



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

***“PROYECTO DE UNA PLANTA DE
TRITURACIÓN PARA LA
PRODUCCIÓN DE AGREGADOS DE
ARENA Y GRAVA A PARTIR DE
RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
RCD”***

TESIS

Que para obtener el título de
INGENIERO DE MINAS Y METALURGIA

P R E S E N T A:

P R E S E N T A

JAVIER AXEL GONZÁLEZ QUINTANA

DIRECTOR DE TESIS

M.I. JOSÉ ENRIQUE SANTOS



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Gracias

A Dios, a mi abuela (Q.E.P.D) quien sé que me cuida desde arriba y me da fortaleza para seguir hasta donde ahora estoy.

A mis padres, quienes siempre me apoyaron desde el inicio de mis estudios, y siempre estuvieron en los peores momentos.

Muchas gracias a mis amigos de la carrera: Daniel Álvarez, Marcos Sánchez, Pepe Lakers, Elías Torres, mi gran compañero Luis Damián, gracias a todos ustedes quienes siempre me asistieron, fue un honor a ver emprendido esta carrera con ustedes.

A mi amigo y hermano mi confidente, Alberto Flores, por tu gran amistad y tus consejos.

A mi compañero y amigo Fernando Zúñiga Sagredo, gracias por escucharme, por tus grandes consejos y por compartir cosas buenas y malas durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería.

A mi amigo Leo Sánchez por la ayuda y su tiempo en el presente proyecto.

A todos los Profesores de mi carrera quienes fueron parte de mi formación.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Concretos Reciclados, en especial al Ingeniero Enrique Granell por su gran aporte y orientación en el presente proyecto.

Al Ingeniero Santos por el gran interés, disposición y motivación para realizar el presente proyecto.

Al Licenciado Esponda, por el tiempo que me ha brindado por sacar adelante mi carrera.

Al Ingeniero Gabriel Ramírez, por sus enseñanzas, y tolerancia en las aulas como profesor y amigo.

A mis sinodales, por la dedicación por atender el presente proyecto.

A la UNAM, por a ver tenido la gran oportunidad de ser egresado de esta gran institución.

ÍNDICE

RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Problemática de la disposición del manejo de escombros.....	11
1.2 Justificación.....	12
1.3 Objetivo general.....	13
1.4 Objetivos particulares.....	13
1.5 Alcances y limitaciones.....	13
2. ANTECEDENTES	15
2.1 Proceso del manejo de los residuos de la construcción y demolición (RCD).....	15
2.1.1. Manejo internacional.....	17
2.1.2 Manejo nacional.....	18
2.2 Leyes y reglamentos, marco jurídico en México.....	20
2.2.1 Marco jurídico establecido por la Semarnat.....	20
2.2.2 Marco jurídico en el Distrito Federal.....	21
2.3 Deficiencias en el manejo y disposición final de los RCD.....	26
2.4 Tipos de escombros.....	27
2.4.1 Clasificación de los residuos de la construcción y demolición.....	27
2.5. Almacenamiento de los residuos de la construcción y demolición.....	29
3. SISTEMA DE TRITURACIÓN	30
3.1 Descripción del sistema de trituración.....	29
3.1.1 Trituradora de quijadas.....	30
3.1.2 Trituradora de cono.....	31
3.1.3 Trituradora de impacto.....	32
3.1.4 Clasificación.....	32

3.2 Circuito de trituración requerido.....	34
3.2.1 Equipo requerido.....	34
3.2.2 Descripción del proceso.....	35
3.2.3 Personal de operación.....	35
3.3 Equipo móvil.....	36
4. PROYECTO PARA LA PLANTA DE RECICLAJE.....	39
4.1 Capacidad propuesta.....	39
4.2 Selección del equipo de trituración.....	40
4.2.1 Trituradora de quijadas.....	40
4.2.2 Trituradora de impacto.....	41
4.2.3 Criba de trituración.....	43
4.3 Selección del equipo móvil.....	45
4.3.1 Cargador frontal.....	45
4.3.2 Excavadora.....	47
4.3.3 Camión de volteo.....	49
4.4 Sitio propuesto para la planta de reciclaje.....	51
4.5 Servicio de recolección como fuente de abastecimiento de los RCD.....	53
4.5.1 Servicio de recolección“in situ” de los RCD.....	53
4.5.2 Diseño para el desmantelamiento.....	54
4.6 Comercialización del producto.....	54
5. ANÁLISIS FINANCIERO.....	56
5.1 Inversión requerida.....	56
5.2 Costos de operación.....	56
5.3 Depreciación.....	58
5.4 Salarios.....	60

5.4.1 Salarios del personal de planta.....	60
5.4.2 Salarios del personal administrativo.....	61
5.4.3 Total de la inversión requerida.....	63
5.5. Estimación de ingresos.....	63
5.6 Flujos de efectivo.....	68
5.7 Rentabilidad.....	71
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
Referencias.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición física de los RCD en México.....	17
Figura 2 Ubicación de la planta "Concretos Reciclados".....	19
Figura 3. Trituradora de quijadas.....	31
Figura 4. Trituradora de cono.....	32
Figura 5. Trituradora de impacto horizontal.....	33
Figura 6. Equipo de cribado.....	33
Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de trituración	38
Figura 8. Sistema de trituración	39
Figura 9. Trituradora de quijadas Extec con capacidad de 480 ton/día.....	40
Figura 10. Trituradora de impacto, vista de perfil	42
Figura 11. Material a procesar.....	43
Figura 12. Equipo adaptado con bandas	43
Figura 13. Criba de trituración	44
Figura 14. Cargador frontal.....	46
Figura 15. Excavadora hidráulica.....	48
Figura 16. Camión de volteo.....	49
Figura 17. Ubicación la planta de reciclaje.....	51
Figura 18. Extensión del área 10 hectáreas, negociable 5 hectáreas.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Volumen de residuos.....	24
Tabla 2. Clasificación de los residuos de la construcción y demolición y su posible reúso.....	27
Tabla 3. Almacenamiento según volumen.....	28
Tabla 4. Depósitos de recepción de escombros.....	36
Tabla 5. Recepción de escombros del proyecto.....	37
Tabla 6. Potencia del motor del cargador frontal.....	42
Tabla 7. Características generales del cargador frontal.....	43
Tabla 8. Equipo mínimo requerido para la apertura de la planta de reciclaje.....	54
Tabla 9. Estimación de costos consumibles.....	56
Tabla 10. Depreciación de las edificaciones.....	58
Tabla 11. Depreciación lineal a 5 años con rescate del 10%.....	58
Tabla 12. Salarios de personal planta.....	59
Tabla 13. Salarios personal administrativo (día, mes año).....	60
Tabla 14. Sueldos de los trabajadores en los diferentes años.....	61
Tabla 15. Inversión inicial en el año cero.....	62
Tabla 16. Tasa de inflación para recepción de escombros.....	63
Tabla 17. Escombros reciclables anualmente.....	63
Tabla 18. Volumen de escombros no reciclables.....	64
Tabla 19. Total de recepción de escombros estimando ingresos anuales.....	64
Tabla 20. Tasa de inflación proyectando los precios anuales.....	64
Tabla 21. Escombros reciclables anualmente.....	65
Tabla 22. Cantidad reciclable de escombros.....	66
Tabla 23. Proyección de ingresos durante los 5 primeros años.....	66
Tabla 24. Utilidad neta que se tendrá.....	70

RESUMEN

El presente proyecto forma parte de las grandes alternativas económicas y sociales, hablando en materia de reciclaje, que pueden llevarse a cabo de forma responsable. El objetivo consiste en abordar las alternativas financieras y técnicas que van, desde la maquinaria a emplear hasta el sitio de instalación, mediante un análisis financiero; y a partir de éste, emprender nuevas plantas de reciclaje en toda la Ciudad de México¹ para aprovechar las miles de toneladas de residuos de construcción y demolición que se generan en dicha demarcación.

Actualmente, en la Ciudad de México sólo se cuenta con una planta de reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD); he aquí la razón para realizar un análisis. Se investigaron los antecedentes tanto internacionales como nacionales con la finalidad de que, a partir de estas ideas, se puedan llevar a cabo proyectos semejantes y se permita la posibilidad de hacerlo un negocio redituable, partiendo de escombros, para producir agregados reciclados de calidad deseable. Se investigaron las normas que regulan este tipo de actividades en el sector de la construcción. Esto con el fin actuar de forma responsable y poder contribuir al entorno ecológico. Se hizo un análisis del sistema de trituración requerido, en particular para los RCD, y de aquí se decidió cuál es el mejor camino para reutilizar este tipo de residuos, así como también el lugar donde se podría ubicar dicho proyecto con base en un análisis de las distintas delegaciones de la Ciudad de México, tomando en cuenta diversos aspectos que se darán a conocer a detalle.

El aspecto más importante para este proyecto es la parte financiera, para la cual se llevó a cabo un análisis teniendo en cuenta el equipo, el personal que va a laborar en el proyecto, el sitio donde se ubicará, y así poder hacer un estimado total de la inversión inicial con una duración de 5 años. Se diseñó un sistema de trituración el cual consta de: trituración primaria, trituración secundaria y clasificación del producto final. Este último consistirá en dos tipos de granulometrías: gravas de 3/4" y arenas de 3/16". La capacidad operativa de la planta de trituración será de 480t/día, se llegó a este tonelaje por medio de una investigación con diferentes depósitos de agregados pétreos y de recepción de escombros.

Se tomaron en cuenta los gastos operativos, los gastos directos e indirectos, salarios, y otros conceptos. Con todo ello, se considera la estructura principal en términos financieros. Con base en los resultados obtenidos en el análisis financiero, se recomienda emprender en este tipo de proyectos, obteniendo una tasa interna de retorno (TIR) del 10.37%, con una relación beneficio-costos del $1.61 > 1$, por tanto el proyecto es rentable.

¹Debido a que el trabajo se realizó durante el cambio de nombre del Distrito Federal a Ciudad de México, se va a mencionar a éste como Ciudad de México y, únicamente en el caso de normas, leyes o citas cuyo contenido aún menciona el Distrito Federal, se mantendrá este otro nombre.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Un elemento fundamental en la economía de nuestro país se encuentra en la industria de la construcción. En ella convergen treinta y siete de las setenta y tres ramas productivas, y genera alrededor del 5% del Producto Interno Bruto (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2006). Sin embargo, esta industria también utiliza una gran cantidad de recursos naturales, como el material pétreo que se encuentra directamente en las canteras o en minas a cielo abierto. Los bancos pétreos son la base para generar distintos tipos de agregados utilizados en diversas obras de ingeniería civil, algunos de ellos son cemento, cal, yeso, mortero, etc. Por el contrario, la industria de la construcción es una gran generadora de residuos debido a los procesos de construcción, demolición y remodelación (Rivera M.J., 2007).

Dentro del ciclo de vida de los materiales de construcción, se generan numerosos impactos negativos al ambiente, como la emisión de polvos a la atmósfera durante las etapas de extracción y transformación, así como la generación de residuos sólidos y líquidos en las etapas de construcción, uso y demolición, por mencionar sólo algunos. Sin embargo, la colocación final es una etapa de particular importancia para el presente proyecto, puesto que este tipo de residuos generan un fuerte impacto ambiental, dada la falta de sitios adecuados para su disposición (Rivera M.J., 2007).

Los residuos que se generan a partir de la industria de la construcción tienen un uso potencial en un porcentaje muy elevado; por lo tanto, se podrían volver a utilizar con grandes beneficios a favor del ambiente.

La problemática de los RCD va creciendo día con día en un porcentaje muy elevado; el inadecuado manejo de éstos puede provocar otros impactos, como el deterioro de la calidad del agua superficial y/o subterránea, deterioro del suelo por erosión, proliferación de fauna nociva, impacto visual, formación de asentamientos humanos irregulares, cambios de uso de suelo. Todos éstos se convierten en focos de atracción para el vertido de residuos peligrosos, lo cual se traduce en el detrimento de la salud pública.

En México, se entiende por residuos de la industria de la construcción, los materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada. La composición de estos residuos está afectada por diversos factores, entre los que se encuentran la estación del año, la situación económica del país, la región y el tipo de obra que los genera.

Las construcciones, modificaciones o remodelaciones realizadas en pequeña escala, pero con mayor frecuencia, son las actividades que presentan mayor grado de dificultad en su control; generalmente se realizan sin dar aviso a las autoridades y, en la mayoría de los casos, los residuos son dispuestos en tiraderos clandestinos, como lotes baldíos, vía pública, barrancas, márgenes de ríos y otras áreas del suelo de conservación, y en el mejor de los casos se utilizan como relleno, lo cual resulta en un impacto visual urbano y mayor contaminación.

Por lo anterior, la recopilación de información referente a la generación de residuos de la construcción y demolición (RCD) representa una gran dificultad, debido a que no existen mecanismos de control claros y definidos que permitan a las autoridades correspondientes su cuantificación; además de la diversidad de actores que intervienen en el sector de la construcción (Rivera M.J., 2007).

1.1 Problemática de la disposición residuos de la construcción y demolición RCD

En la actualidad, uno de los problemas ambientales que enfrenta la Ciudad de México es el inadecuado manejo de la cantidad de residuos generados por la población; una de las causas es la creciente demanda de vivienda y las necesidades de infraestructura, que traen como consecuencia la construcción, demolición y remodelación de edificaciones utilizadas para diferentes propósitos.

Por un lado, y de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2008), aproximadamente el 35% de los residuos sólidos recolectados en la Ciudad de México son dispuestos en rellenos sanitarios controlados. Por otro lado, los tiraderos a cielo abierto en los cuales son depositados los residuos reciben otro porcentaje, a lo que se agrega el creciente número de tiros clandestinos (Rivera M.J., 2007).

El sector de la construcción, influenciado por las grandes obras de infraestructura en México, sobretudo en la última década, ha alcanzado grandes índices, de esta manera se deriva un gran incremento en la generación de RCD. En México se generan entre 25, 000 a 30, 000 toneladas diarias de RCD, tan sólo en la Ciudad de México se generan 7, 000 toneladas diarias (PGIRS 2010)

Las delegaciones y los municipios que cuentan con suelo de conservación se ven presionados por un sector de la población que pretende emplear esos espacios para la construcción de casas habitación; esa misma presión por conformar asentamientos humanos irregulares implica su dispersión, lo que dificulta aún más la recolección y transporte de los residuos de la construcción hasta sitios apropiados para su tratamiento o disposición final.

Los RCD, por su naturaleza, ocupan grandes volúmenes dentro de los vehículos recolectores, por lo que pasan a segundo término y en ocasiones no son recibidos dentro de las estaciones de transferencia (el escombro viene con basura) y por lo tanto son enviados directamente a:

- Tiraderos a cielo abierto
- Barrancas
- Zonas de Reserva Ecológica
- Suelos de Conservación
- Cauces de ríos

Un rubro que debe destacarse, por la imagen negativa y el variado impacto que genera, es el de la disposición inadecuada RCD en sitios no autorizados para ello, tales como barrancas, cauces de agua o predios particulares, lo cual implica efectos que van desde la atracción de dichos sitios para el vertido de otros tipos de residuos (que en el mejor de los casos son residuos sólidos municipales y en el peor de ellos, son residuos peligrosos) hasta la ocupación del terreno "ganado" a las barrancas o cauces de agua, a través del relleno con escombros. Esta circunstancia provoca que la mancha urbana continúe su crecimiento aun en sitios en que, se encuentra prohibida cualquier actividad de este tipo de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y programas de ordenamiento ecológicos. Aunado a los efectos anteriores, existen los riesgos a la salud de la población circundante, ya que estos sitios son propicios para la proliferación de fauna nociva y, en el peor de los casos, con el debido impacto ambiental, para la explotación de bancos pétreos (Rivera M.J., 2007).

En el caso del D.F., ya se están tomando las primeras medidas al respecto mediante la promulgación de la Norma Ambiental NADF-007-RNAT-2004 (SEDEMA 2013), primera en el tema, que establece la clasificación y especificaciones del manejo de los residuos para optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada. Sin embargo, se carece de bases técnicas en cuanto a la resistencia de los materiales reciclados que permitan recomendar su uso en diferentes obras.

1.2 Justificación

La realización de este proyecto responde a la necesidad de reciclar la mayor parte de los RCD que se generan en la Ciudad de México, teniendo en mente abrir más plantas de reciclaje; solamente de esta forma se podrán aprovechar más los RCD. En la Ciudad de México, sólo se cuenta con una planta de trituración, la cual recicla bloques de concreto, producto de los RCD que se generan en la Ciudad de México, quedando como producto final arena y grava reciclada. En buena medida, esto se debe a que en el país no se cuenta con la cultura necesaria, o bien con el conocimiento de reciclar específicamente estos residuos, así como a la poca importancia de la sociedad hacia el entorno ambiental. Se piensa hacer el reciclaje de los RCD, tal vez ya no como una problemática ambiental ante el país (debido a que la población ignora este rubro), sino como un negocio muy redituable a través de nuevas técnicas que, justamente, se abordarán en el presente proyecto. Se realizará un análisis financiero, teniendo en cuenta las implicaciones que esto requiere por ser una inversión de gran capital. De esta forma, se minimiza la explotación de bancos pétreos en un porcentaje muy amplio e incluso se retarda su posterior explotación. Es muy factible un proceso de trituración para reciclar RCD y es

económicamente recomendable su aplicación una vez que los residuos han sido separados en las obras de construcción de ingeniería civil, siempre que los agregados obtenidos del reciclaje cumplan con la normatividad correspondiente en cuanto a la resistencia y calidad.

1.3 Objetivo general

Elaborar un proyecto de una planta de reciclaje para el aprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición (RCD) en la Ciudad de México y evaluar su viabilidad como un potencial negocio.

1.4 Objetivos particulares

- Con la apertura del presente proyecto, evitar la explotación indiscriminada de los bancos pétreos cercanos a la Ciudad de México, o retardar su posible explotación, usando en sustitución de éstos los agregados reciclados
- Tener en cuenta la inversión inicial en cuanto al equipo necesario para poder emprender el presente proyecto, haciendo un análisis financiero con el fin de valorar su potencial.
- Analizar el posible mercado en la Ciudad de México para las arenas y gravas recicladas.
- Revisar la presencia actual de plantas recicladoras en la Ciudad de México.
- Investigar el volumen de RCD que se producen actualmente en la Ciudad de México.
- Hacer un análisis exhaustivo en cuanto a la maquinaria mínima que se necesita para la apertura del proyecto, analizando puntualmente el sistema de trituración más óptimo para este tipo de material (RCD).
- Aprovechar que las normas ambientales promueven el uso de los agregados reciclados para poder introducirlos en la industria de la construcción.

1.5 Alcances y limitaciones

Alcances

Proponer el presente proyecto para el reciclaje de los RCD en la Ciudad de México, partiendo de un análisis financiero que abarca desde la maquinaria empleada para la apertura hasta el lugar donde la planta podría estar ubicada. Con este trabajo se pretende recomendar el uso de los materiales reciclados y de esta manera contribuir a apoyar la aplicación de la Norma Ambiental NADF-007-RNAT-2013, lo cual reduciría los problemas ambientales en la Ciudad de México provocado por estos residuos.

Asimismo, se busca minimizar el impacto ambiental ocasionado por la explotación de los bancos pétreos y poder así conservar este recurso natural o retardar su posterior explotación.

Impulsar este tipo de reciclaje conscientes de que puede ser o debería ser un negocio 100% redituable para la industria de la construcción.

Limitaciones

- El proyecto se realizará exclusivamente en la Ciudad de México, pero puede ser aplicado en cualquier ciudad del País.
- Se identificarán en forma general los efectos financieros, puesto que la inversión inicial para el presente trabajo conlleva una cifra significativa.
- La limitante radica en que, algunos datos de producción y de recepción de RCD fueron estimados.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se mencionan los conceptos y términos más relevantes del manejo integral de los residuos de la construcción y demolición (RCD). Se hace una revisión de cómo se maneja a nivel internacional el reciclaje y se pretende establecer un marco comparativo entre los avances de otros países y la situación actual en México. En el mejor de los casos, se pretende llevar a cabo estas técnicas de reciclaje, sin olvidar que esta industria no es nueva y más de 50 años respaldan tal conocimiento.

Con el objeto de contar con un panorama legal en cuanto al manejo de los RCD y su gestión ambiental, se realiza una síntesis de la normatividad mexicana en materia de estos residuos y su potencial impacto ambiental.

2.1 Manejo de los residuos de la construcción y demolición (RCD)

Los RCD están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y la etapa de construcción (NADF-007-RNAT-2004, 2006).

Para que exista un manejo integral de los residuos, debe haber una gestión adecuada de ellos, lo cual involucra normas y acciones operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, de supervisión y evaluación; desde su generación hasta la disposición final (LRSDF, 2003). Con esto se podría ampliar el panorama, para hacer extensivo el proyecto que se aborda en el presente trabajo a un plan de negocios futuro.

De acuerdo a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, el manejo integral de los residuos es el “conjunto de acciones que involucran la identificación, caracterización, clasificación, etiquetado, marcado, envasado, empacado, selección, acopio, almacenamiento, transporte, transferencia, tratamiento y, en su caso, disposición final de los residuos sólidos”.

Sin embargo, dentro del manejo integral de los RCD se pueden identificar al menos las siguientes etapas:

- Generación
- Almacenamiento
- Recolección y transporte o acarreo.
- Reúso y reciclaje

- Tratamiento
- Disposición final

Generación: se refiere a la acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo (LRSDF, 2003).

Almacenamiento: El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final (LRSDF, 2003).

Recolección: La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final (LRSDF, 2003).

Transporte o acarreo: El transporte es la etapa del sistema de manejo integral de residuos sólidos, en la cual los residuos que han sido recolectados previamente, son conducidos a un destino específico.

Reutilización: El empleo de un residuo sólido sin que medie un proceso de transformación (LRSDF, 2003).

Reciclaje: Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos (LGPGIR, 2003).

Tratamiento: Los procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad.

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

Ante la falta de una gestión adecuada, los RCD son dispuestos de forma inadecuada en la vía pública, lotes baldíos, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, entre otros sitios; provocando daños al ambiente y a la salud pública (LGPGIR, 2003). Por tal motivo se pretende aprovechar el material que puede ser reutilizado, aplicando un riguroso seguimiento desde las demoliciones, si es posible, para tener mucho mayor volumen del que se tiene actualmente.

Por lo anterior, cada vez se hace más evidente la necesidad de aplicar medidas tanto ambientales como sociales que permitan minimizar los problemas relacionados con los RCD. En lo que se refiere a esto y bajo el marco de la sustentabilidad, algunos países de los denominados desarrollados han aplicado medidas para llevar a cabo la construcción sostenible, es decir, aquélla que teniendo especial respeto y compromiso con el ambiente, implica el uso

eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el ambiente y enfocado a la reducción de los impactos ambientales (Construcción Verde España, 2006).

2.1.1 Manejo internacional

La idea de reciclar residuos de la construcción ha sido por muchos años una fuente de ingresos significativa que, además, protege el medio ambiente. En Estados Unidos, y particularmente en Europa que, después de la segunda guerra mundial, se enfrentó al problema de atender sus ciudades destruidas con un grave problema de acumulación de escombros, se ha comprendido la importancia ecológica y económica del reciclaje.

El empleo de concreto reciclado data de tiempos posteriores de la segunda guerra mundial, en el que los europeos enfrentaban la problemática de la gran acumulación de escombros en sus ciudades destruidas, motivo por el cual se abocaron a reciclar dichos desperdicios y utilizarlos como material de construcción, dándoles resultados muy buenos. En esa época los desechos se utilizaban en la elaboración de concreto para la reconstrucción, particularmente en Gran Bretaña y Alemania, de sus ciudades destruidas por la guerra. Más adelante cuando las fortificaciones fueron demolidas, el material de desecho obtenido fue en gran parte aprovechado por la construcción.

Las publicaciones de esos años reportaron las propiedades del concreto reciclado, principalmente en textos ingleses, alemanes y rusos. Las experiencias de Europa motivaron a realizar algunas investigaciones sobre el reciclaje de concreto en Estados Unidos por ese mismo tiempo.

En Gluzhge(1946), citado en García-Yáñez (2004), investigó en Rusia el uso de desechos de concreto como agregado, encontrando que dichos agregados tenían el peso específico menor, que el agregado natural, y que el concreto elaborado con dicho agregado de concreto demolido, tenía una baja resistencia a la compresión. Al darse cuenta de que una gran cantidad de estos residuos podían ser aprovechados, algunos países como Alemania, Estados Unidos, Australia y Holanda ya han desarrollado tecnologías y maquinaria para el aprovechamiento de los residuos de la construcción, por lo que puede contarse con antecedentes de efectividad, eficiencia de operación y datos técnicos operativos. (García-Yáñez 2004)

Por otra parte, con resistencias a la compresión iguales, la resistencia a la flexión del concreto con agregados de reciclado, era mayor que el de las mezclas de control. Si se usaban agregados finos de concreto, el contenido de cemento tenía que incrementarse excesivamente (García-Yáñez 2004).

2.1.2 Manejo nacional

Generación (Jica, 1999)

De acuerdo al Estudio de Manejo de Residuos Sólidos en la Ciudad de México desarrollado en 1999 por la Agencia de Cooperación Técnica de Japón (JICA), en colaboración con la Dirección General de Servicios Urbanos de la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal, los RCD representaban para el año de 1999 el 2.14% de los residuos sólidos generados, es decir, 239.97 t/día.

La población de la Ciudad de México en 1999, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de INEGI era de 8, 605,239 habitantes, lo cual corresponde una tasa de generación de RCD de 10.17 kg/hab/año.

Se estima que 1 m³ de volumen de obra genera un volumen de RCD de 0.068 m³, si se considera un peso volumétrico de 1.5 t/m³, se obtiene un valor en peso de 102 kg. Por cada metro cuadrado de obra en las edificaciones, se generan 0.30 m³ de residuos; mientras que en la construcción de hoteles y hospitales, se generan hasta 50 m³ de materiales sueltos por cuarto o cama, respectivamente.

Composición de los RCD

En la Figura 1 se indican los porcentajes aproximados de los componentes de los residuos de la construcción de acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México

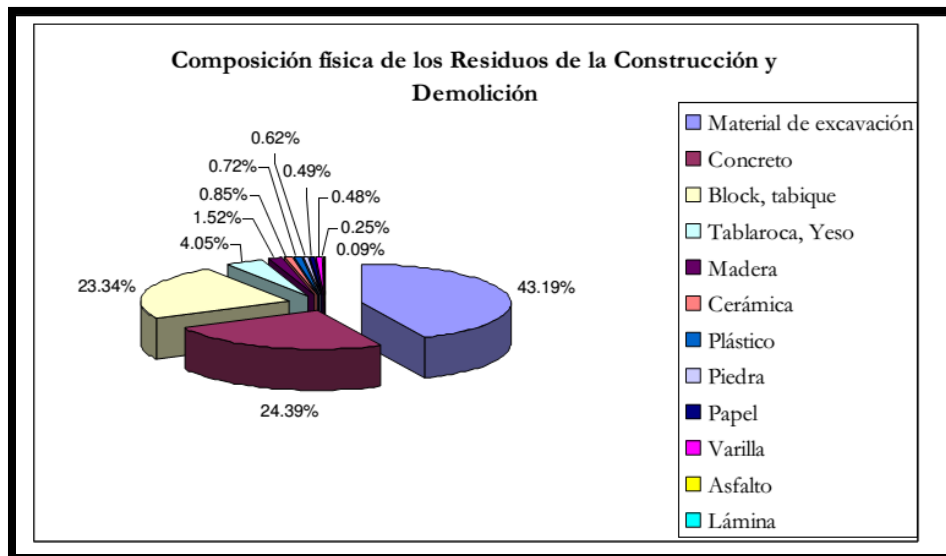


Figura 1. Composición física de los RCD en México. (Fuente: SMA, 2008).

Almacenamiento

Actualmente el almacenamiento temporal de los RCD en el Valle de México se lleva a cabo en una determinada zona de la obra designada por el residente, en dicha zona se depositan de forma mezclada tanto residuos de la construcción como municipales, la mayoría de las veces sin el uso de contenedores.

Lo anterior se debe a que generalmente no existe un plan de manejo para este tipo de residuos que contemple su valorización, de modo que la posibilidad de recuperación de materiales valorizables o con potencial de reciclaje se reduce considerablemente. Los residuos que se separan de la corriente de RCD son únicamente aquellos susceptibles de ser comercializados como el cobre, el acero y la madera, mientras que materiales como los agregados van a sitios de disposición final sin haber sido aprovechados.

Acarreo

El traslado de los RCD corre a cargo del generador, que en ocasiones, cuando la cantidad de residuos es mínima (producto de pequeñas demoliciones o remodelaciones en casas habitación), espera que el servicio de limpia traslade sus residuos; cuando esto no ocurre simplemente dispone los residuos en el lugar.

Cuando se trata de cantidades considerables, el generador contrata los servicios de transportistas que llevan los residuos en vehículos tipo volteo de 7 y 14 m³ de capacidad hacia los sitios de tiro, ya sean rellenos sanitarios o tiraderos clandestinos. La Ciudad de México cuenta con 13 estaciones de transferencia con asignaciones específicas para ciertas demarcaciones; sin embargo, no cubren en su totalidad la demanda para transferir RCD.

Tratamiento y reciclaje

En la Ciudad de México esta actividad se ha llevado a cabo aplicando técnicas sencillas de separación y trituración a falta de la normatividad del reciclaje de los residuos de la construcción y demolición, de infraestructura necesaria para su manejo adecuado, de participación ciudadana y de un mercado para la comercialización de los subproductos susceptibles de ser valorizados.

El primer caso de reciclaje de RCD en México es el de la empresa Concretos Reciclados. Ésta se fundó en noviembre del 2003 y pertenece a un grupo formado por cuatro empresas cuyas actividades giran en torno a la minería. Basados en la explotación de la mina La Esperanza, de la cual extraen arena y grava desde hace 35 años, se desarrolló una empresa de transportes; con posterioridad una de concretos prefabricados y recientemente la dedicada al reciclaje de concreto.

La instalación se encuentra ubicada al oriente de la ciudad, a un costado del cerro Yehualique, en la delegación Iztapalapa (Figura 2), su superficie abarca diez hectáreas, de las cuales cinco están destinadas al reciclaje de materiales de construcción y demolición. Cabe destacar que actualmente es la única empresa de este tipo en México.



Figura 2. Ubicación de la planta "Concretos Reciclados". (Fuente: Google Earth, 2015)

2.2 Leyes y reglamentos, marco jurídico en México

A continuación se presenta un esquema del marco legal aplicable en materia de residuos de la industria de la construcción; sin embargo, cabe señalar que son limitadas las disposiciones jurídicas que se aplican directamente a este rubro.

2.2.1 Marco Jurídico establecido por la Semarnat

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 y establecer las bases para la preservación, restauración y el mejoramiento del ambiente; la preservación y protección de la biodiversidad; el aprovechamiento sustentable; la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales de manera que sean compatibles con la obtención de los beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; la prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo (LGEEPA, 2003).

El Capítulo IV de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo establece que los residuos son la principal fuente de contaminación de los suelos. En el Artículo 137 del mismo capítulo se establece que “queda sujeto a la autorización de los Municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales” (LGEEPA, 2003). Con lo anterior, la LGEEPA delega la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos, dentro de los que se encuentran los RCD al gobierno local, haciendo énfasis en las medidas para la gestión integral de los residuos.

Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (LGPGIR)

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

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

El Artículo 19 clasifica a los residuos de manejo especial en nueve categorías, situando a los residuos de la construcción y demolición (RESIDUOS C&D) en la categoría VII y de acuerdo con el Artículo 20 estos residuos deberán estar sujetos a planes de manejo diseñados bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, teniendo como objetivo la valorización de los residuos, debiendo ser aprobados por la Secretaría.

2.2.2 Marco jurídico en el Distrito Federal (Ciudad de México)

Ley de residuos sólidos del Distrito Federal (LRSDF)

Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, publicada el 22 de abril del 2003 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal y sus reformas, tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio público de limpia. Al igual que la LGPGIR clasifica a los RCD como residuos que deben ser manejados de manera especial tanto por la cantidad de material involucrado y su impacto ambiental cuando son dispuestos de forma inadecuada, como por su potencial de reúso y reciclaje.

De acuerdo al Título Tercero de la prevención y minimización de la generación de los residuos sólidos, Artículo 21, “toda persona que genere residuos sólidos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son entregados al servicio de recolección, o depositados en los contenedores o sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente”. En el mismo capítulo el Artículo 25 establece que “queda prohibido arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, y en general en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie”. Por lo cual, de conformidad con el Artículo 26, “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”; evitando además acumular los RCD en la vía pública. Lo anterior implica que los generadores deberán transportar los RCD en vehículos adecuados hasta los sitios de disposición final autorizados por la Secretaría de Obras y Servicios.

Reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (RLGPGIR)

El Artículo 35 del Reglamento establece que los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente:

- I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;
- II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante:
 - a) Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no específica; por ser productos usados, caducos, fuera de especificación o retirados del comercio y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo. La Secretaría considerará la toxicidad crónica, aguda y ambiental que les confieran peligrosidad a dichos residuos, y
 - b) Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad.
- III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.

Los residuos peligrosos listados por alguna condición de corrosividad, reactividad, explosividad e inflamabilidad señalados en la fracción.

II inciso a) de este artículo, se considerarán peligrosos, sólo si exhiben las mencionadas características en el punto de generación, sin perjuicio de lo previsto en otras disposiciones jurídicas que resulten aplicables (RLGPGIR 2014).

Reglamento de Impacto ambiental y riesgo, para el Distrito Federal (Ciudad de México)

En materia de residuos, el Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo reconoce a los de la construcción y demolición RCD y hace mención en su Capítulo III del manejo que debe llevar a cabo el generador en las diferentes etapas del ciclo de vida de estos residuos.

En el caso de la construcción de conjuntos habitacionales, el manejo debe realizarse de la siguiente manera:

Disposición Final: En esta etapa se hace una distinción entre los residuos reciclables y los no reciclables, mencionando que los no reciclables deberán ser dispuestos en sitios autorizados conservando en el sitio de la obra un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, así como los comprobantes de ingreso de los transportistas que acrediten la cantidad de material recibida y la fecha de recepción.

Manejo, transporte y aprovechamiento: sólo establece que debe llevarse a cabo de acuerdo con las disposiciones que establece la legislación y reglamentación correspondiente para el Distrito Federal.

El Artículo 31 de este Reglamento establece que en las demoliciones hechas en suelo urbano realizadas por medios mecánicos y cuya superficie de construcción no rebasen los diez mil metros cuadrados, los escombros o residuos producto de dicha actividad podrán colocarse momentáneamente en las banquetas de la vía pública, sin invadir la superficie de rodamiento, durante el horario de las 8:00 a las 18:00 horas, y siempre deben estar vallados y no obstruir por completo el paso peatonal.

Dentro del Artículo 40 se establece que la modalidad general en las Manifestaciones de Impacto Ambiental deberá presentar en lo referente a residuos:

I. Un programa de preparación del sitio, demolición y construcción, así como

II. Plan de manejo de los residuos que se generan durante las diferentes etapas de ejecución de la obra o actividad. Y que la Modalidad Específica deberá contener además de lo anterior, según el artículo 41, lo siguiente:

I. Memoria técnica del proyecto

II. Descripción detallada de las características biológicas del área del proyecto

III. Descripción detallada de los ecosistemas y del paisaje existente en el área del proyecto

IV. Descripción del escenario ambiental modificado

Norma ambiental del Distrito Federal NADF-007-Rnat-2013

La Norma ambiental NADF-007-RNAT-2004, que entró en vigor en julio de 2006, es la única en su tipo en el territorio nacional. Establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de la construcción, buscando fomentar su manejo adecuado, reúso y reciclaje. Regula las condiciones y requisitos para la generación, transporte y manejo de residuos de la construcción con el fin de optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada.

Es de aplicación obligatoria en el territorio de la Ciudad de México para los generadores de los residuos de la construcción y prestadores de servicio que intervengan en la generación, recolección, transporte, aprovechamiento o disposición final.

La Norma define a los residuos de la construcción como “los materiales, productos o subproductos generados en los procesos de las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada”.

Clasifica a los generadores de RCD en dos categorías de acuerdo al volumen y establece los requerimientos ambientales que deben cumplir, como lo muestra la Tabla1.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

Tabla 1. Se identifica el volumen de residuos y en base a estos se siguen los aspectos mencionados. (Fuente: Gaceta Oficial Distrito Federal 2015)

Volumen de generación	Generador	Prestador de servicios (de transporte)	Centro de acopio	Centros de reciclaje y sitio de disposición final autorizados
Hasta 3 m ³	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dar aviso a la delegación del inicio de la obra 2. Contar con responsiva de entrega a centros de acopio, reciclaje o sitios de Disposición final autorizados 3. En caso de contratar a un prestador de servicios de transporte autorizado le deberá solicitar manifiesto entrega-recepción. 	Contar con manifiesto entrega-recepción	Contar con responsiva de recepción de los residuos.	Contar con Manifiesto entrega-recepción.
Más de 3 y hasta 7 m ³	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dar aviso a la delegación del inicio de obra y cumplir con lo indicado en el programa delegacional en la materia. 2. Contar con responsiva de entrega a centros de acopio, reciclaje o sitios de disposición final autorizados. 3. En caso de contratar a un prestador de servicios de transporte autorizado le deberá solicitar manifiesto entrega-recepción. 	Contar con manifiesto entrega-recepción	Contar con manifiesto entrega-recepción	
Más de 7 m ³	<p>En su caso con la autorización:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con un plan de manejo propio autorizado y en un prestador de servicios de transporte este Debe ser autorizado; 2. Contar con manifiesto entrega-recepción. 			

El plan de manejo de residuos, requerido en la Tabla 1 debe ser presentado ante la dependencia correspondiente para su evaluación y en su caso gestionar autorización, basados en lo establecido en la Ley de Residuos Sólidos y su Reglamento.

Al igual que la LGPGIR, la NADF-007-RNAT-2004 establece la responsabilidad compartida, la cual se refiere a que el generador de residuos de la construcción y el prestador de servicios son responsables solidarios del manejo hasta el destino final de los residuos.

Dentro de estas especificaciones establece que deberán sustituirse por lo menos un 25% de materiales vírgenes por materiales reciclados en la construcción de diferentes obras, salvo que se compruebe mediante estudios y pruebas de laboratorio un porcentaje diferente; teniendo como último recurso la disposición final de los residuos que no puedan ser aprovechados.

2.3 Deficiencias en el manejo y disposición final de los RCD

En la etapa de demolición se generan grandes volúmenes de residuos en períodos breves de tiempo; sin embargo, mediante esquemas apropiados de demolición, los residuos generados pueden separarse de forma selectiva para propiciar su recuperación.

En muchos de los casos realmente esto no es así. En las obras de ingeniería civil, tanto pequeñas como grandes, los RCD son mezclados unos con otros hasta que el servicio de acarreo, por parte del camión que recolecta los residuos, se lo lleva con el objetivo de obtener una remuneración por dicho servicio. La parte ambiental queda a la deriva, ya que comúnmente se observa un montón de RCD mezclados con basura que se han visto en los tiraderos e inclusive en la calle.

Esta es una deficiencia que existe en todo México, no se toma en cuenta el aspecto ecológico y estos RCD día con día irán creciendo (ton/día generados), si no se toman las medidas necesarias y no se toma conciencia de que estos RCD son reutilizables, pronto se tendrá un serio problema ambiental y social.(CMIC 2013).

La disposición final inadecuada de los RCD es una de las actividades que produce mayor impacto ambiental, ya que los sitios utilizados para su vertimiento suelen ser focos de atracción para el desecho de otro tipo de residuos, incluidos los peligrosos, así como para la proliferación de fauna nociva.

En el peor de los casos, los residuos provenientes de las demoliciones de las estructuras podrían contener materiales inflamables, residuos de asbesto y de pinturas con contenido de plomo, así como otros materiales peligrosos que pueden provocar la contaminación del suelo por la lixiviación de metales pesados y la contaminación de los mantos acuíferos.

Se dan los casos de recolección clandestina por camiones tipo volteo que depositan los residuos en lugares no autorizados y sin ningún mecanismo de regulación. En este punto es donde se incide en el ambiente y la salud pública, ya que los residuos son vertidos en suelo de conservación o barrancas de la Ciudad de México, lo que provoca acciones de degradación del

suelo o contaminación de los cuerpos superficiales de agua. Estos depósitos clandestinos propician, además, el vertido de residuos sólidos municipales y residuos peligrosos.

Las Delegaciones de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y en menor proporción Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta e Iztapalapa, presentan dentro de sus características topográficas barrancas, por lo que en estas delegaciones es común encontrar depósitos de residuos de la industria de la construcción (Semarnat, 2002).

Parte de los residuos de la construcción generados en la Ciudad de México eran llevados al relleno sanitario de Bordo Poniente, que hasta antes del 2012 se encontraba en su cuarta etapa y cuya capacidad estaba siendo rebasada por las grandes cantidades dispuestas diariamente de residuos sólidos municipales, por lo que la disposición de los RCD merma aún más su vida útil por los grandes volúmenes que ocupan.

Ante los antecedentes internacionales en cuanto a la gestión de los RCD, los principales enfoques ambientales empleados para la utilización de estos son la elaboración de estudios de impacto ambiental. Partiendo de este principio regulatorio, se puede dar un enfoque distinto abriendo el panorama a impulsar el uso de materiales reciclados, en específico en la arena y grava reciclada, ya que estos son los agregados pétreos que con mayor frecuencia se explotan en canteras y minas a cielo abierto para la industria de la construcción.

Es por ello que en el siguiente capítulo se hace una revisión de las posibles alternativas que se tienen en cuanto a maquinaria, para el ciclo de trituración que se pretende implementar, así como sus ventajas y desventajas. Aquí se decide cuál es el mejor camino para reciclar los RCD y poder impulsar este redituable negocio con un potencial considerable.

Por lo anterior, se presenta una metodología para un análisis financiero del proyecto que podría contribuir al aprovechamiento adecuado de los RCD, representando un negocio seguramente rentable.

2.4. Tipos de Escombros

2.4.1. Clasificación de los residuos de la construcción y demolición

Los residuos de la construcción y demolición están constituidos por un conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de la construcción, demolición, desmantelamiento y/o excavación, tales como tabiques, materiales pétreos, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción. Con el fin de promover el aprovechamiento de estos materiales, los residuos de la construcción y demolición se deben clasificar en las fracciones indicadas en la Tabla 2.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

Tabla 2. Clasificación de los residuos de la construcción y demolición y su posible reúso (Fuente: Gaceta oficial Distrito Federal 2015).

Tipo de residuo de la Construcción Y demolición	Posible reúso *	
A. Provenientes de concretos hidráulicos y morteros		
Elementos prefabricados Elementos estructurales y no estructurales Sobrantes de concreto en obra y premezclado	Bases Hidráulicas en caminos y estacionamientos. Concretos hidráulicos para la construcción de firmes, ciclo pistas, banquetas y guarniciones	
	Elaboración de productos prefabricados (Blocks, tabiques, adocretos, adopastos, losetas, guarniciones, bordillos, postes de cemento-arena)	
	Bases para ciclistas, firmes, guarniciones y banquetas.	
	Construcción de andadores	
	Sub-bases en caminos y estacionamientos.	
	Construcción de terraplenes.	
	Construcción de pedraplenes,	
	Material para relleno o para la elaboración de suelo – cemento.	
	Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno total de cepas.	
	Material para la conformación de terrenos. Rellenos en cimentaciones. Mobiliario urbano.	
	Construcción de muros divisorios.	
B. Mezclados		
Concretos hidráulicos	Sub-bases en caminos y estacionamientos. Construcción de terraplenes. Cobertura y caminos interiores en los rellenos sanitarios. Construcción de andadores Bases para ciclistas, firmes, guarniciones y banquetas, Material para lecho, acostillamiento de tuberías y relleno de cepas. Construcción de pedraplenes. Material para la conformación de terrenos** Relleno en jardineras Rellenos en cimentaciones.	
Morteros		
Blocks		
Tabicones		
Adoquines		
Tubos de albañal		
Cerámicos		
Mamposterías		
Prefabricados de arcilla recocida (Tabiques, ladrillos, etc.),		
Piedra braza		
Agregados pétreos		
C. Provenientes de fresado de concreto asfáltico*		
Carpeta asfáltica Bases negras		Bases asfálticas o negras.
	Concretos asfálticos elaborados en caliente.	
	Concretos asfálticos templados o tibios.	
	Concretos asfálticos elaborados en frío,	

D. Residuos de excavación	
Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.	Debe privilegiarse su separación para facilitar el reúso y reciclaje.
E. Residuos sólidos urbanos	
Papel y Cartón Madera Metales Plástico Residuos de podas, tala y jardinería. Vidrio Papel y Cartón Madera	Debe privilegiarse su separación para facilitar el reúso y reciclaje.
F. Otros	
Residuos de Impermeabilizantes, tablaroca, instalaciones eléctricas, asbesto, tubería, herrería, lodos bentoníticos.	Debe privilegiarse su reciclaje.

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

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

2.5. Almacenamiento de los residuos de la construcción y demolición

La Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-Rnat-2013 establece que el almacenamiento de residuos de construcción generados en el Distrito Federal, dentro de la fuente generadora o predio del proyecto arquitectónico únicamente debe ser temporal. Se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada y de conformidad con lo indicado en la Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-018-AMBT-2009. Deben retirarse los residuos en el plazo que establezca la presente Norma y demás disposiciones jurídicas correspondientes.

Conforme al volumen de generación de residuos de la construcción y demolición, el almacenamiento deberá llevarse de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3.

Tabla 3. Almacenamiento según volumen. (Fuente: NADF-007-Rnat-2013)

Cantidad	Tipo de almacenamiento
Hasta 7 m ³	Centros de acopio públicos o privados.
Más de 7 m ³	En el predio o centros de acopio públicos o privados.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE TRITURACIÓN

Para llevar a cabo el análisis en el proyecto de la planta de reciclaje, es indispensable tener en cuenta el equipo mínimo que se va a seleccionar para la posterior obtención de los productos finales: arena y grava. Se analizarán las características de los equipos de trituración y de esta manera se decidirá cuál es el más adecuado para obtener las diferentes granulometrías que se requieren.

También se estudiará la cantidad de escombros que se pueden recibir durante los primeros años de vida del proyecto, de tal forma que permita determinar la capacidad del sistema de trituración. En cuanto a la recepción de escombros, se tomará en cuenta sólo el que es reciclable; es decir, únicamente residuos de concreto para su beneficio, a través del ciclo de trituración que se implementará.

3.1 Descripción del Sistema de Trituración

En la industria existen equipos fijos y móviles los cuales trabajan con distinto suministro de energía para su posterior funcionamiento, esta puede ser energía eléctrica para los equipos fijos, y motores diésel para los equipos móviles. En el presente proyecto solo se abordarán equipos móviles, ya que estos no necesitan ningún tipo de cimentación, alimentación eléctrica. Esto generaría un costo de instalación y mano de obra, por lo cual la opción de los equipos móviles es la requerida.

A continuación se presenta una breve descripción de los equipos afines a los requerimientos del proyecto. Dentro de esta descripción se darán a conocer aspectos técnicos de dichos equipos.

3.1.1 Trituradora de quijadas

Las trituradoras de quijadas comprenden las denominadas de acción periódica, también conocidas como “trituradoras de mandíbulas” y las de acción continua, llamadas comúnmente “trituradoras giratorias” o “trituradoras cónicas”. Estos equipos están formados por dos quijadas dispuestas una enfrente de la otra en forma de V, una de las cuales es fija y la otra esta animada por un movimiento de oscilación alrededor de un eje horizontal generado por medio de un sistema de biela excéntrica y de placas de articulación. El ángulo formado entre las mandíbulas normalmente es de 26 grados, para aprisionar las partículas evitando que éstas caigan fuera del equipo.

El material introducido por la parte superior, es fragmentado debido al acercamiento de la quijada móvil y va descendiendo a la cámara de trituración con el alejamiento de dicha quijada. Este retroceso permite a los fragmentos generados descender hacia la parte más estrecha, donde

se someterán a una nueva compresión al avanzar la quijada. Finalmente el material triturado sale de la trituradora por la abertura inferior. Estos movimientos de acercamiento-alejamiento de la quijada móvil son los responsables de la trituración por compresión y del avance de los materiales por la cámara de trituración.

Estas trituradoras operan en condiciones extremadamente duras y, por tanto, son de construcción robusta. El marco o bastidor principal está hecho de hierro fundido al acero. Las quijadas también están hechas de acero fundido y se encuentran recubiertas por placas reemplazables de acero al manganeso u otras aleaciones, fijadas a las quijadas a través de pernos. Las otras paredes internas de la cámara de trituración también pueden estar forradas con acero al manganeso para evitar su desgaste (Fueyo Luis, 1999).

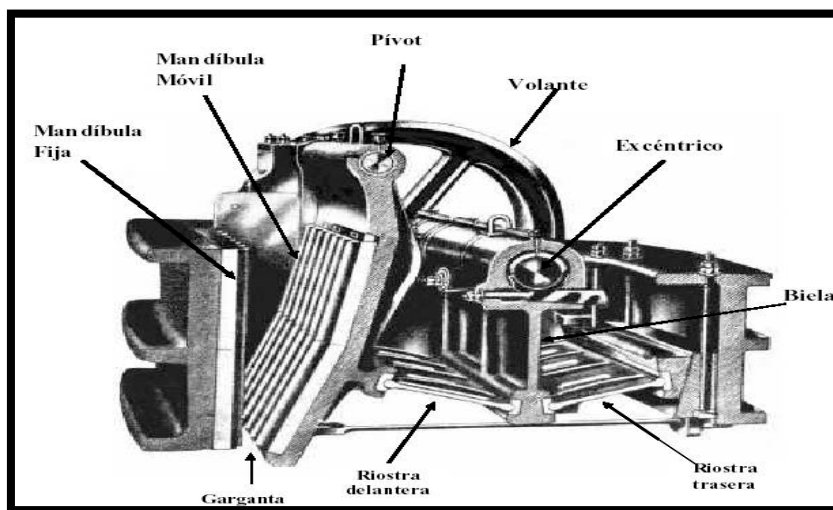


Figura 3. Trituradora de quijadas. (Fuente: Ingeniería de materiales 2015)

3.1.2 Trituradora de cono.

En estos equipos los materiales a triturar se reducen por compresión entre una pared cónica fija, denominada cóncavo, y tronco de cono móvil al cual se le denomina nuez o cabeza, que está dotado de un eje excéntrico en el interior del espacio limitado por ambas superficies. El cono móvil, en su desplazamiento de giro excéntrico en uno de los extremos, se acerca a cada una de las generatrices de la pared cónica fija y después se aleja sometiendo el material a sucesivas compresiones y liberaciones de presión. La nuez o cabeza, la cual es la parte giratoria del equipo va apoyada en la parte inferior y el eje superior del eje directriz de la nuez en su extremo superior oscila libremente y por lo general lleva un plato que hace la labor de distribuidor de la carga en toda la circunferencia de la boca de alimentación, la descarga por el diseño del cóncavo y nuez es prácticamente paralela como se puede observar en la Figura 4. Por lo general este tipo de equipos conforman la trituración secundaria y terciaria (UC, 2007).

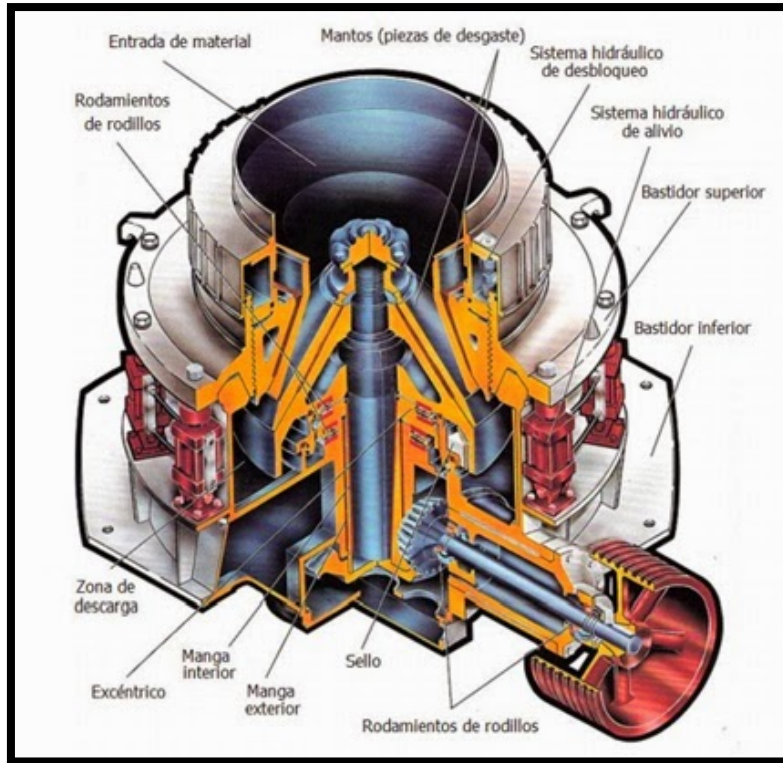


Figura 4. Trituradora de cono. (Fuente: Apuntes de ingeniería mecánica 2014)

3.1.2 Trituradora de impacto

Estos equipos trabajan aplicando una fuerza de manera brusca, choque o impacto, generado por la energía cinética diferencial entre el bloque a triturar y el movimiento de rotación de una masa pesada, rotor, provista de salientes en forma de martillos o de dientes prolongados. El material triturado es lanzado contra una quijada fija donde recibe un segundo, tercero, etc., impacto y se subdivide en fragmentos cada vez menores.

Se usa en trituración de forma genérica existiendo gamas preparadas para la trituración, primaria, secundaria y terciaria, con la salvedad que cuando se trabaja en la fracción terciaria a los equipos se les suele denominar molinos de martillos y su diferencia con otros equipos de trituración es el menor tamaño de entrada (UC 2007).



Figura 5. Trituradora de impacto horizontal (Fuente: Metso Minerals 2014).

3.1.4 Clasificación

Es una operación de separación por tamaño de fragmentos, dimensiones y formas variadas. La superficie con aberturas permite el paso de las partículas con dimensiones inferiores al tamaño de la abertura y se retiene no rechazan aquéllas con tamaño superior a la dimensión de la misma.

Maquinaria

También se cuenta con maquinaria para que la clasificación sea más simple y rápida como las cribas móviles, estos quipos pueden manejar hasta cuatro diferentes tamaños de granulometrías, los cuales son clasificados dependiendo el tipo de granulometría. Estos equipos suelen ir montados sobre orugas, ser computarizados e inclusive pueden ser manejados a control remoto.

Con estos equipos se tiene una gran versatilidad en la operación, ya que pueden ser desplazados de un área de trabajo a otra, lo que economiza la operación sin requerir de instalaciones especiales.



Figura 6. Equipo de cribado. (Fuente: Powerscreen 2014)

3.2 Circuito de trituración requerido

El circuito de trituración requerido para el presente proyecto, depende en primera instancia del tonelaje de agregados reciclados que se van a producir diariamente; también depende de la demanda que exista de dichos materiales y, por último, del escombros disponible por triturar. La presencia de los equipos mencionados anteriormente será tomada en cuenta, ya que para este tipo de proceso, en particular, sólo se requiere de trituración primaria y secundaria.

Para que los residuos sean susceptibles de reciclaje en la planta, es indispensable asegurarse que se encuentren libres de basura, madera, plástico, papel, textiles y materiales tóxicos; es decir, que no estén contaminados. A continuación se dará una breve descripción de lo mínimo requerido para la apertura de una planta de reciclaje, así como del circuito de trituración.

3.2.1 Equipo requerido

Una trituradora de quijadas, que puede ser completamente automatizada, tritura los residuos de construcción a diámetros que van de 3" - 3/4". La capacidad de esta trituradora estará en función de los metros cúbicos que se reciban diariamente de los RCD. Los bloques de concreto con que se alimentará a la trituradora tienen medidas variables, están en un promedio de 1 m de altura por 60 cm de ancho con 20 cm de espesor aproximadamente.

Se necesita una trituradora de cono para reducir el material de 3"-3/4" a un diámetro de 3/4" y finos (1/4", 3/16"), esta sería la segunda etapa de trituración. El material de 3" y mayor a 3/4" es separado en la criba y enviado a una trituradora de cono por medio de una banda mecánica. En la criba se separan los materiales de granulometrías de 3"-3/4", la cual consta de dos camas para la separación de estas granulometrías.

Con la finalidad de hacer una separación por tamaño del material, se puede emplear una criba, la cual separa los triturados por diámetros de 3", 3/4", 3/8", y 1/4", dependiendo de cuantas curvas diferentes de índices granulométricos se manejen.

Para alimentar de material a reciclar a la trituradora se utiliza una pala mecánica. Todas estas maquinarias están montadas en orugas mecánicas que les dan gran movilidad para trasladarse a distintos sitios de la planta. No es forzoso emplear una trituradora de cono para la segunda etapa. Como alternativa se podría incluir una trituradora de impacto, cuya capacidad permite llegar al tamaño de partículas finas. Al emplear sólo la trituradora de impacto, el equipo puede trabajar en un circuito cerrado, pasando el material las veces que sea necesario hasta llegar a finos o arenas.

Cuando la planta esté en funcionamiento, todos los equipos mencionados trabajan al mismo tiempo, porque es un proceso acoplado; es decir, que para que un equipo trabaje tiene que ser alimentado de un equipo anterior, esta operación es continua.

3.2.2 Descripción del proceso

La materia prima es recibida en camionetas de 3½ toneladas, camiones de 7 m³, y camiones tipo torton o tráileres. Cuando los camiones entrarán en la planta, se realizará una inspección visual de los materiales de construcción, esto con el fin de que no contengan residuos sólidos, como madera, plásticos, vidrio, desperdicio de jardines, materiales orgánicos y basura en general. Se deben registrar los datos generales del vehículo, la procedencia de los residuos y que cantidad es la que se va recibir.

Una vez que se autoriza la entrada del vehículo, el material podrá ser transportado hasta el área de almacenamiento. En el área de almacenamiento, el transporte de carga vaciará los residuos de construcción y abandonará la planta. Una vez vaciados los residuos, se agrupan según su composición. Es decir, si los residuos son únicamente de concreto, padecería de azulejo, tabique o una mezcla de los anteriores, se separan manualmente por 4 personas como máximo y una vez que el vehículo haya descargado. El material almacenado se rocía con agua antes de su trituración para evitar la emisión de partículas de polvo.

El siguiente paso consiste en alimentar la trituradora con bloques de concreto por medio de una pala mecánica. En la trituradora se reducen los bloques de construcción a un diámetro de 3", 3/4" y finos. Estos materiales posteriormente serán transportados, por medio de una banda mecánica (hecha de caucho y alma de acero) a una criba. Antes de llegar a la criba deberá haber un electroimán para separar los residuos metálicos que estén presentes en los desechos de construcción, que principalmente son varillas, clavos, alambro y alambre recocido.

Los equipos de trituración más recientes ya cuentan con bandas transportadoras, es por eso que no es necesario incluir bandas como equipo adicional al circuito de trituración. A grandes rasgos, este puede ser el circuito ideal para comenzar un proyecto sobre una planta de trituración para reciclar RCD.

3.2.3 Personal de operación

El personal necesario puede estar conformado por seis trabajadores:

- 1 jefe de la planta de reciclaje
- 1 obrero que supervisa la operación de la trituradora
- 1 operador de la trituradora de cono
- 2 obreros que realizan una limpieza manual al material triturado
- 1 obrero que supervisa las descargas de los camiones de transporte de los RCD

3.3 Equipo móvil

Para la nueva planta de trituración se requiere de equipo móvil, el cual consiste de un cargador frontal, una excavadora y un camión de volteo; con ello se facilitará el trabajo y resultará más cómodo manejar los materiales, tanto en la producción (trituración), como en el movimiento de los materiales, hacer maniobras o actividades diversas.

El equipo que se requiere estará en función de la capacidad de la planta, ya que no es recomendable tener equipos que no estén funcionando, pues en estos casos se estaría perdiendo una parte de la inversión inicial que se pretende realizar.

El equipo mínimo que se requiere será:

- Cargador frontal: el cargador frontal se utilizará para cargar los equipos (camionetas de 3½, camiones torton y tráileres), también podrá ser útil para mover materiales dentro del patio de operaciones.
- Excavadora: la excavadora tendrá el uso exclusivamente para alimentar la trituración primaria, en este caso la de quijadas.

Camión de volteo de 7 m³: el camión se utilizará para mover material dentro de la planta de reciclaje, también podrá estar al servicio de la planta para hacer fletes.

CAPÍTULO 4

PROYECTO PARA LA PLANTA DE RECICLAJE

4.1 Capacidad propuesta

Para establecer la capacidad de la planta de reciclaje, se van a tomar como referencia seis depósitos diferentes que reciben escombros y que se encuentran dentro de la Ciudad de México.

Se tiene que tomar en cuenta que el escombros que se recibe en estos seis depósitos no viene completamente limpio; es decir, sólo un porcentaje de él se puede reciclar para producir agregados reciclados. Dicho porcentaje está en el rango del 30% al 50%. Otro de los aspectos a considerar es que sólo uno se dedica al reciclaje de RCD (Concretos Reciclados) y es productor de agregados reciclados, los otros cinco depósitos se tomarán más como referencia del volumen de escombros que reciben. En la Tabla 4 se muestra un promedio por día, semana, mes y año de la cantidad de RCD que se recibe en estos depósitos. Con dichas cantidades se podrá definir la capacidad del proyecto.

Tabla 4. Depósitos de recepción de escombros

Depósito	Recepción de escombros por día(m ³)	Recepción de escombros por mes (m ³)	Recepción de escombros por año(m ³)
Concretos reciclados. Iztapalapa	772	19,300	237,578
Centro de transferencia CTC, Xochimilco	550	13,750	151,250
Casa Vázquez, Taxqueña	625	15,625	171,875
Casa Martínez, Coyoacán	712	17,800	195,800
Deposito Periférico Oriente	456	11,400	125,400
Deposito Juan Saldívar, el Sifón	315	7,825	86,625

Nota: Los datos fueron obtenidos de manera directa mediante consulta personal en los distintos depósitos

En todos los depósitos se consideraron días laborales, al mes 25 días, al año 11 meses, con motivo de los días de asueto, días festivos etc., aunque en algunos de estos depósitos, en dichos días, las instalaciones laboran medio día.

En el presente proyecto, es posible ajustar estas cantidades tomando en cuenta que la planta de reciclaje será instalada en un lugar nuevo para los consumidores. Se ajustará por este motivo la recepción de escombros y de igual manera los agregados producidos, proyectando estas cantidades a los cinco primeros años de vida del proyecto; conforme transcurran los años, la capacidad de la planta de reciclaje podrá ir en aumento.

La Tabla 5 muestra la recepción de escombros calculada para el proyecto propuesto que considera los cinco primeros años. Se hizo una estimación en base a la recepción de escombros por día, mes y año, variando los porcentajes de los 6 depósitos, tomando en cuenta que para los años siguientes los RCD irán en aumento. El porcentaje del escombros el cual es reciclable se estimó visualmente en dichos depósitos y haciendo una entrevista con el responsable de cada depósito, En el caso de que resulte redituable, se ajustarán los m³ como se mencionó. En cuanto

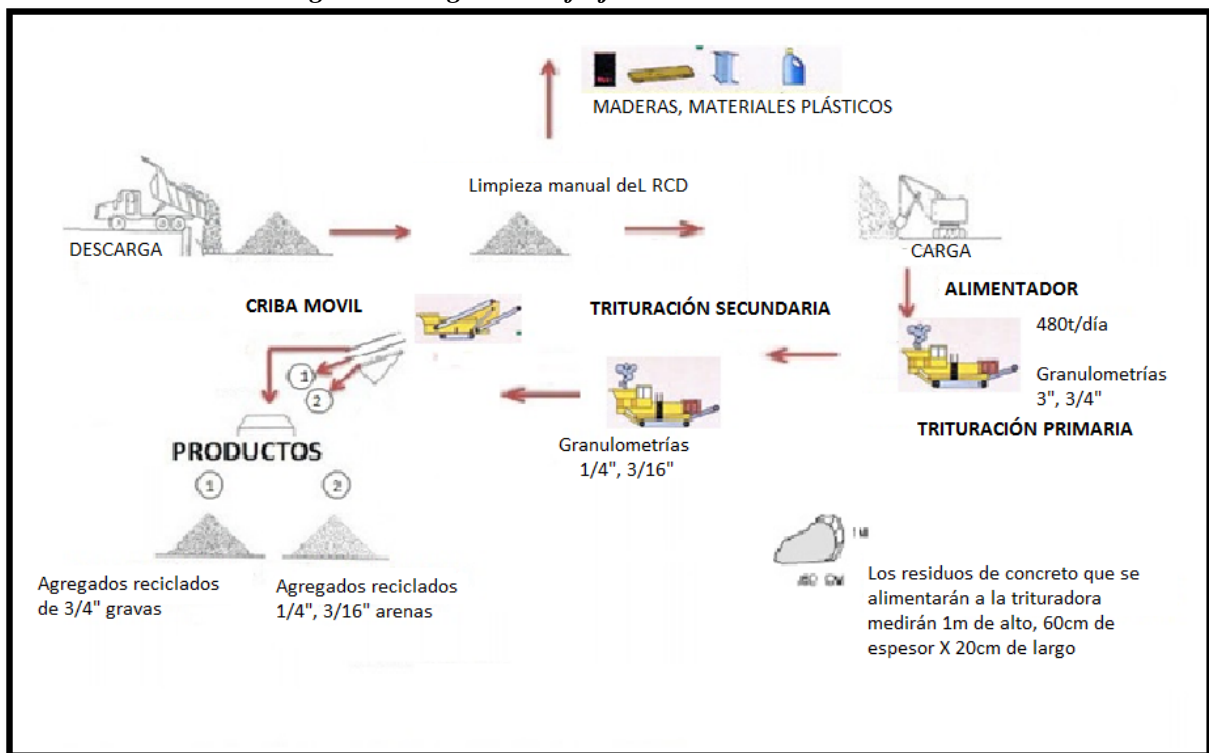
los depósitos investigados, se llevó a cabo una observación exhaustiva del volumen de escombros que se puede reciclar; en casi todos los casos es entre un 50 % y un 30% y, con base en ello, se podrá determinar la producción de arena y de grava reciclada.

Tabla 5. Recepción de escombros del proyecto

Año	Recepción de escombros por día (m ³)	Recepción de escombros mensual (m ³)	Recepción de escombros total anual (m ³)	Porcentaje de escombros que podrá reciclarse (%)	Escombros reciclables anualmente (m ³)	
0	2016	180	4500	49,500	50	24,750
1	2017	567	14,175	155,925	50	77,957
2	2018	725	18,125	199,375	43	87,934
3	2019	767	19,175	210,925	38	80,157
4	2020	897	22,425	246,675	40	98,670
5	2021	741	18,525	203,775	51	103,928

Con estas cantidades es posible establecer el volumen máximo que se podrá producir en la planta, tanto de agregados reciclados como el volumen de escombros a almacenar. La capacidad de la planta de reciclaje será de 480 toneladas por día. En el capítulo 5 se justificará dicho tonelaje.

Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de trituración.



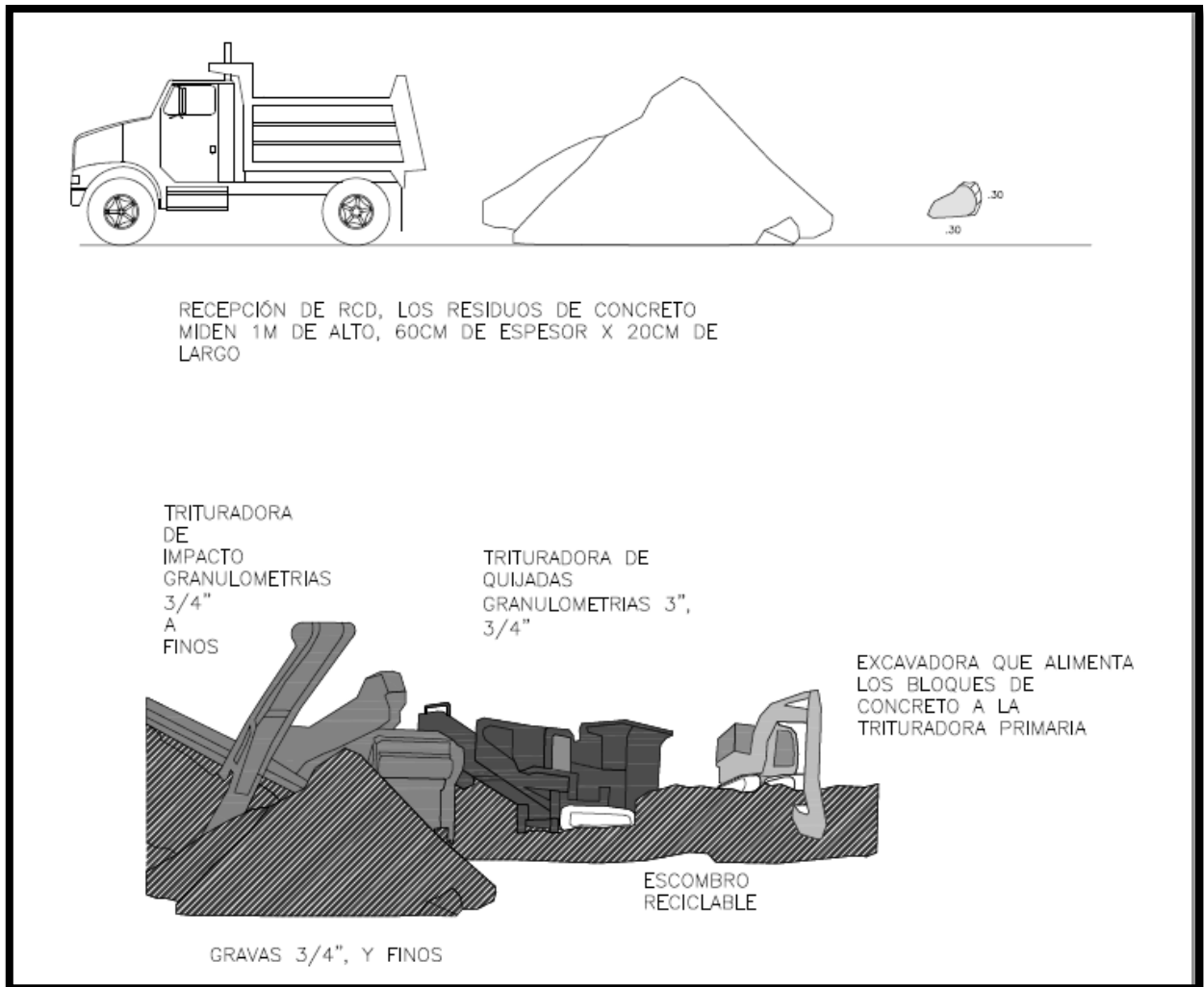


Figura 8. Sistema de trituración.

4.2 Selección del equipo de trituración

4.2.1 Trituradoras de quijadas

Para la trituración primaria se va seleccionar, de acuerdo con la capacidad de la planta (480 toneladas diarias), la trituradora de quijadas de marca Extec C-10; esta máquina compacta, auto-propulsada tiene una capacidad hasta de 95 toneladas por hora, dicho equipo cumple perfectamente con el tonelaje requerido.

La trituradora de quijadas recibirá los fragmentos de concreto, cuya medida en promedio es de 1m de altura por 60cm de ancho con un grosor de 20cm. La trituradora reducirá el tamaño de partícula de 3" a -3/4". Dado que tiene una capacidad de entre 65 y 95 toneladas por hora, se

tomará un promedio de 80 toneladas por hora. Se estima que la producción de la planta de reciclaje sea aproximadamente de 480t por día; no obstante, este tonelaje podrá variar ya que mucho depende del escombros recibido, así como las ventas de los agregados reciclados:

$480t / 80t/h = 5.6 \sim 6$ horas trabajando aproximadamente, por lo que la trituradora trabajará solo un turno.

Especificaciones

Triturador

- Apertura de alimentación 1000 x 650 mm
- Velocidad del Triturador 320 rpm
-

Alimentador

- Ancho de la tolva 1890 mm
- Ancho del alimentador 800 mm
- Largo del alimentador 3580 mm

Dimensiones

- Largo transporte 11715 mm
- Ancho transporte 2500 mm
- Altura transporte 3266 mm
- Largo trabajando 11746 mm
- Ancho trabajando 3846 mm
- Altura trabajando 3664 mm
- Peso 30750 Kg

Motor

- Deutz BF6M 1013 ECP
- Dieselhydraulicpower- 166 k 225 hp

La trituradora ya cuenta con bandas para el transporte de material.



Figura 9. Trituradora de quijadas Extec con capacidad de 480 ton/día. (Fuente: catálogo de equipos Extec)

La trituradora de quijadas tiene un precio de \$3'000,000.00 MN. El equipo es nuevo (Fuente. catálogo de trituradoras Extec Junio 2015).

4.2.2 Trituradora de impacto

Con base en el análisis hecho en el capítulo anterior, se implementará un sistema de trituración secundaria de impacto, cuyos equipos son los más revolucionados; la trituradora de impacto cuenta con un sistema de retorno, el cual consiste en pasar el material triturado por el impactador cuantas veces sea necesario, hasta obtener arenas con granulometrías de 1/4" y 3/16". Estos equipos son los que ofrecen una mejor forma (producto final) de las partículas, además de que resultan muy versátiles para el tipo de operación que se requiere. Las trituradoras de impacto horizontal son usadas en aplicaciones de cantera para etapas primarias, secundarias y terciarias. Este tipo de trituradoras proveen una gran confiabilidad, menos mantenimiento y reducción de los costos operativos.

El material recibido de la trituración primaria, en este caso la de quijadas, estará en un índice granulométrico de 3", 3/4", para posteriormente pasarlos a 1/4", 3/16" (arenas) con el circuito de retorno ya antes mencionado, después pasará a ser alimentado a la criba donde se clasificarán los diferentes materiales, que son arenas y gravas.

Selección de trituradora de impacto

Dados los requerimientos de la planta de reciclaje, se escogió la trituradora de impacto metso minerals lokotrack lt-1315. A continuación se abordarán las especificaciones del equipo así como el precio. La trituradora de impacto tendrá granulometrías de 3", 1 1/2" hasta finos o arenas (1/4", 3/16").

Lokotrack lt1315

- Trituradora por impacto Nordberg NP1315

- Abertura de alimentación: 1.540 x 930 mm

Tolva de alimentación

- Volumen: 8 m³
- Anchura: 2.750 mm
- Cinta transportadora de descarga principal H14-12
- Anchura de cinta: 1.400 mm
- Altura de descarga: 3,5 m

Motor

- Caterpillar C-15 diésel
- Autorización Tier 3
- Accionamiento directo de la trituradora
- Accionamientos de tipo hidráulico
- Dimensiones de transporte (unidad estándar)
- Longitud: 18.000 mm
- Anchura: 3.500 mm
- Altura: 3.800 mm
- Peso: 60.000 kg

Elementos de desgaste:

Entre los elementos de desgaste, los más importantes son las placas de trituración; es decir, los elementos que se encuentran en contacto directo con las rocas a triturar.

Mantenimiento:

La lubricación de la máquina, diversas piezas, varillas, resortes, rodamientos etc. son las piezas de mayor desgaste.

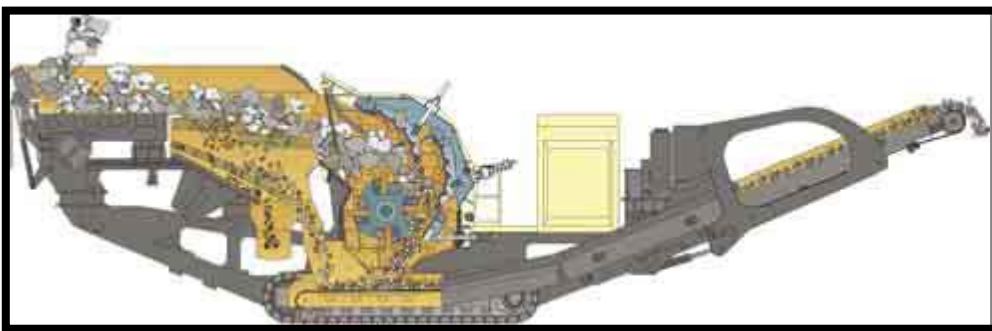


Figura 10. Trituradora de impacto, vista de perfil. (Fuente: manual de equipos Metso Minerals)



Figura 11. Material a procesar. (Fuente: manual de equipos Metso Minerals)



Figura 12. Equipo adaptado con bandas. (Fuente: manual de equipos Metso Minerals)

El equipo es nuevo y el precio de lista por el fabricante es de \$4'000,000.00 M.N. (Fuente: Metso Minerals. Junio 2015)

4.2.3 Criba de trituración

Equipo de cribado

Montado sobre orugas, computarizado y manejado a control remoto, este equipo permite clasificar materiales con 4 curvas granulométricas diferentes.

Con estos equipos se tiene una gran versatilidad en la operación, ya que pueden ser desplazados de un almacén a otro, lo que economiza la operación sin requerir de instalaciones especiales.

Se escogió el modelo Powerscreen Chieftain 400 que está diseñado para pequeñas canteras y minas a cielo abierto, este equipo es capaz de producir agregados hasta 150 tph; lo que producirá la planta de reciclaje serán entre 80 y 90 tph. Las características por las que destacan los modelos superiores de la gama son la rejilla de volteo, el transportador principal, la cribadora de dos pisos y alto rendimiento y los transportadores plegables hidráulicos.

Características y beneficios

- Alimentación directa: Chieftain 400
- Rejilla de volteo de control por radio
- Caja de cribado de 2 pisos y 4 cojinetes engrasados patentados
- Ajuste hidráulico del ángulo de cribado
- Tensado hidráulico de la cribadora
- Pasarela y escalera de acceso a la cribadora
- Transportadores de plegado hidráulico
- Sistema de detención para la protección del motor

Opciones

- Orugas o ruedas
- Rejilla vibratoria de dos pisos
- Radiocontrol de las orugas
- Versión eléctrica con ruedas
- Anti-retroceso
- Potencial de salida: hasta 150 tph (165 US tph)



*Figura 13. Criba de trituración, como clasificación de los distintos tipos de agregados reciclados.
(Fuente: Powerscreen)*

La criba tiene un precio dado por el fabricante de \$3' 150,000.00 M.N. (Fuente: Powerscreen, Junio 2015)

4.3 Selección del equipo móvil

En esta sección se abordará la selección del cargador frontal, la excavadora y el camión de volteo de 7m³.

4.3.1 Cargador frontal

El cargador frontal necesario para cargar el material a los camiones y probablemente para mover el material dentro de las instalaciones, será operado por una sola persona, teniendo en consideración que sólo habrá un turno en el arranque del proyecto.

Motor

Tabla 6. Potencia del motor del cargador frontal. (Fuente: manual PDF Caterpillar)

Modelo de motor	Caterpillar	C13 ATAAC
Potencia bruta SAE J1995	229 Kw	307 hp
Potencia neta – ISO 9249	214 Kw	287 hp
• Motor Caterpillar con tecnología ACERT™ –		

Cucharón

- Capacidades de los cucharones: 3,8-4,6 m³ (5,0-6,0 yd³)
- Capacidad en kg: 2940kg

Se escogió este cargador frontal Caterpillar debido a las diferentes alturas y características de los vehículos que ingresarán a la planta de reciclaje para cargar los agregados reciclados; este aspecto va ligado con la producción de dichos productos que será de 480 toneladas diarias. Los vehículos más frecuentes serán camiones de 6m³ y camionetas de 3m³. Por ejemplo: un camión de 6m³ podrá ser llenado con 3 cucharones del cargador frontal. Posiblemente, si el proyecto incrementa su producción de agregados reciclados, podría incluirse uno de mayor capacidad.

Pesos del equipo

- Peso en orden de trabajo: 25.148 kg
- Para cucharón de uso general de 4,6 m³ (6,0 yd³)

Especificaciones de operación

- Carga límite de equilibrio estático a pleno giro: 16.903 kg - 37.271 lb
- Para cucharón de uso general de: 4,6 m³ (6,0 yd³)

Tabla 7. Características generales del cargador frontal. (Fuente: manual PDF Caterpillar)

Fiabilidad	Durabilidad	Productividad	Facilidad de servicio
<ul style="list-style-type: none"> Componentes de funcionamiento demostrado y tecnología que equivalen a una fiabilidad demostrada 	<ul style="list-style-type: none"> La tecnología ACERT™ mantiene el rendimiento, la eficiencia y la durabilidad a la vez que cumple con las regulaciones de emisiones 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclos acortados gracias a un sistema hidráulico de detección de carga 	<ul style="list-style-type: none"> Centros de servicio para efectuar un mantenimiento conveniente
<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de diagnóstico que supervisan el estado del producto para asegurar la fiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Componentes de servicio pesado que resisten todas las condiciones de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Potencia neta constante en toda la gama de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Acceso excepcional a los puntos de servicio
<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de piezas y respaldo del distribuidor sin paralelo 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras fuertes y macizas fabricadas para durar 	<ul style="list-style-type: none"> Excavación automática de agregados que automatiza el proceso de carga 	<ul style="list-style-type: none"> Los sistemas monitores y el respaldo del distribuidor reducen el inesperado tiempo de inactividad



Figura 14. Cargador frontal. (Fuente: mercado libre México)

A manera de ejemplo, en el portal mercadolibre.com.mx, un equipo que tiene 11,966 horas de uso, del año 2009 presenta un precio de venta de: \$1'760,000.00 MN (Mercado libre México, Junio 2015).

4.3.2 Excavadora

Excavadora Hidráulica 320 D CATERPILLAR

Es necesario adquirir una excavadora hidráulica para alimentar de material a la trituradora. Este equipo estará trabajando continuamente en dicha actividad.

La excavadora que se eligió cuenta con 2,425 horas de uso y va de acuerdo con la alimentación de la trituradora primaria cuya capacidad es de 80 toneladas por hora promedio o 480 t/día; por lo tanto, se necesita una excavadora con capacidad de 0.7m³. A continuación se darán las especificaciones del equipo requerido:

Marca y modelo

Caterpillar, 2010.

Motor y sistema hidráulico

Motor Diésel Industrial Cat C6.6 de seis cilindros en línea de cuatro tiempos con inyección directa y 6.6 litros de desplazamiento. El rango de potencia va desde 89 hasta 129,4 kW (119,3-173,5 bhp) a 2.200 rpm y cumple con los estándares de emisiones Tier 4 Interim de la EPA de EE.UU., Stage IIIB de la Unión Europea (Cat, 2016).

Los catálogos del producto indican que el Cat C6.6 mejora la comodidad del operador al reducir el ruido y la vibración (Ídem, 2016).

Capacidad del cucharón

- 1 m³, aproximadamente 750kg
- Ancho del cucharón 1.232 mm
- Ancho de zapata de cadena 790 mm
- Sistema hidráulico

La presión del sistema hidráulico es 35,000 kPa, con flujo de 205 l/min de las dos bombas hidráulicas para mayor rendimiento y productividad de excavación.

Sistema Hidráulico de detección cruzada

El sistema hidráulico de detección cruzada utiliza las dos bombas hidráulicas al 100 % de la potencia del motor, en todas las condiciones de funcionamiento. Esto mejora la productividad gracias a que aumenta la velocidad del implemento y permite hacer giros más rápidos y más fuertes.

Plumas, brazos y accesorios

Los varillajes delanteros de Cat están diseñados para máxima flexibilidad, productividad y eficiencia en cualquier aplicación (Ídem, 2016)



Figura 15. Excavadora hidráulica como alimentación principal a la trituradora primaria. (Fuente: Mercado libre México)

La excavadora es del año 2010, con 2,425 horas de uso. Precio: \$1'920,000.00 MN (Fuente: Mercado libre México, Junio 2015)

4.3.3 Camión de Volteo

El camión que será adquirido de igual forma podrá ser un equipo usado. Este tendrá la función de mover material de un lugar a otro y hacer maniobras, junto con el cargador frontal.

Características del camión

- Camión Dina volteo de 7 m³
- Motor: Perkins F-4
- Transmisión: 5 vel. c/dual
- Caja nueva de 7 m³. fabricada en placa 3/16"
- Equipo hidráulico nuevo
- Kilómetros: 355
- Año: 1990
- Capacidad de carga (Kg): 10 Toneladas
- Medida del neumático: 10020
- Cilindros: 6



Figura 16. Camión de volteo año 1990, como uso exclusivo del proyecto de la nueva planta de reciclaje para hacer maniobras (Fuente: Mercado libre México).

PRECIO: \$ 215,000.00 MN (Fuente: Mercado libre México, Junio 2015)

4.4. Sitio de propuesta de la nueva planta de reciclaje.

Actualmente en la Ciudad de México sólo se cuenta con una planta de reciclaje. Desde sus inicios en el año 2003, se ha venido impulsando el manejo integral de los RCD para que sean aprovechados con la finalidad de producir agregados reciclados; sin embargo, la falta de interés por parte de la sociedad sobre estos materiales procesados, no le ha permitido un crecimiento óptimo.

Existe una gran falta de conciencia y de políticas para el aprovechamiento de estos residuos, cuyo resultado derive en llevar acabo de forma responsable y sostenible el reciclaje de RCD, esto visto desde un punto estratégico en cuanto a negocios se refiere. Debido a la falta de interés por parte de la sociedad, no ha sido posible de manera concreta poder hacer del reciclaje de los RCD una industria redituable, teniendo en cuenta los grandes beneficios que ello tendría como los que a continuación se mencionan:

- Reducir el consumo de agregados pétreos naturales y minimizar o retardar la explotación de bancos nuevos.
- Impulsar la gestión adecuada de los RCD, promover la utilización de agregados reciclados y minimizar los sitios de disposición final de los RCD.
- Impulsar la innovación de tecnologías y calidad en los procesos que lleven a la utilización óptima de los agregados reciclados, acordes con el concepto de construcción sustentable.
- Divulgar las cualidades de los agregados reciclados y paralelamente dar a conocer la cualidades y ventajas sociales como medio ambientales de la actividad.

Observando estos aspectos, y considerando la cantidad de escombros que se producen en México, se afirma que es posible implementar una nueva planta para el reciclado de los RCD y darles el impulso referido a las sociedades. La Ciudad de México es la segunda entidad federativa del país más poblada, sólo por debajo del Estado de México, cuenta con 8 millones 873 mil 017 habitantes.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la ciudad de México habitan 4 millones 627 mil 024 mujeres y 4 millones 245 mil 993 hombres. Los resultados preliminares del Censo de Población 2015 arrojaron que las cinco delegaciones más pobladas son Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Tláhuac, Tlalpan y Coyoacán.

Con base en lo anterior, y viendo la concentración de la población que existe en las delegaciones mencionadas, lo situación óptima y efectiva para la Ciudad de México consistiría en proponer nuevas plantas de reciclaje para el mayor aprovechamiento de los RCD, ya que hay más posibilidades de que este tipo de concentración de masas realice

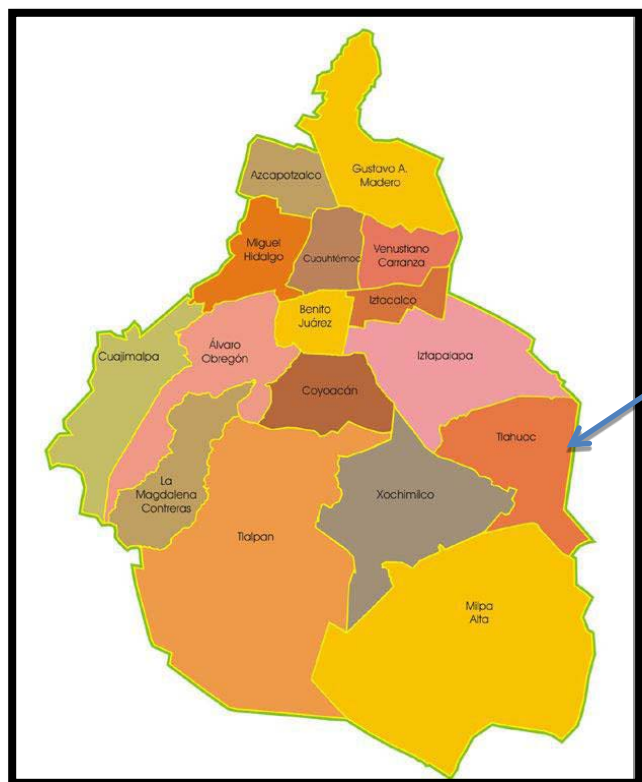
remodelaciones, construcciones, edificaciones, así como demoliciones; he aquí el aspecto del ciclo que llevan los RCD y su disposición final.

Por otra parte, en las delegaciones donde hay más construcciones, como edificaciones y condominios, están Álvaro Obregón y Benito Juárez; en las delegaciones donde hay más actividad en cuanto a remodelaciones y casas habitación se encuentran Iztapalapa, Tláhuac y Gustavo A. Madero (CMIC 2014).

Se investigaron las distintas delegaciones de la Ciudad de México para determinar cuál sería la más adecuada en función de: disponibilidad de terrenos, densidad de población, así como también de la facilidad de instalar el equipo y las construcciones pertinentes para la apertura del proyecto. Se encontró que en la delegación Tláhuac, hay varios terrenos disponibles y de gran extensión, y la población es moderada.

La delegación Tláhuac se considera un lugar adecuado, debido a que es una delegación con una gran extensión, además la topografía es plana y los trabajos de preparación serían mínimos para instalar la planta de reciclaje.

Esta opción se consideraría entonces, como un parteaguas para el emprendimiento a futuro en las demás delegaciones, implementando el mismo mecanismo de trabajo, objeto de esta tesis, e impulsando el uso y la recomendación del material reciclado aprobado por un estricto control de calidad. Cabe destacar, por cierto, que en algunas ocasiones los RCD superan las características al material de un banco pétreo.



**LUGAR DONDE SE PROPONE
INSTALARLA PLANTA DE RECICLAJE**

*Figura 17. Ubicación la planta de reciclaje.
(Fuente: INEGI 2016)*

El terreno propuesto se ubica en la delegación Tláhuac, colonia Tempiluli, y mide 10,000 m² cuyo precio de venta es de \$12'500,000.00, negociable a 5 hectáreas por \$6'500,000.00



Figura 18. Extensión del área 10 hectáreas, negociable 5 hectáreas. (Fuente: Mercado libre México, junio 2015)

4.5. Servicio de recolección como fuente de abastecimiento de los RCD

4.5.1 Servicio de recolección in situ de los RCD

En numerosas obras de ingeniería civil se requieren grandes cantidades de material pétreo, tanto en las pequeñas como en las grandes obras, así como también en las remodelaciones a menor escala. A partir de estos aspectos, se genera escombros de las edificaciones y mucho depende del ingeniero al frente de la obra o, en este caso, del responsable y hasta de la constructora contratada, el buen manejo de sus residuos.

Siendo así, el aprovechamiento de los RCD depende tanto de la persona encargada de la obra, como del materialista, quien provee de los agregados pétreos a este tipo de obras. Se podría manejar de esta forma:

- Materialista. Servicio de recolección
- Personal responsable de la obra. Separar a partir de la misma obra, los RCD, aprovechables y no aprovechables.

De esta manera se podría dar cumplimiento a las distintas normativas en donde se especifican los requisitos que las obras deben cumplir. En el mejor de los casos esto sería más congruente para el responsable de la obra, pero el servicio de recolección no se queda atrás. Se propone disminuir costos tanto para el que recibe el escombros en los tiraderos (la nueva planta de trituración), como para el que los recoge en la misma construcción o

edificación según sea el caso, pero con el requisito importante de que estos escombros vengan lo más limpios posible (sin basura).

4.5.2 Diseño para el desmantelamiento

Considerar el desmantelamiento en el momento de diseñar una edificación mejora las posibilidades de construir circuitos cerrados. Los beneficios son múltiples, se minimiza la eventual generación de RCD y se reduce la demanda de nuevos materiales para futuros proyectos. Los diseños deben considerar maneras de maximizar las posibilidades de reutilización o al menos posibilidades de reciclar la estructura y sus componentes.

Como primer paso los diseños que permiten una eventual adaptación o renovación de la estructura pueden facilitar sustituciones parciales que alarguen la vida útil de la edificación. Mantener los componentes separados o separables es clave para la reutilización o reciclaje de los componentes. Además, es pertinente la evaluación de cualquier posible problema de contaminación.

Una de las características más importantes del concreto es su durabilidad. El mejor diseño para el desmantelamiento es permitir su reutilización *in situ*; el concreto puede ser un material ideal de construcción, ya que estas edificaciones pueden ser adaptadas y renovadas para futuros usos durante varias décadas.

4.6 Comercialización del producto

De acuerdo con los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda 2015, en México habitan más de 112 millones de habitantes, en su mayoría jóvenes, que en los próximos 20 años serán fuertes demandantes de vivienda y servicios. Dada la alta correlación de la industria de la construcción con esta actividad extractiva y de reciclaje, cabe esperar que la demanda de arena y grava mantenga su tendencia ascendente, lo cual requerirá respuestas satisfactorias por parte de la oferta, en especial aquéllas que estén cerca de los polos de desarrollo habitacional, industrial y carretero.

Con estos datos es posible introducir los materiales reciclados, referido a este tipo de personas, que emprenden una nueva etapa de vida, además de que los materiales reciclados poseen precios menores a los de un banco pétreo; por este lado conviene en un mayor porcentaje, además de que ya han sido aprobados para su posterior uso. Cabe mencionar una desventaja, la cual conlleva a que estos materiales reciclados no tengan la misma calidad que el material pétreo; sin embargo, en muchas ocasiones las pruebas han salido satisfactorias, teniendo resultados de calidad superiores al material virgen pétreo (Rivera. M. J., 2007).

En un segundo plano, están todas aquellas empresas que en su mayoría demandan grandes cantidades de material pétreo, en particular la arena, que es el material de mayor importancia en diversos procesos ya sea para producir desde cemento hasta un tabique. De esta forma se tiene un potencial mercado en este tipo de industrias para la arena reciclada, se podría comercializar a un atractivo precio. Con base tanto en las características de estas arenas, como en el respaldo de las pruebas físicas, se podría colocar este material como una gran fuente de abastecimiento para la industria de la construcción, minimizando el impacto ambiental e incluso la posibilidad de abrir más plantas de reciclaje en las delegaciones más pobladas de la Ciudad de México tal y como se hizo en el análisis en el presente proyecto.

Es evidente que en la Ciudad de México ha habido un sin número de obras viales, segundos pisos en los ejes, la gran extensión de la línea 12 del metro, etc. Es muy factible introducir los materiales reciclados en este tipo de obras, porque han sido recomendados como sub-bases, y como se ha venido mencionando, han pasado ya por un control de calidad. Con respecto al gran número de obras que se vienen realizando en la Ciudad, es posible llegar a un acuerdo entre las grandes constructoras y el Gobierno en turno para el uso de los agregados reciclados. Tal es el caso del nuevo proyecto para la construcción del aeropuerto, el cual demandará la apertura de nuevas minas para obtener los materiales pétreos.

Una forma de introducir los agregados reciclados a la industria de la construcción, podría empezar en las casas de materiales para construcción, revolviendo los agregados reciclados con los agregados naturales, de esta forma se mezclan estos dos tipos de materiales quedando a la venta este material con un atractivo precio, pero siempre haciéndole saber a los consumidores la razón lógica al precio fijo. De igual forma podrían ocuparse en los procesos para producción de cemento y elaboración de tabiques, ya que estos productos ocupan grandes cantidades de agregados pétreos, sin tomar en cuenta los agregados reciclados de calidad deseable. Se podría implementar un porcentaje de agregados reciclados en dichos procesos, moderando el uso excesivo de los agregados pétreos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS FINANCIERO

En el siguiente capítulo se abordarán los costos de inversión que se tendrán en el proyecto, así como también; los costos consumibles, salario de personal, depreciación del equipo, ingresos estimados en los primeros 5 años del proyecto, y para finalizar si el proyecto es viable para su posterior apertura.

5.1 Inversión requerida

En la Tabla 8 se resume la cantidad de equipo necesaria para la planta.

Tabla 8. Equipo mínimo requerido para la apertura de la planta de reciclaje

	No.	Equipo o Material	Costo/unidad MN	Costo MN
PLANTA DE RECICLAJE	1	Trituradora de quijada	\$3,000,000.00	\$3,000,000.00
	1	Trituradora de impacto	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00
	1	Cargador frontal	\$1,760,000.00	\$1,760,000.00
	1	Excavadora	\$1,920,000.00	\$1,920,000.00
	1	Camión de volteo	\$215,000.00	\$215,000.00
	1	Criba de trituración	\$3,150,000.00	\$3,150,000.00
			TOTAL =	\$14,045,000.00M.N

Costo total del equipo: \$14,045,000 M.N

TOTAL= Costo total del equipo: \$14,045,000.00 M.N + lugar donde se pondrá la planta de reciclaje \$6,500,000. M.N= \$20,545,000.00 MN

5.2 Costos de operación

La producción de arena y grava no depende de la disponibilidad de escombros, ya que éste difícilmente se reducirá, más bien depende de la demanda de material reciclado por parte de los consumidores. Los costos de operación son variables debido al escombros por triturar y a la demanda de los agregados reciclados. Se abordará en la Tabla 9 la estimación de costos con respecto a la producción de los agregados reciclados y la producción máxima del equipo de trituración. Estos costos consumibles fueron sacados mediante una investigación que consta de 6 depósitos de escombros y venta de agregados pétreos, de aquí se estimó la cantidad de escombros recibidos. Posteriormente, se calculó la producción de agregados reciclados, de esta forma se pudieron calcular los costos operativos del proyecto para los primeros 5 años de vida del proyecto, para determinar su posible viabilidad.

CAPÍTULO 5.-ANÁLISIS FINANCIERO

Tabla 9. Estimación de costos consumibles

PLANTA DE RECICLAJE							
Cuenta	CONSUMIBLES VARIOS	Año 0	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año
MATERIALES							
	Aceites y grasas	3,062.5	6,125.0	9,187.5	12,250.0	12,617.5	12,996.0
	Maniobras en planta	424.5	849.0	1,273.5	1,698.0	1,748.9	1,801.4
	Materiales p/seguridad	2,325.0	4,650.0	6,975.0	9,300.0	9,579.0	9,866.4
	Cables Eléctricos	1,825.0	3,650.0	5,475.0	7,300.0	7,519.0	7,744.6
	Diesel	86,539.1	173,078.1	259,617.2	346,156.3	356,540.9	367,237.2
	Gasolina	855.0	1,710.0	2,565.0	3,420.0	3,522.6	3,628.3
	Llantas	5,175.0	10,350.0	15,525.0	20,700.0	21,321.0	21,960.6
	Tuberías y conexiones	2,125.0	4,250.0	6,375.0	8,500.0	8,755.0	9,017.7
	Placas, filtros	1,142.0	2,284.0	3,426.0	4,568.0	4,705.0	4,846.2
	Refacciones S.T.	42,250.0	84,500.0	126,750.0	169,000.0	174,070.0	179,292.1
	Otros materiales(utilería-oficina)	2,800.0	5,600.0	8,400.0	11,200.0	11,536.0	11,882.1
	SUBTOTAL	\$ 148,523.00	\$ 297,046.00	\$ 445,569.00	\$ 594,092.00	\$ 611,915.00	\$ 630,272.00
	GASTOS GENERALES	AÑO 0	1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO	4to AÑO	5to AÑO
	Energía eléctrica	2,150.0	4,300.0	6,450.0	8,600.0	8,858.0	9,123.7
	Fletes, retiro de escombros	47,972.3	95,944.5	143,916.8	148,234.3	152,681.3	157,261.7
	Fletes Varios	25.0	50.0	75.0	100.0	103.0	106.1
	Otros Gastos(agua)	1,162.0	2,324.0	3,486.0	4,648.0	4,787.4	4,931.1
	SUBTOTAL	\$ 51,309.00	\$ 102,619.00	\$ 153,928.00	\$ 161,582.00	\$ 166,430.00	\$ 171,423.00
	TOTAL	\$199,832.00	\$399,665.00	\$599,497.00	\$755,674.00	\$778,345.00	\$801,695.00

(Los precios consumibles se consultaron por medio del Ingeniero Marcos Sánchez Martínez. Unidad Xometla Agremex, Febrero del 2015)

5.3. Depreciación

La depreciación que se consideró en el análisis financiero es lineal y a cinco años, en los siguientes años se podrá analizar qué tan viable es. En las *Tablas* de depreciación 10 y 11, sólo se muestra el valor durante los primeros 5 años de vida de todos los bienes depreciables con los que contaría la planta de reciclaje. El valor de rescate que se consideró para la depreciación fue del 10% del valor de adquisición.

CAPÍTULO 5.-ANÁLISIS FINANCIERO

Tabla 10. Muestra las diferentes edificaciones que se depreciarán con el tiempo

No.	Cuentas	Detalle	Costo/U	Costo MN	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año	6to. Año	\$ Resc 10%
	TERRENOS			6,500,000							
	CONCESION			30,000	24,600.00	20,280.00	16,824.00	14,059.20	11,847.40	10,077.90	3,000.00
	Mobiliario			12,662	10,382.80	8,559.50	7,100.80	5,933.90	5,000.40	4,253.50	1,266.20
	Edificios:	Oficinas Generales		20,000	16,400.00	13,520.00	11,216.00	9,372.80	7,898.20	6,718.60	2,000.00
		Oficina de Planta		15,000	12,300.00	10,140.00	8,412.00	7,029.60	5,923.70	5,038.90	1,500.00
		Taller Mantenimiento		20,000	16,400.00	13,520.00	11,216.00	9,372.80	7,898.20	6,718.60	2,000.00
		Almacén General		30,000	24,600.00	20,280.00	16,824.00	14,059.20	11,847.40	10,077.90	3,000.00
				Total= \$6,627,662 .00	\$ 104,683 .	\$ 86,300	\$ 71,593	\$ 59,828	\$ 50,415	\$ 42,885	\$ 12,766 .00

No.	Equipo o Material	Costo M/N	Costo M/N	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año	6to. Año	\$ Rescate
1	Trituradora de quijada	3,000,000.00	3,000,000.00	2,460,000.00	2,028,000.00	1,682,400.00	1,405,920.00	1,184,736.00	1,007,788.80	300,000.00
1	Trituradora de impacto	4,000,000.00	4,000,000.00	3,280,000.00	2,704,000.00	2,243,200.00	1,874,560.00	1,579,648.00	1,343,718.40	400,000.00
1	Cargador Frontal	1,760,000.00	1,760,000.00	1,443,200.00	1,189,760.00	987,008.00	824,806.40	695,045.10	591,236.10	176,000.00
1	Excavadora	1,920,000.00	1,920,000.00	1,574,400.00	1,297,920.00	1,076,736.00	899,788.80	758,231.00	644,984.80	192,000.00
1	Camion de Volteo	215,000.00	215,000.00	176,300.00	145,340.00	120,572.00	100,757.60	84,906.10	72,224.90	21,500.00
1	Criba de trituracion	3,150,000.00	3,150,000.00	2,583,000.00	2,129,400.00	1,766,520.00	1,476,216.00	1,243,972.80	1,058,178.20	315,000.00
		TOTAL =	\$14,045,000	\$11,516,900	\$9,494,420	\$7,876,436	\$6,582,049	\$5,546,539	\$4,718,131	1,404,500.00

Tabla 11. Depreciación lineal a 5 años con rescate del 10%

5.4 Salarios

Los salarios considerados en este proyecto se tomaron con base en los que actualmente maneja la Ciudad de México; se muestra en las Tablas 12 y 13 en columnas de: día / semana, mes / año. Se consideran como días laborales al mes 25 días y al año 11 meses.

5.4.1 Salarios del personal de planta

Tabla 12. Salarios de personal de planta

Cantidad	Categoría	Sueldo/día	Sueldo/sem	Sueldo/mes	Total/mes	Total /año
		\$ MN	\$ MN	\$ MN	\$ MN	\$ MN
1	Superintendente	463	2,778.00	11,112.00	11,112.00	133,344.00
1	Jefe de planta	337	2,022.00	8,088.00	8,088.00	97,056.00
2	Supervisores	304	1,824.00	7,296.00	14,592.00	175,104.00
4	Mantenimiento	194	1,164.00	4,656.00	18,624.00	223,488.00
2	Operadores	308	1,848.00	7,392.00	14,784.00	177,408.00
2	Ayudante de servicios	254	1,524.00	6,096.00	12,192.00	146,304.00
2	Limpieza	173	1,038.00	4,152.00	8,304.00	99,648.00
1	Chofer	207	1,240.00	5,802.40	5,802.40	64,301.00
15	15 empleados	TOTAL PLANTA/AÑO =			\$1,055,980.80	

5.4.2 Salarios del personal administrativo

Tabla 13. Salarios de personal administrativo

<i>Cantidad</i>	<i>Categoría</i>	<i>Sueldo/día</i>	<i>Sueldo/sem</i>	<i>Sueldo/mes</i>	<i>Total/mes</i>	<i>Total/año</i>
		<i>\$ MN</i>	<i>\$ MN</i>	<i>\$ MN</i>	<i>\$ MN</i>	<i>\$ MN</i>
1	Gerente	574	3,444.00	13,776.00	13,776.00	165,312.00
1	Contralor	552	3,312.00	13,248.00	13,248.00	158,976.00
1	Recursos humanos	392	2,352.00	9,408.00	9,408.00	112,896.00
1	Contador	262	1,572.00	6,288.00	6,288.00	75,456.00
2	Servicios generales	274	1,644.00	6,576.00	13,152.00	157,824.00
2	Secretarias	174	1,044.00	4,176.00	12,528.00	150,336.00
2	Ayudantes generales	140	840	3,360.00	6,720.00	80,640.00
10	10 empleados					TOTAL ADMON/AÑO = \$1,022,400.00
						TOTAL /AÑO = \$2,078,380.80

CAPÍTULO 5.-ANÁLISIS FINANCIERO

La tabla 14 muestra durante los 5 primeros años del proyecto lo que se gastará en cuanto a los sueldos de todos los trabajadores.

Tabla 14. Sueldos de los trabajadores en los diferentes años.

Mano de obra planta		Año 0	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año
	Sueldos	262,857.9	525715.8	788573.7	1051431.6	1051431.6	1051431.6
	Aguinaldos	122959.0	245918.0	368877.0	491836.0	491836.0	491836.0
		175480.0	350960.0	526440.0	701920.0	701920.0	701920.0
	Vacaciones	82410.0	164820.0	247230.0	329640.0	329640.0	329640.0
		154902.1	309804.2	464706.3	619608.4	619608.4	619608.4
	Descanso Trabajado	75940.2	151880.4	227820.6	303760.8	303760.8	303760.8
	Bono de Produc.	265712.8	531425.6	797138.4	1062851.2	1062851.2	1062851.2
	TOTAL	\$ 1,140,262	\$ 2,280,524	\$ 3,420,786	\$ 4,561,048	\$ 4,561,048	\$ 4,561,048
	=						
Mano de obra administrativos		Año 0	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año
	Sueldos	269777.4	539554.8	809332.1	1079109.5	1079109.5	1079109.5
	Aguinaldos	122959.0	245918.0	368877.0	491836.0	491836.0	491836.0
		175480.0	350960.0	526440.0	701920.0	701920.0	701920.0
	Vacaciones	82410.0	164820.0	247230.0	329640.0	329640.0	329640.0
		154902.1	309804.2	464706.3	619608.4	619608.4	619608.4
	Descanso Trabajado	50430.0	100860.0	151290.0	201720.0	201720.0	201720.0
	Bono de Produc.	45619.3	91238.5	136857.8	182477.0	182477.0	182477.0
	TOTAL	\$ 1,022,400.00	\$ 1,803,155	\$ 2,704,733	\$ 3,606,311	\$ 3,606,311	\$ 3,606,311
	=						
SUBTOTAL ANUAL:		\$ 2,078,380.00	\$ 4,083,679	\$ 6,125,519	\$ 8,167,359	\$ 8,167,359	\$ 8,167,359
	AÑO 0		1er Año	2do Año	3er Año	4to año	5to año
	IMSS TRABAJADORES	166270	326695.0	490041.0	653388.72	672990.4	693180.1
	PRIMAS DE SEGUROS EQUIPO OPERATIVO	33,000	33,990	35,000	36,050	37,081	38,193
	TOTAL ANUAL	2,277,650.00	4,444,364.00	6,650,560.00	8,856,798.00	8,877,430.00	8,898,732.00

5.4.3 Total de la inversión requerida

En la Tabla 15 se muestra la inversión total requerida para el proyecto

Tabla 15. Inversión inicial en el año cero

Concepto	Precio \$/MN
Total del equipo	\$14, 045, 000.00 M.N
Adquisición terreno	\$6,500,000.00 MN
Concesión gubernamental	\$30,000.00 MN
Mobiliario	\$12,662.00 MN
Oficinas generales	\$20,000.00 MN
Oficina de planta	\$ 15,000.00 MN
Taller de mantenimiento	\$ 20,000.00 MN
Almacén general	\$ 30,000.00 MN
Salarios	\$ 2, 244,650.00 MN
Consumibles	\$ 199, 832.00 MN
TOTAL = \$23,617,144.00 MN	

5.5 Estimación ingresos

Para estimar los ingresos que se podrían tener en el nuevo proyecto de la planta de reciclaje, se va tomar como referencia la empresa Concretos Reciclados, así como también cinco depósitos de escombros que también comercializan agregados pétreos y, lo más importante, reciben escombros.

Puede ser variable la cantidad de RCD que se va recibir diariamente, de éste depende la producción de arena y grava reciclada, así como también la demanda por estos materiales reciclados. Para poder hacer un cálculo aproximado de los ingresos que se puedan obtener, se hará una estimación variando un poco el volumen de RCD.

****Precio de la arena reciclada al día 10 de diciembre de 2015:** \$ 53.50 por m³

****Precio de la grava reciclada al día 10 de diciembre de 2015:** \$ 53.50 por m³

****Recepción de escombros (RCD) al día 10 de diciembre de 2015:** \$ 86.00 por m³

Para la recepción del escombros se tiene lo siguiente: precio de \$86.00 por m³

Tabla 16. Tasa de inflación para recepción de escombros

Año	Año	Tasa de Inflación (3%) para recepción de escombros
0	2016	88.58
1	2017	91.23
2	2018	93.97
3	2019	96.79
4	2020	99.70
5	2021	102.70

Se calcula que debido a la cantidad de los RCD que se generan diariamente y, teniendo como referencia distintos tiraderos de escombros, se estima que se recibirán alrededor de 4500m³ al mes en la apertura de la planta, de estos 4500m³ un 50% se podrá reciclar, entonces se tiene que: 2250m³ en la apertura por mes, anualmente 24,750m³.

Conforme se haga una difusión de la planta de reciclaje, irá aumentando la recepción de escombros mensualmente.

La Tabla 17 muestra la recepción de escombros anual, teniendo un porcentaje ajustable al real, puesto que se espera que el escombros no venga limpio en su totalidad. Para estimar estas cantidades, como ya se ha mencionado, se hizo un estudio de 6 diferentes depósitos, cuya mayor actividad radica en la recepción de escombros; también se hizo una estimación de dichos depósitos en cuanto a la cantidad que se podría reciclar, obviamente teniendo pérdidas en el escombros reciclable.

Tabla 17. Escombros reciclable anualmente

Año	Recepción de escombros m ³ :		Recepción de escombros total anual m ³	Porcentaje de escombros que podrá reciclarse (%)	Escombros reciclable Anualmente m ³
	Día	Mes			
0	2016	180	4500	50	24,750
1	2017	567	14,175	50	77,957
2	2018	725	18,125	43	87,934
3	2019	767	19,175	38	80,157
4	2020	897	22,425	40	98,670
5	2021	741	18,525	51	103,928

Se estimó el volumen de escombros que no se utilizará para reciclar; es decir, el que será desechado a los depósitos de transferencia autorizados. En la Tabla 18 se muestran los volúmenes que se recibirán y con base en éstos se calculó el volumen a desechar. Este proceso se llevará a cabo una vez que no tenga cabida este escombros, adonde un tráiler de

30 toneladas de capacidad se espera que vaya cada semana a una determinada hora para que no entorpezca las faenas dentro del campo de operaciones.

Tabla 18. Volumen de escombros no reciclables

Año	Recepción de escombros total anual m ³	Porcentaje de escombros no reciclables %	Volumen de escombros total m ³	
0	2016	49,500	50	24,750
1	2017	155,925	50	77,957
2	2018	199,375	57	113,643.75
3	2019	210,925	62	130,773.5
4	2020	246,675	60	148,005
5	2021	203,775	49	99,849.75

Tabla 19. Total de recepción de escombros estimando ingresos anuales

Año	Recepción de escombros total m ³	Ingresos por recepción de escombros anual
2016	49,500	\$ 4,384,710.00
2017	155,925	\$14,225,037.00
2018	199,375	\$18,735,265.00
2019	210,925	\$20,415,430.00
2020	246,675	\$24,593,498.00
2021	203,775	\$20,927,692.00

Total por recepción de escombros= \$ 103, 281,632.00 MN

Ingresos por venta de agregados reciclados

En cuanto al precio de los agregados reciclados, se va considerar una tasa de inflación del 3%, que es en promedio la inflación que se maneja en México para proyectar los precios en los años posteriores, los cuales se manejarán a 5 años.

Tabla 20. Tasa de inflación proyectando los precios anuales

Año	Tasa de inflación (3%) agregados reciclados
2016	\$55.10
2017	\$56.75
2018	\$58.45
2019	\$60.20
2020	\$62.00

Lo posterior es hacer un cálculo de los ingresos que se van a generar por la venta de los agregados reciclados; se va hacer una estimación de acuerdo a la capacidad operativa de los equipos seleccionados, la cual es de 480 ton/día, y a la demanda por estos materiales.

Capacidad de trituración de los equipos:

Capacidad máxima 480 ton= Densidad del concreto= 1.8ton/m³;

$$480 / 1.8\text{m}^3/\text{ton} = 266\text{m}^3/\text{día};$$

$266 \times 25 \text{ días} = 6650\text{m}^3/\text{mes}; 73,150\text{m}^3/\text{año}$. La capacidad máxima de producción de la planta será de $73,150\text{m}^3/\text{año}$

Se va considerar que al inicio de las operaciones de la planta va a producir la mitad de esta cantidad obtenida ($222\text{m}^3/\text{día}$) que son $110\text{m}^3/\text{día}$; considerando 25 días de labores al mes, se obtendría lo siguiente:

$480\text{ton} \approx 400 \text{ ton}/\text{día}$; se dejará como $400\text{ton}/\text{día}$

$$\text{Densidad del concreto} = 1.8\text{ton}/\text{m}^3$$

$$\rho_c = 400\text{ton} / 1.8 \text{ ton}/\text{m}^3 = 222 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

$$110\text{m}^3/\text{día} \times 25 \text{ días}/\text{mes} = 2750 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Considerando los días laborales en un año: $2750 \text{ m}^3/\text{mes} \times 11 \text{ meses} = 30,250 \text{ m}^3/\text{año}$

En el análisis hecho es posible producir esta cantidad en un año pero la producción de los agregados reciclados va ligada con la recepción del escombros y con la demanda que se tenga de estos materiales. En la Tabla 21 se muestra el escombros que se puede reciclar para producir agregados cada año.

Tabla 21. Escombros reciclable anualmente

AÑO	AÑO	Escombros reciclable Anualmente m ³
0	2016	24,750
1	2017	77,957
2	2018	87,934
3	2019	80,157
4	2020	98,670
5	2021	103,928

De acuerdo a estos datos analizados, es posible determinar la producción de los agregados reciclados; se tendría lo siguiente, tomando en cuenta la capacidad máxima del equipo de trituración. 73,150m³/año. La Tabla 22 describe la producción mensual y anual de los agregados reciclados.

Tabla 22. Cantidad reciclable de escombros

Año		Cantidad reciclable de escombros % (capacidad máxima operativa 222m ³ /día)	Total m ³ /día	Total m ³ /mes	Anual m ³ /año
0	2016	37	82	2050	22, 550
1	2017	60	134	3350	36, 850
2	2018	68	151	3775	41, 525
3	2019	75	166	4150	45. 650
4	2020	83	184	4600	50. 600
5	2021	92	205	5125	56, 375

Cabe mencionar que en el año cero se consideró un 37 % del escombros reciclable, ya que como es el inicio del proyecto, el primer mes se tendrá poca demanda de agregados reciclados. Se observa que conforme transcurren los años va en aumento el volumen producido.

Tabla 23. Proyección de ingresos durante los próximos 5 años

Año	Volumen m ³ /Año	Precio / m ³	Ingreso por venta de agregados reciclados promedio anual
2016	22, 550	\$55.10	\$1,242,505.00
2017	36, 850	\$56.75	\$2,091,237.05
2018	41, 525	\$58.45	\$2,427,136.25
2019	45. 650	\$60.20	\$2,748,130.00
2020	50. 600	\$62.00	\$3,137,200.00
2021	56, 375	\$63.80	\$3,596,725.00

Total por ingresos de agregados reciclados= \$15, 242,933.00 MN

5.6 Flujos de efectivo

Para el valor presente de egresos se sumaron la estimación de costos consumibles, salarios (administrativos +personal planta), e inversión inicial en el año cero.

Valor presente de egresos

$$VP_{egresos} = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Donde: $VP_{egresos}$ = valor presente de egresos, VF = valor futuro, i = tasa de interés y n = periodo de tiempo. Entonces:

$$\begin{aligned} VP_{egresos} &= 23,617,144.00 \text{ (inversióntotal)} + \frac{2,477,482.00}{(1+0.12)} + \frac{4,844,029.00}{(1+0.12)^1} \\ &+ \frac{7,250,057.00}{(1+0.12)^2} + \frac{9,612,472.00}{(1+0.12)^3} + \frac{9,655,755.00}{(1+0.12)^4} + \frac{9,700,427.00}{(1+0.12)^5} \\ &= \$51,115,504.87 \end{aligned}$$

Para el valor presente de la producción:

Para el valor presente de la producción se sumaron los ingresos de cada año, tanto de agregados reciclados así como de recepción de escombros total

$$\begin{aligned} VP_{producción} &= \frac{3,434,860.00}{(1+0.12)} + \frac{16,316,274.00}{(1+0.12)^1} + \frac{21,162,401.00}{(1+0.12)^2} + \frac{23,163,560.00}{(1+0.12)^3} \\ &+ \frac{27,730,698.00}{(1+0.12)^4} + \frac{24,524,417.00}{(1+0.12)^5} = \$82,532,014.81 \end{aligned}$$

Para el costo nivelado:

$$Costonivelado = \frac{VP_{egresos}}{VP_{producción}} = \frac{\$51,115,504.87}{\$82,532,014.81} = \$0.6193$$

Para el valor presente de los ingresos se utiliza la misma formula

$$VP_{ingresos} = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Relación beneficio/costo (valor presente de ingresos / valor presente de egresos)

Este es un indicador de rentabilidad de un proyecto que indica cuanto reditúa cada unidad monetaria invertida en él. Si el cociente es mayor que 1 significa que el proyecto es rentable, pues por cada unidad invertida se recupera una mayor.

$\$82,532,014.81 / \$51,115,504.87 = 1.61 > 1$, por tanto el proyecto es rentable.

Valor presente neto (VPN)

Este indicador representa la ganancia que reporta un proyecto de inversión en valor presente. Si el VPN es positivo significa que el proyecto es rentable.

$$VPN = VP_{\text{Ingresos}} - VP_{\text{egresos}}$$

\$82,532,014.81 MN - \$51,115,504.87 MN = \$31,416,509.94 MN; por lo tanto el proyecto es rentable.

Serie anual uniforme equivalente (SAUE)

Esta serie representa la ganancia anual equivalente que generaría un proyecto y que podría “retirarse” en cada periodo, de tal manera que al final de la vida útil del proyecto los costos serían iguales a los beneficios; es decir, como si el proyecto se saldara al final de su vida.

$$SAUE = VPN \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 31,416,509.94 \frac{0.1(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5 - 1} = 7,262,704.68$$

Tasa interna de retorno (TIR).

Es una medida de rentabilidad de un proyecto que está dada como una tasa de descuento. Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad el proyecto es atractivo.

$$TIR = \sqrt[n]{\frac{VP_{\text{Ingresos}}}{VP_{\text{egresos}}}} - 1 = \sqrt[5]{\frac{82,532,014.81}{51,115,504.87}} - 1 = 10.37\%$$

Periodo de cancelación (PC).

El periodo de cancelación es el tiempo necesario para que los ingresos que generan sean suficientes para pagar la inversión inicial.

$$1 < PC < 2$$

Porcentaje de ganancia sobre la inversión (PGI)

$$PGI = \frac{VP_{\text{Ingresos}}}{C} \times 100$$

Donde: C = inversión inicial.

$$PGI = \frac{82,532,014.81}{23,617,144.00} \times 100 = 406.2397\%$$

Porcentaje de ganancia anual sobre la inversión (PGAI).

Es el porcentaje sobre la inversión inicial que podría retirarse en cada periodo como ganancia cada año.

$$PGAI = \frac{SAUE}{C} \times 100 = \frac{7,262,704.68}{23,617,144.00} \times 100 = 35.75\%$$

CAPÍTULO 5.-ANÁLISIS FINANCIERO

Flujo de caja

Tabla 24. Flujo de caja anual

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$ 3,434,860.00	\$16,316,274.00	\$21,162,401.00	\$23,163,560.00	\$27,730,698.00	\$24,524,417.00
Costos de producción	\$199,832.00	\$ 399,665.00	\$ 599,497.00	\$ 755,674.00	\$ 778,345.00	\$801,695.00
Utilidad de operación	\$3,325,028.00	\$15,916,609.00	\$20,562,904.00	\$22,407,886.00	\$26,952,353.00	\$ 23,722,722.00
Gastos administrativos	\$ 2,277,650.00	\$ 4,444,364.00	\$ 6,650,560.00	\$ 8,856,798.00	\$8,877,430.00	\$ 8,898,732.00
Depreciación	\$	\$ 766,565.00	\$ 692,945.70	\$519,771.00	\$ 432,022.00	\$ 361,824.00
Utilidad antes de impuestos	\$ 957,378.00	\$10,705,680.00	\$13,219,398.60	\$13,031,317.00	\$17,642,901.00	\$ 14,462,166.00
ISR (30%)	\$ 287,213.40	\$ 3,211,704.00	\$3,965,819.58	\$3,909,395.10	\$ 5,292,870.30	\$4,338,649.80
RUT (10%)	\$ 95,737.80	\$ 1,070,568.00	\$ 1,321,939.86	\$1,303,131.70	\$1,764,290.10	\$1,446,216.60
Utilidad después de impuestos	\$574.428.40	\$ 6,423,408.00	\$7,931,639.16	\$7,818,790.30	\$10,585,740.00	\$ 8,677,299.60
Principal	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad neta	\$574.428.40	\$6,423,408.00	\$7,931,639.16	\$7,818,790.30	\$10,585,740.00	\$ 8,677,299.60

NOTA: para calcular los gastos administrativos, se tomaron en cuenta los salarios administrativos y salarios de planta.

Para los costos de producción se tomaron en cuenta, los costos consumibles, como diésel, retiro de escombros, llantas, refacciones etc.

5.7 Rentabilidad

En cuanto al análisis financiero, se observa que es un proyecto bastante rentable, en cuanto a la relación beneficio / costo $1.61 > 1$ (por tanto el proyecto es rentable), y en la TIR 10.37%, lo cual nos indica que el proyecto es viable y que, por lo tanto, se va a recuperar la inversión hecha durante los primeros 3 años de vida del proyecto. En el flujo de caja anual, se observa que en los primeros tres años se podría pagar la inversión hecha al inicio del proyecto, teniendo una utilidad, a partir del cuarto año, bastante aceptable. Una vez transcurridos los primeros 5 años de vida del proyecto, se podría hacer un análisis para poder ampliar la producción de los agregados reciclados; no obstante, esto siempre dependerá de la disponibilidad de escombros que se tenga y el buen estado de los equipos para desarrollar un ciclo constante.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En cuanto al análisis financiero hecho del presente proyecto, la capacidad operativa de la planta de reciclaje va a depender del escombros disponible que se tenga y, de esta forma, ir produciendo los agregados reciclados para su venta. La recepción juega un papel muy importante, ya que el panorama para este rubro es bastante amplio y esto es lo que dará un mayor porcentaje de ganancias anualmente. Cabe destacar que el escombros que se genera en la Ciudad de México muchas veces no viene limpio, es común que esté acompañado de basura, por lo que se puede considerar un cobro extra por su recepción.

Otro aspecto de gran relevancia es el referente a los consumidores de agregados pétreos, puesto que en la industria de la construcción no se ha creado conciencia al 100% para considerar el uso de agregados reciclados, debido a que no se muestra el interés o las ganas por implementar nuevos procesos para el aprovechamiento de estos materiales. Es ampliamente conocido que estos agregados valen, en ciertas ocasiones, menos de la mitad de lo que cuesta 1 m³ obtenido de un banco pétreo, he ahí el principal estímulo para la sociedad en general. Actualmente, en la Ciudad de México la Norma ambiental NADF-007-RNAT-2013, que impulsa a usar los agregados reciclados en ciertas obras públicas y privadas, aún no se ha cumplido de forma concreta por parte de los usuarios, para poder consumir cada vez más los agregados reciclados.

El proyecto es rentable para la proyección de 5 años; en cuanto al rubro de la recepción de escombros, el panorama es realmente promisorio porque es claro que de esto depende la producción de agregados reciclados, lo cual implica una mayor derrama económica. Por otra parte, la venta de agregados reciclados depende mucho de la concientización tanto de la sociedad como también para la gran industria de la construcción.

Recomendaciones

Se podría crear una comisión que obligue de cierta manera a usar este tipo de materiales, de esta forma se estaría contribuyendo responsablemente a la conservación del entorno ambiental, sin dejar atrás la difusión de los RCD y su potencial uso. Apoyarse de las diferentes normas que se han realizado para el mejor manejo de los RCD y actuar de acuerdo con el marco jurídico implicaría un camino óptimo para lograr un avance que permita dar a conocer la calidad de los materiales reciclados.

Para los equipos requeridos, se debe adquirir maquinaria nueva a partir del 6to año debido a la depreciación de los equipos. Para los equipos móviles que se cotizaron, como la excavadora y el cargador frontal, quizás se deba adquirir otros antes de los 5 primeros años

de vida del proyecto ya que se cotizaron con horas de uso. Con base en el análisis financiero hecho en el presente proyecto, podrían abrirse por lo menos 4 ó 5 plantas de reciclaje en las diferentes delegaciones de la Ciudad de México, de esta forma se tendrán muchos más ingresos, por lo que sólo así se podrán usar en un mayor porcentaje los agregados reciclados y cumplir con el objetivo general del presente trabajo. Como se abordó en el análisis financiero, es posible emprender este nuevo proyecto y, de esta forma, contribuir al entorno ecológico, económico y social.

REFERENCIAS

- [1] Rivera Mera C. J. (2007), Análisis de impacto ambiental por la Inadecuada disposición de residuos de La construcción y demolición en el Valle de México y propuestas de Solución. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México
- [2] CNC. “Jornada sobre Residuos de construcción y demolición”. Reciclado de RCDS en la Ciudad de México. Confederación Nacional de Construcción (CNC), Enero de 2004.
- [3] ECODES. “Impactos ambientales de la edificación”. Ecología y desarrollo en el ámbito nacional. 2007. ecodes.org/component/option,com.
- [4] Rivera Valdovinos C. L. (2008), Análisis ambiental para el mercado de los residuos de la construcción en la zona metropolitana de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] BID. Fundamentos de Impacto Ambiental. www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/fundamentos.pdf, 2001
- [6] Garcia-Yañez. (2004). Concreto reciclado. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Instituto politécnico Nacional, Unidad Zacatenco
- [7] JICA. “Estudio para el manejo de los residuos sólidos para la Ciudad de México”. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Vol. I) KokusaiKogyo Co., LTD. www.jica.go.jp/spanish/, 1999
- [8] SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). www.gob.mx/semarnat. México D.F. Recuperado el 18 de Agosto de 2005.
- [9] LGPGIR. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en la Ciudad de México. www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf. Octubre 2010
- [10] LRSDF. Ley federal de residuos sólidos del Distrito Federal. “Normatividades acerca de los RCD” www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/.../leyes.../leyes/ley_I_residuos.pdf. Abril 2003
- [11] Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental. www.ibiologia.unam.mx/reserva/leyes/pdf/4.pdf. Mayo 2014
- [12] Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013. Utilización de los agregados reciclados. www.sedema.df.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-007-RNAT-2013.pdf. Julio 2001.
- [13] Secretaría de Medio Ambiente. Planes de Manejo de Residuos Sólidos en el ámbito nacional. México, www.sma.df.gob.mx. Septiembre de 2004

- [14] Granell C. 2014. La utilización de los agregados pétreos reciclados en las grandes obras de infraestructura de la Ciudad de México. CMIC 2013.
- [15] Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición, y su posible utilización. <http://www.gea-es.org/bioconstruccion/planresconstr.html>
- [16] INE, SEMARNAT, Minimización y Manejo ambiental de los residuos sólidos. Yarim Rodríguez, México. Construcción de sub-bases. Recuperado el 1º de abril de 2007. Disponible en <http://www.arqhys.com/construccion/subbase-construccion.html>. 1999
- [17] Catalogo de trituradoras móviles Extec disponibles. <http://www.imcmexico.com.mx/catalogo-de-trituradoras-extec>. 2015
- [18] CMIC. Revista Mexicana de la Construcción. Artículo sobre las grandes obras de ingeniería civil en la Ciudad de México. 2014
- [19] Cotización de maquinaria. Cargador frontal y excavadora. www.mercadolibre.com.mx. Junio 2015
- [20] Fueyo Luis Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, Diseño y Aplicación. Madrid Rocas y Minerales, 1999, pp. 37-41
- [21] Catalogo de diversos tipos de maquinaria. Equipos de trituración para minería a cielo abierto. www.powerscreen.com. Junio 2015
- [22] Tecnología metalúrgica enseñanzas técnicas de los equipos, describiendo los distintos tipos de trituración. ocw.unican.es/ensenanzas-tecnicas/tecnologia-mineralurgica/.../7._trituracion.pdf. Universidad de Cantabria (UC), España 2013
- [23] Equipos móviles para la industria extractiva. Ingenieriaindustrial12.wordpress.com/2015/04
- [24] Equipos móviles describiendo accionamiento y funcionamiento en el entorno de la ingeniería mecánica. <http://apuntes-ing-mecanica.blogspot.mx/2014/02/trituradoras-giratorias-ii.html>
- [25] Consulta de precios consumibles, Sánchez Martínez Marcos, Febrero 2015.