio de los agregados reciclados; lo que manifiesta la variación porcentual que poseen los productos reciclados frente a los vírgenes; la expresión que se utilizó es la 3.13.

$$V_p = \frac{|\overline{P_v} - P_r|}{P_r} \times 100$$

Donde:

**$V_p$  = Variación porcentual (%)**

**$\overline{P_v}$  = Precio del material virgen (\$)**

**$P_r$  = Precio del material reciclado (\$)**

La tabla A4.1, muestra la variación porcentual para cada material, teniendo más variación el agregado reciclado de 1/4", a continuación, el de 3/4", seguido del de 3" y finalmente el de 3/8"

Tabla A4.1. Análisis de la variación porcentual entre materiales reciclados y materiales vírgenes

VARIACIÓN PORCENTUAL DE PRECIOS ENTRE MATERIAL RECICLADO Y MATERIAL VÍRGEN			
MATERIAL	Pr	Pv	Vp (%)
1/4 "	25.00	87.13	248.52
3/8 "	40.00	81.31	103.28
3/4 "	25.00	66.57	166.28
3 "	25.00	60.50	142.00

Fuente: Elaborada por la autora

Para el análisis de precios, es conveniente recalcar que, no es necesario el uso de ningún método estadístico de ajuste; sin embargo, ya que es permitido el método de regresión lineal, se analizó con este criterio, con el fin de darnos una idea del comportamiento del precio, para ello, se utilizó la tasa de inflación, ya que por experiencia se ha estudiado, que es el factor del que depende casi en su totalidad el precio.

Para llevar a cabo el análisis de precios, se elaboró la tabla A4.2 para los precios que han tenido variaciones desde el año 2005 hasta el 2007, que corresponden únicamente al material de 1/4", 3/4" y al de 3".



Tabla. A4.2. Análisis del precio, con el factor de decisión Tasa de Inflación

ANÁLISIS DEL PRECIO CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACIÓN						
AÑO	Xi	PRECIO \$/m <sup>3</sup> (Yi) DE MATERIAL	TASA DE INFLACIÓN (Zi)	xi = Xi - X	yi = Yi - Y	zi = Zi - Z
2005	0	20.00	4.00	-1.00	-1.67	0.12
2006	1	20.00	3.63	0.00	-1.67	-0.25
2007	2	25.00	4.02	1.00	3.33	0.14
<b>SUMA</b>	<b>3</b>	<b>65.00</b>	<b>11.65</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1</b>	<b>21.67</b>	<b>3.88</b>			

Tabla. A4.2. Análisis del precio, con el factor de decisión Tasa de Inflación  
(Continuación)

ANÁLISIS DEL PRECIO CONSIDERANDO LA TASA							
(xi) <sup>2</sup>	(yi) <sup>2</sup>	(zi) <sup>2</sup>	xixi	xizi	yizi	xiYi	Yizi
1.000	2.778	0.014	1.67	-0.12	-0.19	-20.00	2.33
0.000	2.778	0.064	0.00	0.00	0.42	0.00	-5.07
1.000	11.111	0.019	3.33	0.14	0.46	25.00	3.42
<b>2.000</b>	<b>16.667</b>	<b>0.096</b>	<b>5.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.68</b>	<b>5.00</b>	<b>0.68</b>

Tabla. A4.2. Análisis del precio, con el factor de decisión Tasa de Inflación  
(Continuación)

ANÁLISIS DEL PRECIO CONSIDERANDO LA TASA DE INFLACION, CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
rXY	rYZ	rXZ	r <sup>2</sup> (YZ)	r <sup>2</sup> (XZ)	rXYZ
0.866	0.539	0.046	0.2904	0.0021	0.9996

Fuente: Elaborada por la autora

Como se puede observar en la tercer tabla, el coeficiente de correlación es prácticamente 1; lo que indica que el tiempo, la tasa de inflación y los precios, se encuentran muy relacionados, que implica un ajuste exitoso. Para el análisis de precios, se elaboró la ecuación de la tendencia histórica del precio, cuyos datos necesarios para su determinación, fueron extraídos de la tabla A4.2.

$$\begin{aligned} \sum Yixi &= 5 \\ \sum Yizi &= 0.68 \\ \sum (xi)^2 &= 2 \\ \sum (zi)^2 &= 0.096 \\ \sum xizi &= 0.02 \\ X_{\text{promedio}} &= 1 \\ Y_{\text{promedio}} &= 21.67 \\ Z_{\text{promedio}} &= 3.88 \end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones 3.7 y 3.8

$$\sum Y_i x_i = \beta \sum (x_i)^2 + \delta \sum (x_i z_i)$$

$$\sum Y_i z_i = \beta \sum (x_i z_i) + \delta \sum (z_i)^2$$

$$5 = 2\beta + 0.02\delta$$

$$0.68 = 0.02\beta + 0.096\delta$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, para obtener los valores correspondientes de  $\beta$  y  $\delta$ .

$$(5)(0.02) = (2\beta + 0.02\delta)(0.02)$$

$$(0.68)(-2) = (0.02\beta + 0.096\delta)(-2)$$

$$0.1 = 0.04\beta + 0.0004\delta$$

$$-1.36 = -0.04\beta - 0.192\delta$$

Sumando las dos ecuaciones anteriores:

$$-1.26 = -0.1916\delta$$

$$\delta = -1.26 / -0.1916$$

$$\delta = 6.58$$

Obteniendo el valor de  $\beta$

$$5 = 2\beta + (0.02)(6.58)$$

$$5 = 2\beta + 0.1316$$

$$\beta = (5 - 0.1316) / 2$$

$$\beta = 2.43$$

Sustituyendo  $\beta$  y  $\delta$  en la ecuación 3.5

$$Y = \bar{Y} + \beta X - \beta \bar{X} + \delta Z - \delta \bar{Z}$$

$$Y = 21.67 + 2.43 X - 2.43 (1) + 6.58 Z - 6.58 (3.88)$$

$$Y = 21.67 + 2.43 X - 2.43 + 6.58 Z - 25.53$$

$$Y = 2.43 X + 6.58 Z - 6.29$$

La ecuación anterior muestra la tendencia histórica del precio para el factor de decisión, tasa de inflación.

## PROYECCIÓN DEL PRECIO

Para la determinación de la proyección del precio para un período de cinco años (2008 – 2012), es necesario retomar los valores para la tasa de inflación (ver tabla A1.7), el cual simboliza a la variable Z; por otro lado, los años representativos para el pronóstico, serán P1 para 2008 y así consecutivamente hasta el P5 para el 2012 (ver tabla A4.3)

Tabla. A4.3. Proyección del precio, considerando la tasa de inflación, como tercer variable de decisión

PROYECCIONES DEL PRECIO				
AÑO	AÑO DE PRECIO PROYECTADO	AÑO CONSECUTIVO PARA LAS PROYECCIONES (X)	TASA DE INFLACIÓN (Z)	PROYECCIÓN DEL PRECIO CONSIDERANDO TASA DE INFLACIÓN
2008	P1	3	3.00	20.74
2009	P2	4	3.00	23.17
2010	P3	5	3.00	25.60
2011	P4	6	3.00	28.03
2012	P5	7	3.00	30.46

Fuente: Elaborada por la autora

Como un criterio comparativo, se aplicó de forma directa las tasas inflacionarias proyectadas, al precio actual, para cierto período de tiempo, como se indica en la tabla A4.4.

Tabla. A4.4. Proyección del precio considerando las tasas inflacionarias (para agregados de 1/4", 3/4" y 3").

PROYECCIÓN DEL PRECIO			
AÑO	AÑO DEL PRECIO PROYECTADO	TASA DE INFLACIÓN	PROYECCIÓN DEL PRECIO
2007	P0		25.00
2008	P1	3.00	25.75
2009	P2	3.00	26.52
2010	P3	3.00	27.32
2011	P4	3.00	28.14
2012	P5	3.00	28.98

Fuente: Elaborada por la autora

Como se observa durante los primeros cuatro años (2008-2011), la proyección del precio resulta mayor aplicando la tasa de inflación directa, y considerando que los precios de los agregados desde el inicio de la operación de la planta hasta nuestros días, no ha sido muy variable, se recomienda que se elija la proyección calculada con el método de regresión lineal, para asegurar una demanda continua, ya que precios y demanda guardan una relación inversamente proporcional.

**ANEXO 5**

**ELASTICIDAD-PRECIO DE LA DEMANDA**

## ANEXO 5

## ELASTICIDAD - PRECIO DE LA DEMANDA

Según información proveniente de la planta de reciclaje, el costo de venta ya sea por m<sup>3</sup> o tonelada es el mismo independientemente de la cantidad demandada, por lo cual, únicamente para ejemplificar la elasticidad-precio de la demanda, se tomó un solo precio, en este caso para los agregados de 1/4", 3/4" y 3", el cual tuvo un costo en el año 2007 de \$25.00/m<sup>3</sup>.

Se consideró la venta de 10 m<sup>3</sup> a un precio de \$250.00 y la venta de 1000 m<sup>3</sup> a un precio de \$25000.00, como se indica en la tabla A5.1.

Tabla A5.1. Precios según demanda para agregados de 1/4", 3/4" y 3"

PRECIOS SEGÚN DEMANDA		
Cantidad demandada (m <sup>3</sup> )	Precio (\$) / m <sup>3</sup>	Precio total (\$)
10	25.00	250.00
1000	25.00	25000.00

Fuente: Elaborada por la autora

Retomando la ecuación 3.12

$$E_p = \frac{(Q_2 - Q_1) (P_2 + P_1)}{(P_2 - P_1) (Q_2 + Q_1)} \quad \text{ec. 3.12}$$

$$Q_1 = 10$$

$$Q_2 = 1000$$

$$P_1 = 250$$

$$P_2 = 25000$$

Sustituyendo los valores anteriores.

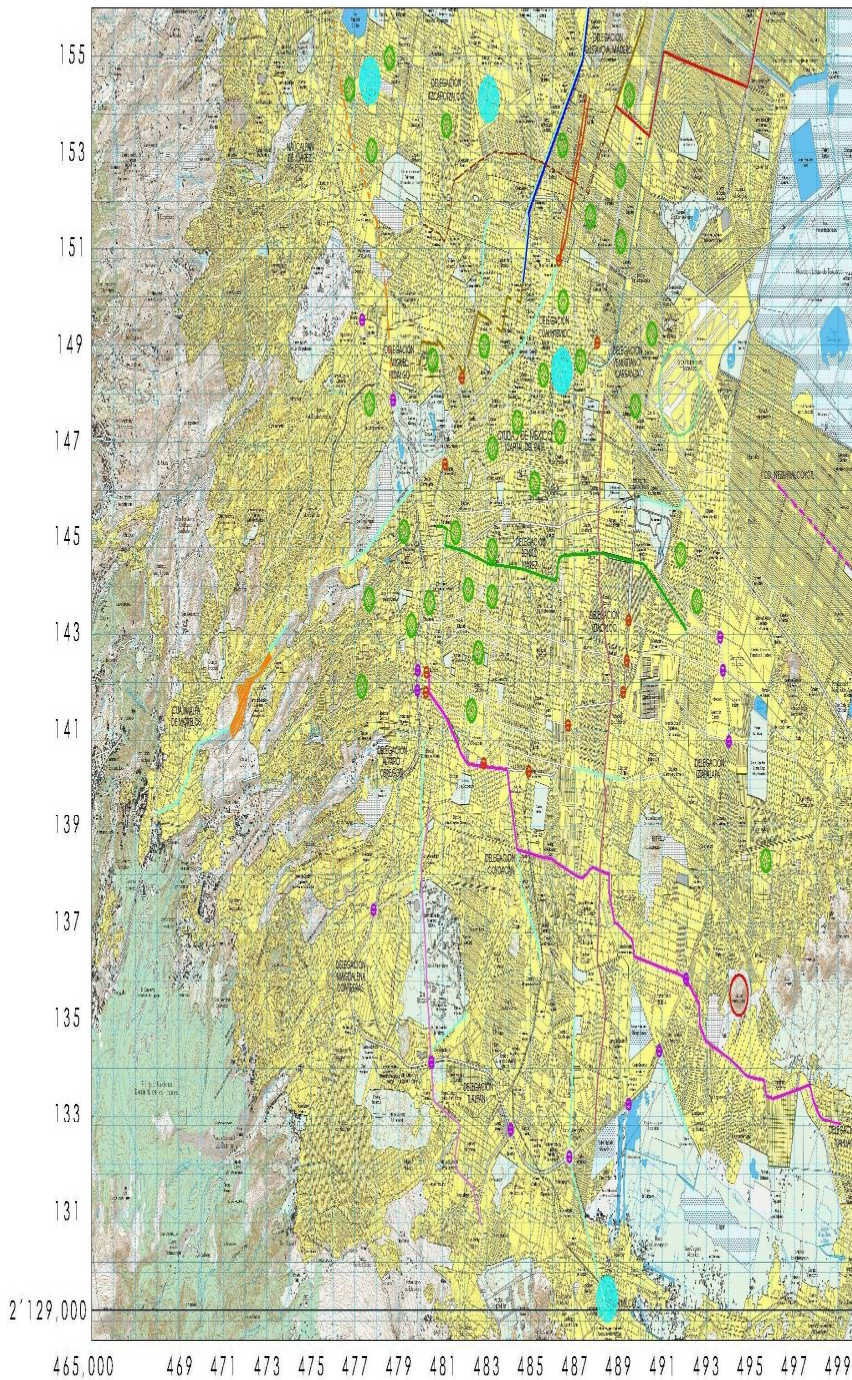
$$E_p = (1000 - 10) (25000 + 250) / ((25000 - 250) (1000 + 10)) = 1$$

En este caso la elasticidad – precio de la demanda es igual a 1 (demanda unitaria), lo cual indica que el mercado es estable, sin embargo existen diversos factores incontrolables que ponen en riesgo la producción, por lo que en definitiva no se garantiza que el producto penetre exitosamente en el mercado. Aún así, la empresa de reciclaje debe de considerar estos resultados, para modificar sus precios según las cantidades demandadas, es decir, al aumentar la cantidad demandada, el precio debe forzosamente disminuir y viceversa.

## **ANEXO 6**

# **MAPA METROPOLITANO DE AGENTES QUE INTEGRAN LA CADENA COMERCIAL DE LOS RESIDUOS DE LA CONTRUCCIÓN Y DEMOLOCIÓN (RC&D)**

### LEYENDA



- Construcción de viviendas y proyectos de atención social.
- Construcción y rehabilitación de algunas zonas.
- Construcción en ejes viales y vialidades importantes.
- Construcción de oficinas.
- Línea 12 del transporte metropolitano.
- Soluciones viales y peatonales del Sistema 1 del Ferrocarril suburbano.
- Sistema 2 del Ferrocarril suburbano.
- - Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano[Martin Carrera - Polanco]
- - Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano[Martin Carrera - Tacuba]
- - Ramificación del Sistema 2 del Ferrocarril suburbano[Martin Carrera - Otumba]
- - Ramificación del Sistema 3 del Ferrocarril suburbano[La Paz - Nezahualcoyotl]
- Extensión de la línea 1 del metrobus (Doctor Gálvez - El Caminero)
- Línea 2 del metrobus [eje 4 sur]
- Línea 3 del metrobus [eje 3 oriente]
- Corredor calzada de los Misterios - Calzada de Guadalupe
- Maxitunel metropolitano
- ⊕ Construcciones en el circuito interior
- ⊕ Construcciones en el periférico
- ⊕ Terminal 2 del aeropuerto internacional de la Ciudad de México,
- ⊕ Planta de Reciclaje de RC&D

<b>MAPA METROPOLITANO DE AGENTES QUE INTEGRAN LA CADENA COMERCIAL DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RC&amp;D</b>	
Diseño y Dibujo:	ING. CLAUDIA LIZETT RIVERA VALDOVINOS
Escala:	VARIABLE
Plano:	<b>P01</b>
MAYO, 2008	

**ANEXO 7**

**DEFINICIONES DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS**



## ANEXO 7

### DEFINICIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS

#### Características de los impactos

- Benéfico: El que se considera aceptable tanto por la comunidad técnica y científica como por la población.
- Adverso: El que se considera no aceptable tanto por la comunidad técnica y científica como por la población
- Directo: Aquel que tiene una incidencia inmediata
- Indirecto: Aquel que no supone una incidencia inmediata
- Temporal: Supone una alteración indefinida en el tiempo
- Permanente: Supone una alteración por un corto período de tiempo
- Localizado: Únicamente se presenta en la zona del proyecto
- Extensivo: Sale fuera de la zona del proyecto
- Próximo a la fuente: Se presente a los alrededores de la zona del proyecto
- Alejado de la fuente: Se presente en lugares alejados de la zona del proyecto
- Reversible: Aquél en el que la alteración que supone puede ser asimilable por el entorno de forma medible a mediano plazo.
- Irreversible: Aquél que supone la imposibilidad de retornar por medios naturales a la situación anterior.
- Recuperable: Aquél en el que la alteración que supone puede eliminarse, ya sea por acción natural o por la acción humana.
- Irrecuperable: Aquél en el que la alteración que supone es imposible de reparar, tanto por acción natural o por la acción humana.

#### Probabilidad de ocurrencia

Se refiere a las posibilidades que tiene algún evento de presentarse. La probabilidad puede ser alta (A), media (M) o baja (B)

#### Evaluación

- Impacto ambiental compatible: Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- Impacto ambiental moderado: Aquél cuya recuperación requiere cierto tiempo, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- Impacto ambiental severo: Aquél cuya recuperación requiere un tiempo prolongado, aún considerando prácticas protectoras o correctoras.
- Impacto ambiental crítico: Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable sin la posibilidad de recuperación, incluso con la adopción de prácticas protectoras o correctoras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Baca Urbina, Gabriel; 1995; “Evaluación de proyectos”. Mc Graw Hill.
- ❖ Carneiro, P; Cassa, J. C; De Brum, I. A; Vieira, A. M; Consta, A. D. B; Sampaio, T. S y Alberte, E.P; 2000; “Construction Waste Characterisation for Production of Recycled Aggregate – Salvador, Brazil”, Federal University of Bahia and Municipal Waste Management Company of Salvador (LIMPURB), Brasil.
- ❖ Código Financiero del Distrito Federal 2007. Grupo ISEF
- ❖ Correa Vela, Ma. Del C; 1996; “Manejo de los residuos sólidos generados por la industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara”, presentado en el Simposium “La Construcción y el Manejo de Residuos Sólidos”, Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C; AMCRESPAC, Ciudad de México.
- ❖ Cruz Jiménez, R; López Sánchez, F; Valenzuela López, A; 1996; “La Generación de Residuos Sólidos de La Construcción en el Distrito Federal”, revista Ingeniería Civil de CICM No. 325, México.
- ❖ Diario Publmetro; Sección Ciudad; Piden Reciclar Residuos de la Construcción; pp 5; viernes 16 de junio de 2006; México D.F
- ❖ Foro Internacional “Hacia la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos” Conferencia “El mercado Ambiental de Residuos de la Construcción”; mayo de 2006.
- ❖ Kurt Gieck; 1995; Manual de Fórmulas Técnicas; Alfaomega
- ❖ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) publicada el 28 de Enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Última Reforma publicada el 5 de Julio del 2007 en el DOF.
- ❖ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) publicada el 8 de Octubre del 2003 en el Diario Oficial de la Federación.
- ❖ Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF) publicada el 22 de Abril del 2003 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- ❖ Mandolesi, Enrico; 1981; “Edificación”. Ed. CEAC. España.
- ❖ Morales y Monroy, R; 1996; “Inclusión de geosintéticos como solución a la problemática creada por los residuos de la construcción y la demolición”, presentado en el Simposium “La Construcción y el Manejo de Residuos Sólidos”, AMCRESPAC, Ciudad de México.
- ❖ Norma ambiental para el distrito federal (NADF-007-RNAT-2004), que establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de la construcción en el distrito federal.

- ❖ Norma 4.01.01.029; Materiales de Construcción Reciclados; 2005.
- ❖ Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, 2004
- ❖ Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR) publicada el 30 de Noviembre del 2006 en el Diario Oficial de la Federación.
- ❖ Revista Agregados No. 001 Marzo 2007, en su artículo “Manejo Adecuado de los residuos de la construcción” por el Ing. Arturo Valdez Covarrubias; Cámara Regional de la Industria Arenera del D.F y Edo. de México.
- ❖ Revista Construcción y Tecnología No. 225 Febrero 2007, en su artículo “Reciclar es lo de hoy” por Juan Fernando González G; IMCYC.
- ❖ Revista Ingeniería Civil No. 325, Mayo 1996.
- ❖ Revista Residuos, artículo No.8; 2000.
- ❖ Sapag Chain, Nassir; Sapag Chain, Reinaldo; 1995; “Preparación y Evaluación de Proyectos”. Mc Graw Hill.
- ❖ Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); Reducción, Reuso y Reciclaje, 2005.
- ❖ Tchobanoglous, G., 1993; Integrated Solid Waste Management. Mc. Graw-Hill.
- ❖ Vega A; Ricardo E., 2001; Tesis: Reciclaje y reaprovechamiento de residuos de la construcción y demolición. Posgrado en Ingeniería Ambiental, UNAM, México.

#### Páginas electrónicas

- ❖ ([http://www.ambientum.com/revista/2001\\_18/2001\\_18\\_SUELOS/RCRSCNS1.htm](http://www.ambientum.com/revista/2001_18/2001_18_SUELOS/RCRSCNS1.htm))que
- ❖ Concretos Reciclados; Octubre 2006; <http://www.concretosreciclados.com>
- ❖ Aguilar, Alfonso; D.H.V. Consultores España S.L; 30 Septiembre de 1997; Ciudades para un futuro más sostenible; INGURU Consultores S.A; España; <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>
- ❖ Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados; 31 de Octubre del 2007; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); <http://www.cefp.gob.mx/intr/e-stadisticas/esta16.xls>; México.
- ❖ Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados; 31 de Octubre del 2007; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); <http://www.cefp.gob.mx/intr/e-stadisticas/esta27.xls>; México

- ❖ Dirección de Educación Ambiental; 2007; Secretaría del Medio Ambiente, México; <http://www.sma.df.gob.mx>
- ❖ Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda; Gobierno del Distrito Federal, 2007; <http://www.seduvi.df.gob.mx>
- ❖ Secretaría de Finanzas del Distrito Federal; Miércoles 31 de Octubre del 2007; Banco de México; <http://www.finanzas.df.gob.mx>
- ❖ Secretaría del Medio Ambiente; 27 de Julio del 2007; Gobierno del Distrito Federal; <http://www.sma.df.gob.mx/sma/modules.php?name=News&file=article&sid=43>
- ❖ Secretaría del Medio Ambiente; 20 de Octubre del 2008; Gobierno del Distrito Federal; <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Pages/InventarioNacionaldeEmisiones.aspx>
- ❖ Secretaría del Medio Ambiente; 28 de Octubre del 2008; Gobierno del Distrito Federal; <http://www.sma.df.gob.mx/retrofit/>
- ❖ Secretaría de Hacienda y Crédito Público; 19 de Noviembre del 2007; <http://www.apartados.hacienda.go.mx>
- ❖ Secretaría de Transporte y Vialidad; Septiembre 2007; <http://www.setravi.df.gob.mx>
- ❖ Comunicación personal
- ❖ Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción; Ing. Gerardo A. Cano Escalante; Jefe de Sectores Agua Y Medio Ambiente, Turismo, Industria y Comercio.
- ❖ Cámara Regional de la Industria Arenera del D.F y el Estado de México; Baltasar Serrano Rodríguez; Gerente General.
- ❖ Comisión Nacional de Vivienda
- ❖ Concretos Reciclados; Ing. Arturo Valdez Covarrubias.
- ❖ Concretos Reciclados; Ing. Enrique Granel Covarrubias.
- ❖ Secretaría del Medio Ambiente; Dirección General de Regulación Ambiental del Agua, Suelo y Residuos (Ing. Ricardo Ortíz)