



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

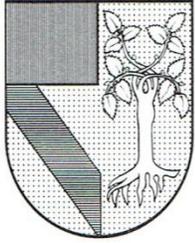
## CAMPUS GUADALAJARA

***“RECICLAJE DE MATERIALES”  
ESCOMBRO EN LA CONSTRUCCIÓN***

Arq. Erika Rodríguez Rubio

Tesis presentada para optar por el grado de  
Maestro en Administración de la Construcción  
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios  
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 14 de septiembre 2015



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Septiembre de 2015

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE  
EXÁMENES DE GRADO  
P R E S E N T E.

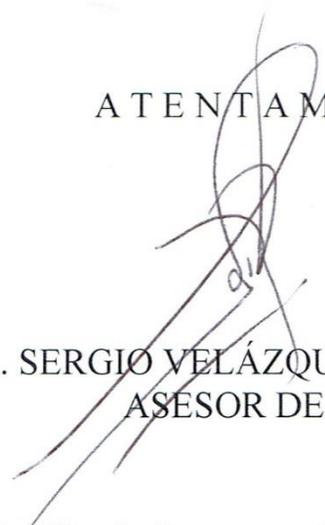
Me permito hacer de su conocimiento que la Srita. Erika Rodríguez Rubio, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

“RECICLAJE DE MATERIALES”  
ESCOMBRO EN LA CONSTRUCCIÓN

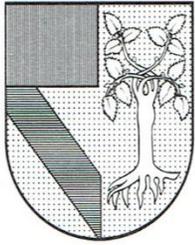
Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E



DR. SERGIO VELÁZQUEZ RODRÍGUEZ  
ASESOR DE TESIS



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

## DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

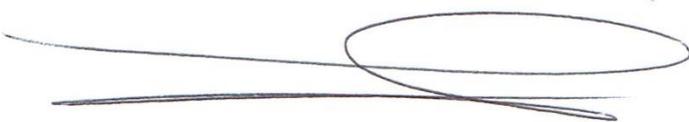
C. Srita. Erika Rodríguez Rubio  
P r e s e n t e.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

### “RECICLAJE DE MATERIALES” ESCOMBRO EN LA CONSTRUCCIÓN

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE



DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN  
DE EXAMENES DE GRADO

## **DEDICATORIA**

A todos los profesores, asesores y consejeros de vida que sin darse cuenta con sus ideas innovadoras, actitudes honestas y éticas, y mostrando su empuje y vida poco temeraria influyeron en mí y me hicieron creer que no hay imposibles cuando en realidad te propones algo. A mi jefe y amigo, que siempre me apoyó en este proyecto y me demostró con su ejemplo que se puede crear riqueza y prosperidad sin un peso en la bolsa, sólo trabajando duro, constante y firme hacia el objetivo propuesto, y quien fue quien me enseñó que la clave está en tener sensibilidad para ver los negocios donde todo mundo ve molestias, suciedad o basura. Pero sobre todo, a ese deseo a veces dormido en mí, pero siempre presente y delirante en mi mente de cambiar el mundo, de emprender algo, algo que sea mío, pero a la vez para todos; algo que influya, algo que cambie, algo que sea admirable, pero a la vez tan humilde que cause pasión en el alma.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores, presentes y no presentes en este proyecto que desde toda la vida forjaron un espíritu de lucha, perfeccionismo y constancia. A mi asesor de tesis que con sus observaciones y recomendaciones me ayudaba a darle la forma adecuada y profesional a este estudio, la forma que sin siquiera saberlo yo, deseaba. A mi profesor de la materia de tesis, que con su experiencia en el tema, su agilidad docente y su plática amena y siempre encaminada hacia el desarrollo intelectual, des-satanizó lo que significa hacer un estudio de tesis, mostrándolo como una manera profesional, mas no tediosa de estudiar una idea, inclusive un sueño. A mi pareja, que con su apoyo prudente, siempre me empujo a trabajar, estudiar, investigar, inclusive a descansar en el momento adecuado. A mi madre, que sin siquiera saber utilizar una computadora, siempre me ayudó en mis noches de trabajo, apoyándome con su desvelo, siempre justificándose que era la manera en que yo me sintiera menos sola y trabajara más amablemente. A la Universidad Panamericana y a su equipo de profesores y docentes que con su espíritu de emprendimiento me hicieron ver que el único límite está en tu mente y al arrojo que dejes de ponerle a las cosas. A Dios por darme siempre excelentes oportunidades, por siempre rodearme de gente maravillosa, dispuesta a apoyarme, por ayudarme a reconocerlos y a pedir y aceptar su apoyo en los momentos adecuados.

## RESUMEN

Con el desarrollo de la tecnología, el crecimiento de la industria, la inclusión a la globalización y el desarrollo y fomento de los medios de comunicación hacia una sociedad consumista y cada vez más des-echadora, se viene consigo también un aumento en la cantidad de residuos de todo tipo, los cuales en primera estancia ya provocan un sinfín de problemas, pero al no encontrar cabida en los sitios de disposición final autorizados, provocan la creación de tiraderos clandestinos que no hacen más que provocar problemas de desorden organizacional, fugas económicas al sistema de gobierno, problemas sociales, problemas de salud y en mayor medida daños al medio ambiente. Así pues, se ha encontrado en la reutilización y reciclaje una plausible manera de mermar esta problemática; afortunadamente cada vez son más las empresas, organizaciones e instituciones que han buscado métodos de reciclaje y re uso para distintos tipos de materiales, que poco a poco irán cambiando el sistema, hacia un enfoque más sustentable y amigable.

Siendo pues la industria de la construcción, sino una de las más desarrolladas, sí una de las más presentes y visibles en nuestras ciudades, no podría ni puede quedarse fuera de este nuevo y deseable sistema de reciclaje.

Aunado a los beneficios sociales y ambientales que el reciclaje de los residuos de la construcción nos pudiera conceder, está un posible beneficio económico que podría beneficiar a todas las partes que se involucren. Es pues, el reciclaje de los residuos de la construcción, un tema complejo y de relevancia que vale la pena estudiar esperando encontrar un sistema viable y fructuoso, que se presente como una solución a uno de los problemas que nos aquejan.

## ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>12</b>
1.1. El porqué de la tesis .....	12
1.2. Antecedentes .....	13
1.3. Hipótesis y objetivos .....	14
1.3.1. Hipótesis .....	14
1.3.2. Objetivos .....	14
1.4. Alcance de la tesis.....	15
1.5. Metodología.....	15
1.6. Descripción de la tesis.....	16
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>18</b>
2.1. Introducción.....	18
2.2. Fuentes de información .....	18
2.3. Reciclaje.....	19
2.3.1. Dónde surge el reciclaje .....	19
2.3.1.1. Origen de la acumulación de desechos .....	19
2.3.1.2. Origen del re-uso o reciclaje.....	20
2.3.2. Por qué surge el reciclaje .....	22
2.3.3. Reciclaje en el mundo .....	23
2.3.4. Reciclaje en México.....	25
2.4. Escombros .....	26
2.4.1. Dónde surge el reciclaje de escombros.....	27
2.4.2. Reciclaje de escombros .....	27
2.4.2.1. Reciclaje de hormigón .....	29
2.4.2.2. Campos de aplicación del árido reciclado.....	29
2.4.2.3. Uso de material reciclado para sub-base.....	30
2.4.2.4. Maquinaria para trituración de los residuos de demolición.....	31
2.4.3. Reciclaje de escombros en el mundo .....	32
2.5. Sustentabilidad .....	36
2.5.1. Dónde surge la sustentabilidad.....	37
2.5.2. Sustentabilidad por el reciclaje de escombros.....	38
2.5.3. Sustentabilidad por reciclaje de escombros en el mundo .....	40
2.6. Observaciones y comentarios.....	44

<b>3. Medición .....</b>	<b>46</b>
3.1. Introducción.....	46
3.2. Método de medición .....	47
3.3. Diseño de la herramienta de medición.....	48
3.4. Resultados .....	49
3.5. Observaciones y comentarios.....	51
<b>4. Análisis .....</b>	<b>55</b>
4.1. Introducción.....	55
4.2. Método de análisis.....	55
4.3. Análisis de la muestra.....	56
4.3.1. Tratamiento actual del escombro, costos de retiro.....	56
4.3.2. Conocimiento del reciclaje de escombro en la industria.....	60
4.3.3. Apreciación de los conceptos de reciclaje .....	63
4.3.4. Oferta y demanda del producto .....	65
4.4. Observaciones y comentarios.....	68
<b>5. Propuesta para implementación.....</b>	<b>70</b>
5.1. Introducción.....	70
5.2. Bases de la propuesta .....	70
5.3. Propuesta económica.....	71
5.3.1. Método para reciclaje de escombro .....	71
5.3.2. Precio de venta material reciclado .....	72
5.3.3. Programa de financiamiento para maquinaria .....	76
5.4. Observaciones y comentarios.....	82
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
6.1. Introducción.....	84
6.2. Conclusiones.....	84
6.3. Recomendaciones.....	86
6.4. Futuras líneas de investigación .....	87
<b>Bibliografía .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de residuos en diferentes partes del mundo. ....	33
Tabla 2. Fórmula para obtención de la muestra .....	47
Tabla 3. Población y muestra del alcance.....	47
Tabla 4. Tabla de resultados preguntas cerradas .....	50
Tabla 5. Tabla de resultados preguntas semi abiertas.....	50
Tabla 6. Tabla de resultados preguntas abiertas .....	51
Tabla 7. Volumen que se retira de escombros semanalmente.....	59
Tabla 8. Volumen a comprar semanalmente.....	68
Tabla 9. Demanda del producto.....	73
Tabla 10. Costo material procesado .....	74
Tabla 11. Costo por acarreo de material.....	74
Tabla 12. Costo directo material triturado .....	75
Tabla 13. Corrida financiera sin apalancamiento .....	77
Tabla 14. Corrida financiera con apalancamiento a 5 años.....	79
Tabla 15. Corrida financiera con apalancamiento a 10 años.....	81

**ÍNDICE DE FIGURA**

Figura 1. Modelo de encuesta parte 1..... 48  
Figura 2. Modelo de encuesta parte 2..... 49

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. En mi obra es fácil transportar el escombros fuera de ella. ....	56
Gráfica 2. Conozco sitios donde depositar el escombros.....	57
Gráfica 3. Es barato el retiro de escombros de la obras. ....	57
Gráfica 4. Costo actual del retiro de escombros por viaje. ....	58
Gráfica 5. Tratamiento que le dan al escombros actualmente. ....	58
Gráfica 6. Conocimiento de un tratamiento para el escombros.....	60
Gráfica 7. Conocimiento de tratamiento distinto al relleno a volteo. ....	61
Gráfica 8. Conocimiento de reciclaje de escombros. ....	61
Gráfica 9. Que se entiende por reciclaje de escombros.....	62
Gráfica 10. Apreciación de importancia ecológica.....	63
Gráfica 11. Apreciación de importancia social. ....	64
Gráfica 12. Apreciación de importancia económica. ....	64
Gráfica 13. Interés por adquisición de material reciclado. ....	65
Gráfica 14. Disponibilidad para separar el escombros.....	66
Gráfica 15. Disponibilidad para usar escombros reciclado en rellenos. ....	66
Gráfica 16. Precio que se pagaría por el producto. ....	67
Gráfica 17. Porcentaje del total de material que sería de material reciclado. ....	67

## 1. Introducción

### 1.1. El porqué de la tesis

El tema elegido, de reciclaje de escombros en la construcción no sólo es para mí un trabajo para pasar una materia, ni siquiera un trabajo para lograr la titulación del grado de estudios que actualmente estoy cursando, es más bien la culminación del aprendizaje adquirido; no obstante la motivación más grande para realizar este arduo trabajo, es que desde hace años he tenido cierta preocupación por la cantidad de residuos que surgen de todas las actividades humanas, sobre el manejo actual que se le esté dando y sobre todo el futuro de las mismas, es decir, si llegara el momento en que no sea tratado firme y seriamente de otra manera. ¿Cuáles serían las consecuencias? ¿Esto podría disminuir considerablemente el hábitat humano? ¿Disminuir su calidad de vida?

Más mi interés principal no es el investigar cuál es el futuro de la acumulación de residuos, es más bien el proponer una solución a este problema. Entonces, al trabajar dentro de la obra y estar constantemente viendo movimiento de tierras, surgió precisamente la inquietud de hacia dónde iba todo ese escombros, si acaso en algún lugar se procesaba e incluso se reciclaba para usarlo dentro de la misma obra, de ahí surgió también la duda de cuál sería el mecanismo para hacerlo, si existiría una maquinaria y cómo funcionaba. Son algunas de estas dudas las que se buscan resolver, para llegar después a concluir en el hecho o labor de reciclaje, es decir, llegar al entendimiento de que tan factible es esta actividad y si acaso esto fuera redituable, tener una noción clara de cómo iniciar una empresa dedicada a la recolección, procesamiento y distribución de escombros procesados, este es el fin de realizar esta tesis, y con este fin se busca aportar un nuevo conocimiento a la industria, la cual beneficiará en gran medida a la sociedad y así mismo y no menos importante ayudarme a continuar con mi progreso profesional.

## 1.2. Antecedentes

Actualmente en todo el país se realiza reciclaje de algunos elementos como el aluminio, con el fin de realizar disminuciones en el volumen de residuos, así como disminuir la utilización de materias primas; se han realizado estudios sobre los costos de reciclaje y distribución del aluminio así como del beneficio económico que trae consigo, siendo estos de 1 a 87 veces, por lo tanto, resulta ser muy benéfico por lo menos para este tipo de material, Jerade (2012). También se habla constantemente del reciclaje de PET, vidrio, tetra pack, donde por falta de una cultura o responsabilidad compartida entre legisladores, gobernantes, industria y los ciudadanos, el reciclaje actual en México es menor del 10%, cuando se podría reciclar hasta un 60%. En cambio en otros países desarrollados como Alemania, ya desde hace 20 años existe una legislación que obliga a la industria a darle un trato más ecológico al envasado, González (2001).

En cuanto al reciclaje de escombros, en el plano internacional, nos encontramos con varios ejemplos de reutilización de residuos, una muestra la tenemos en Concepción de Chile, donde se cuenta con un proyecto de reutilización de escombros de edificios históricos o los denominados edificios patrimoniales, por lo tanto, si estos llegaran a destruirse en caso de terremotos, se buscará salvaguardar los restos, acopiándolos y enviándolos a los "hospitales de escombros" donde los mantienen y transforman para luego ser reutilizados. La mayoría de estos "re-usos" suelen darse en plazas o parques, y funcionan como una parte del equipamiento urbano, Basoalto et. al. (2010).

Así pues, acercándonos más al tema que nos compete, que es el reciclaje de escombros de la obra, en todo México sólo existe una empresa denominada Concreto Reciclados la cual se encuentra en el DF, quienes reciclan cascajo de concretos, cementos, carpeta asfáltica, tabiques, ladrillos, blocks, pisos de granito, azulejos, cerámicas, arcillas y mamposterías y después de ser triturado este puede ser usado como base para distintas construcciones, rellenos o terraplenes, material el cual puede llegar a ser vendido incluso a un 50% del costo del material si este proviniera de un banco. Así pues, el instalar una recicladora de este tipo tiene un

costo de 2 millones de dólares, y para poder captar todo el escombros del país, serían necesarias mínimo 20 máquinas similares, García (2010).

Por otra parte algunas dependencias del gobierno en Jalisco manejan entre sus actividades, no el recicle, sino el re-uso de los materiales producto del corte de las obras que ellos administran, llevándolos a los tiraderos oficiales para después re-usarlo en otra obra manejada por ellos mismos, mas este proceso sólo se realiza con materiales producto de excavaciones, es decir material fino y limpio, mas no con el escombros el cual es el tema de estudio; además de que es utilizado sólo para obra pública, dejando de lado la obra privada, la cual es una característica de nuestro alcance a estudiar, por lo tanto, en este tema, se observa bastante campo a estudiar.

### 1.3. Hipótesis y objetivos

#### 1.3.1. Hipótesis

La hipótesis en la que se basa este estudio es:

"Si se recicla el escombros de las obras de construcción puede ser un producto sustentable para las mismas".

#### 1.3.2. Objetivos

Según la hipótesis anterior los objetivos presentados son:

##### Objetivo general

Proponer un método para reciclar el escombros proveniente de la obra de construcción.

##### Objetivo particular

Documentar el estado actual del manejo de escombros en el mundo, en el país y en la región.

#### 1.4. Alcance de la tesis

La presente tesis tiene las siguientes limitantes para su estudio:

- Geográfico: En los municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá del estado de Jalisco
- Tipo de material: Tratamiento del escombros actualmente.
- Tipo de obra: Urbanización en fraccionamientos.

Con los alcances anteriores el estudio se limita a estudiar el volumen proveniente del tipo de obra antes mencionado así como la factibilidad de reciclaje de este material.

#### 1.5. Metodología

El tipo de investigación que se realiza es bastante completo, ya que se va desde la investigación exploratoria hasta la investigación explicativa.

**Exploratoria:** Ya que el fenómeno de reciclaje de escombros es poco conocido en Jalisco incluso en México, se investiga el manejo de este tema en otros países, para conocer de esta manera un poco lo que sucede sobre el mismo en el mundo.

**Descriptiva:** Se investiga el volumen promedio que arrojan las obras de urbanización, según los alcances antes descritos y se expone el tratamiento actual que se le da tanto en el sector público como privado.

**Correlacional:** Se describe la problemática relacionada con el tratamiento actual que se le da al escombros, llegando con esto a mostrar los beneficios que se obtienen con el reciclaje en otros puntos distintos a nuestro alcance geográfico. Se analizan también los métodos distintos para reciclar y el costo que estos tendrían.

**Explicativos:** Se llega a la conclusión de cuál de los métodos (en caso de haber varios) es el más factible, valiéndose para esto de estudios financieros, los cuales denotan los costos y utilidades que se podrían tener en caso de llevar a cabo esta actividad, así como los beneficios ecológicos que esto traería. Se llega entonces a la conclusión de si es este proyecto factible o no de realizarse.

Dicho lo anterior la secuencia para realizar estos trabajos es:

Se comienza por realizar la investigación por medio de revistas científicas referentes a la materia de ecología, así como se asiste a distintas dependencias gubernamentales como obras públicas de Zapopan, Tlajomulco y Tonalá, donde se realiza una búsqueda de información sobre el uso o manejo que se le da al escombros proveniente de las obras de urbanización de su envergadura y con el alcance presentado para esta tesis, así como también se realizan encuestas y mediciones del tratamiento actual que se le da este material, pero ahora en base a un muestreo, asistiendo directamente a las obras. Será de esta manera como se obtendrán también los datos para llegar a concluir el volumen promedio que arroja determinado tipo de obra, para después por medios de estudios de financiamiento de la maquinaria a utilizarse o aquel elemento necesario para su proceso, resolver la hipótesis, es decir, concluir si el reciclaje de escombros lo vuelve un producto sustentable.

#### 1.6. Descripción de la tesis

Esta tesis consta de 5 capítulos, en el primero llamado Introducción, se habla precisamente de la introducción al tema, el porqué de esta tesis y objetivos que se desean alcanzar con el estudio, el cual es proponer un método para reciclar escombros basándose en el análisis de factibilidad. En el capítulo 2 se habla sobre el status actual del reciclaje de escombros tanto en el mundo, el país, como el estado; así como cuáles son los métodos y los beneficios tanto ambientales como financieros que trae consigo. En el capítulo 3 denominado Medición se aterrizará el tema localmente, es decir, en el área de estudio que son los municipios de Zapopan, Tlajomulco y Tonalá, determinando el volumen promedio de escombros proveniente, que materiales proceden de él y las formas de re-usarlo. En el capítulo 4 se analizan los costos así como los precios con los que se obtendría y ofrecería el producto respectivamente, así como un modelo financiero para la adquisición de la maquinaria y equipo necesarios para el tratamiento del escombros. El capítulo 5, al ser el de las conclusiones trae consigo lo más importante, que es discurrir la veracidad de la hipótesis, es decir, si como se presupone es sustentable el reciclaje

de escombros dentro de la misma obra, así como dar recomendaciones sobre el presente estudio y una guía para los futuros temas que sería interesante investigar para acrecentar el conocimiento en áreas comunes a esta tesis.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Introducción

Para realizar el capítulo de marco teórico se realiza investigación en varias fuentes las cuales se describen más adelante. En este apartado se describen también aquellos conceptos de gran peso y relevancia en esta tesis, siendo lo principal a definir qué se entiende por **escombro**, seguido de esto, se definen los conceptos **reciclaje y sustentabilidad**, teniendo así una base para tratar el tema de forma más concisa y clara.

Una vez determinada la línea conceptual sobre la que se basa el trabajo, se ahonda en el estado actual del fenómeno a estudiar, es decir, que sucede en el mundo, en el país, o en el estado respecto a esto, así como cuáles son los beneficios que aporta esta actividad, lo cual nos da la pauta para el trabajo a realizar posterior a este capítulo.

De esta manera se podrá contar, como se dijo anteriormente, con bases firmes, verídicas y por lo tanto confiables, para continuar con la realización de la presente tesis.

### 2.2. Fuentes de información

Las fuentes de información para el presente estudio son las siguientes:

**Páginas de internet:** De este medio se obtienen artículos en revistas técnicas, así como también en revistas especializadas (journals), artículos que son seleccionados y revisados cuidadosamente para garantizar su veracidad.

**Dependencias gubernamentales:** Se acude a obras públicas de los municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá donde se solicita información sobre los tiraderos oficiales donde las urbanizadoras tienen como requisito llevar sus residuos de obra. (¿Cuáles son? ¿Dónde se ubican?).

## 2.3. Reciclaje

En el estudio denominado “*El reciclaje: una opción para minimizar la generación de los residuos sólidos urbanos domiciliarios*” publicado en la revista **Desarrollo Local Sostenible**, en el vol. 5, Nº 15, del mes de octubre 2012. Se da la definición como: “El reciclaje es la transformación de los residuos en nuevos productos después de separarlos y acondicionarlos de modo que sean usados como materias primas”.

Por otra parte se manejan 2 tipos de reciclado: el primario o ciclo cerrado y el secundario o ciclo abierto. El **ciclo cerrado** es cuando un desecho se recicla para producir productos del mismo tipo, en cambio el **ciclo abierto** es cuando los desechos se transforman en ciertos productos a los cuales se les debe buscar un uso, este segundo es menos deseable puesto que en la fabricación de los nuevos productos se reduce en menor medida el empleo de nuevos recursos. Ciceana (2002).

### 2.3.1. Dónde surge el reciclaje

#### 2.3.1.1. Origen de la acumulación de desechos

Desde los orígenes de la humanidad estos han generado desechos, propios de su subsistencia sobre esta tierra, sin embargo estos residuos no siempre han sido de la misma índole; es decir, como es bien sabido antes de la agricultura las poblaciones eran nómadas y los desechos eran generalmente de tipo orgánico, por lo tanto estos se descomponían de manera natural, sin embargo al crearse los asentamientos humanos, la población fue aumentado y con esto la generación de residuos, los cuales cada vez eran de más difícil descomposición natural por tratarse de elementos más inorgánicos. Medina (1999).

En muchos lugares la solución a este aumento de residuos era básicamente su acumulación, es decir, se acumulaba simplemente en los pisos de las casas o en las calles, haciendo que los niveles naturales subieran. Por ejemplo, en ciudad inglesa de Bath se puede observar que en la actualidad está de 3 a 6 metros arriba del nivel que tenía en la época del imperio romano. Esto también lo podemos ver, en un lugar

más cercano geográficamente, ya que en la isla de Manhattan, Nueva York también se puede observar en la actualidad un nivel de 4 mts por arriba del que se tenía en el siglo XVIII. Medina (1999).

El anterior método descrito fue entonces el primero utilizado para la disposición de los residuos sólidos de las ciudades, así pues, el segundo método era una forma básica de los actuales rellenos sanitarios, colocándose de esta manera los desechos en grandes hoyos donde se arrojaba la basura y se cubrían con capas de tierra, para después colocar más capas de basura, como se dijo anteriormente, una idea básica de los rellenos sanitarios. Para el año 500 a.C. se promulgó en Atenas una ley donde se obliga a retirar de la ciudad los residuos sólidos, así pues, también se prohibía tirar basura en las calles, dando origen con esto a los basureros municipales. El tercer método utilizado para los desechos, es la reutilización o reciclado de estos residuos, dándoles un nuevo uso o una nueva vida. Medina (1999).

#### 2.3.1.2. Origen del re-uso o reciclaje

##### **El reciclaje en la antigüedad**

El uso y re-uso de desechos tiene una historia amplia, ya que se tienen evidencias que por el año 3000 a.C. todos aquellas residuos metálicos se reciclaban, fundiéndolos de nuevo para crear nuevas piezas. Por mencionar un caso en particular, nos encontramos con el Coloso de Rodas, el cual al caer por causa de un terremoto, fue desmantelado para volver a utilizar el metal y fabricar armas con él. Medina (1999).

En nuestro antiguo México, específicamente hablando de la capital azteca, se podía ver una cultura de reciclaje bastante fuerte y organizada, ya que se mostraba un sistema de re-uso de materiales bastante organizado, en primer lugar, se contaba con la prohibición de tirar basura en las calles, infraccionando a quien lo hiciera, así como se contaba con el servicio de barrido de las calles. Esta cultura practicaba un reciclaje bastante intenso, ya que entre los desechos que re-usaban se encuentran incluso los desechos humanos, donde el excremento era recogido de las letrinas

para ser transportado hacia las chinampas, las cuales eran islas artificiales creadas por los aztecas, donde utilizaban dicho excremento como fertilizante, usándose también para curtir pieles. Así pues, dicho residuo era tan popular y con tal demanda, que incluso se hacía su compraventa en el mercado de Tlatelolco. Así pues, otro residuo humano de gran fama lo fue la orina, la cual era usada en el teñido de telas, residuo que presentó una gran demanda y se mostró en su momento como un buen negocio, a tal grado que se instalaron urinales públicos en la ciudad con el fin de obtener mayor oferta de dicha materia prima. Medina (1999).

### **El reciclaje en Edad Media, Renacimiento y Edad Moderna Temprana**

En la Edad Media, algunas actividades estaban localizadas según el aprovechamiento que se tendría de sus recursos. Por ejemplo, el excremento humano era usado como fertilizante y los desechos orgánicos fungían como alimento para los cerdos. Por otra parte, la recuperación de trapos viejos para reciclarlos o convertirlos en papel, llegó a ser tan importante que incluso se emitieron varios decretos para seguir realizando esta actividad. En México esta actividad existió desde el siglo VII. El excremento logró tener tal demanda, que su precio alcanzó a ser muy alto, llevando a algunos agricultores pobres a robarlo para poder fertilizar sus tierras; la demanda de los residuos humanos provocó tales conflictos que se llegaron a asignar como propietarios del excremento a los propietarios de las viviendas y la orina era de sus ocupantes. Medina (1999).

### **El reciclaje en el siglo XIX**

Al final del siglo XIX la población urbana ya estaba alcanzando el 10%, este aumento de población hacía que la demanda de las materias primas para las actividades industriales fuera también creciendo, por ende, ascendía también la cantidad de residuos, aumentando la cantidad de los que podían recuperarse de la basura y ser vendido a la industria. Sin embargo no todas las personas que migraron a las ciudades lograron conseguir empleo formal. Surge entonces la ocupación de recolector de materiales reciclados, la cual se convierte en una actividad común. Un método común para el reciclaje de materia orgánica era la reducción, con dicho método eran procesados animales muertos y residuos orgánicos con los cual se producía grasa, así como perfumes, lubricantes, glicerina, velas, jabón y fertilizantes. Medina (1999).

Con el desarrollo industrial se vio una gran disminución en la comercialización de huesos, botellas y trapos. La demanda de este último mermó, debido a que ya era utilizada la pulpa de madera para la fabricación de papel. Así pues el desarrollo trajo consigo métodos más eficientes de refinación de metales. Otra área que fue afectada a partir de los años cincuenta, fue el reciclaje informal, ya que se redujo la pobreza y se instauraron programas de seguridad social, por lo tanto, eran más controladas estas actividades por los riesgos que implicaba a la salud. Medina (1999).

### 2.3.2. Por qué surge el reciclaje

Nuestra sociedad y nuestra cultura se están caracterizando por ser una sociedad de consumo, donde los materiales o los artículos de nuestra vida diaria son producidos, utilizados y desechados, Castells (2012). Así pues, el problema de la contaminación ha ido en incremento por varias causas, siendo éstas el acelerado crecimiento demográfico, el progreso tecnológico y económico; estas actividades humanas están teniendo consecuencias muy graves en algunos casos irreversibles, deteriorando los recursos naturales, como la flora, fauna, el agua provocando su escasez y contaminación, así como el agotamiento de los recursos minerales, entre otros, Natalini (2000). Sin embargo, la materia prima más abundante no es infinita, por lo tanto, se debe ver al reciclaje como un método para devolverle la vida a los materiales. Castells (2012).

En la industria de la construcción aún se maneja un bajo nivel tecnológico, lo cual lleva a la generación de enormes cantidades de desechos, aunado a esto la disposición de estos desechos todavía es incontrolada, por lo tanto, dicha industria provoca daños severos al ambiente, Cilento (1998). Una de las alternativas para su disposición es el vertido, pero por el gran volumen que ocupan, hace que los vertederos municipales reduzcan su tiempo de vida útil, generando así más problemas. Otro uso común es el relleno en terrenos particulares, aun así este ocasiona también daño desde el punto de vista ambiental. Natalini, Klees y Tirner (2000).

Todo esto ha impulsado el ideal de optimizar los recursos de la construcción, de esta manera se libra de mayores desechos, se afecta menos a las familias, ya que se suele pagar por los materiales usados y los materiales desperdiciados, así como el costo del retiro de estos materiales; aunado a esto existen también los costos ambientales de los desechos de construcción vertidos de manera descontrolada e irresponsable. Cilento (1998).

Para este nuevo enfoque será necesaria una nueva ética en la industria de la construcción, ya que implica el manejo de manera más responsable desde el diseño hasta la producción misma, ambos basados en un manejo sustentable, tanto técnica, económica, social y ambientalmente. Dichas actividades llevarán a un uso más racional de las técnicas tradicionales de construcción; por otra parte, no se deberá de ignorar las tendencias tecnológicas y las innovaciones de la construcción en las cuales también se deberá buscar los enfoques antes mencionados. Cilento (1998).

### 2.3.3. Reciclaje en el mundo

En el tema de reciclaje en forma general se pueden observar 2 formas distintas para darle tratamiento a los residuos, estos procedimientos son:

**Procedimientos de eliminación de residuos:** depósito en el suelo o dentro de él, tratamiento en la superficie, vertido en lugares preparados para ello, vertidos en medio acuático, tratamiento biológico o fisicoquímico, incineración, almacenamiento, entre otros; es decir aquellas operaciones donde se eliminan los residuos depositándolos en algún sitio. Revista M.M. (2009).

**Procedimientos de valoración de residuos:** recuperación o regeneración de sustancias orgánicas e inorgánicas, valorización de productos que captan contaminantes, regeneración de sustancias como aceites, el empleo de esas sustancias como combustible, producción de energía, formación de abono, etc., aquí hablamos de tratamientos hechos a lo residuos para su reciclaje. Revista M.M. (2009).

Actualmente la mayoría de las actividades de reciclaje se realizan a través de programas administrados por el municipio, siguiendo políticas municipales o estatales. En Estados Unidos, por ejemplo, existe un gran número de programas de separación de materiales reciclables logrando una participación de la ciudadanía del 90%, trayendo esto consigo que el volumen de los desechos se reduzca hasta en un 70%. Medina (1999).

Por otra parte el reciclaje aunque de manera informal se ha convertido en una importante fuente de empleo para los individuos indigentes de los países en desarrollo, esto ocasionando por los altos índices de desempleo, pobreza, así como programas de seguridad social. Medina (1999).

### **Reciclaje informal en América Latina**

El reciclaje de materiales se encuentra presente en las ciudades latinoamericanas, sin embargo, a pesar de ser una actividad socialmente aceptada y necesaria, esta carece de políticas y programas que lo promuevan; así pues el reciclaje que existe en estos países es de manera informal. Haciendo de esta manera, que la recuperación de materiales para su posterior reciclaje, se convierta en el modo de sustento del cual gran parte de los individuos desempleados obtienen recursos para sobrevivir. Sin embargo, la falta de formalidad de esta actividad y por ende de sistemas de seguridad social, ha permitido que incluso niños y ancianos estén inmersos en estas faenas. Esto trae problemas de salud bastante serios, basta mencionar que en México la esperanza de vida de los recicladores es de 35 años, siendo la del resto de la población de 70 años. Medina (1999).

Así pues, se ha creado todo un sistema comercial para los materiales reciclados, ya que existen compradores ambulantes para varios tipos de estos materiales, tales como papel, cartón, vidrio, aluminio, así como compradores para aquellos artículos que pueden ser reparados o re manufacturados, un ejemplo de ello, los colchones viejos, que suelen ser reparados y vendidos nuevamente. Otros grupos, los llamados pepenadores, obtienen materiales reciclables de los basureros locales, habiendo otros más que separan los residuos reciclajes directamente de los cestos de basura, antes de que los recolecte el municipio. Medina (1999).

No así es la recolección formal de los residuos sólidos, ya que la recolección, transporte y disposición final resulta ineficiente; este manejo inadecuado provoca contaminación de agua, aire y tierra lo cual trae consigo además problemas de salud. Lo más deseable es manejar o preferir el reciclaje dentro del ciclo de los desechos sobre la disposición masiva de los mismos en rellenos sanitarios. No obstante, este esquema en la mayoría de las ciudades latinoamericanas sigue siendo sólo deseable, puesto que pocas de sus ciudades cuentan con políticas y programas que promuevan el reciclaje, más bien concentran sus esfuerzos y recursos en la recolección de disposición final en relleno sanitario; aunado a esto las autoridades municipales no se percatan de los beneficios económicos sociales y ambientales que trae consigo el reciclaje informal, por lo tanto tampoco hay apoyo para su desarrollo; aun así los casos donde se observa el apoyo a los recicladores informales, denotan un gran beneficio social. Han sido pues asociaciones gubernamentales las que en algunos lugares de América Latina han apoyado esta labor y hecho lo que las autoridades aún no. El reciclaje informal puede contribuir en el logro de un desarrollo sostenible. Apoyar y promover el reciclaje informal en América Latina sería un paso en la dirección correcta. Medina (1999).

#### 2.3.4. Reciclaje en México

Para comenzar a hablar del reciclaje en México, primero mencionaremos como define el INE (Instituto Nacional de Ecología) a los Residuos Sólidos Municipales o RMS, y esto es como:

Los RMS o basura, son todos aquellos residuos que surgen de las actividades humanas y animales, normalmente son sólidos y se desechan como inútiles o no queridos, éstos provienen de las actividades que se desarrollan en casas-habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso y no estén considerados como peligrosos. Ciceana (2002).

Ahora bien hablando de números, se tiene estimado que en nuestro país sólo se recicla del 10 al 20% de los residuos sólidos, los pepenadores tienen una eficiencia para la separación de basura del 6%, la cual podría incrementarse al doble si se

usaran bandas transportadoras en los sitios municipales de acumulación de basura. Por otra parte, en el Valle de México se observa el aprovechamiento de llantas las cuales se usan como combustible en los hornos de las cementeras. Ciceana (2002).

#### 2.4. Escombros

En primera instancia se debe definir en qué rubro de los residuos se encuentra el escombros. Comenzando por mencionar que son denominados Residuos Sólidos Urbanos (RSU) a todo aquel desecho proveniente de las actividades humanas y animales, los cuales son desechados como no deseados. Así mismo, dentro de esto se dividen 4 rubros: domiciliarios y/o municipales, comerciales, industriales y de construcción. Klees y Coccato (2005).

Por su parte los residuos de construcción y demolición se clasifican en 3 grupos:

- Residuos procedentes de la demolición, pudiendo ser de edificios, carreteras, obra pública, etc.
- Residuos de excavaciones y movimiento de tierras, los cuales son sobrantes en la ejecución de la obra (arcillas, tierras y arenas).
- Residuos mixtos que son aquellos generados en el proceso de la construcción, por ejemplo los restos de los materiales o embalajes. Castells (2012).

Así pues, los residuos de construcción tienen una composición muy variable, estos pueden incluir piedras, ladrillos, concreto, madera. Los residuos de la demolición de edificios, calles y veredas, tienen composición similar a la anterior, sólo que estos pueden incluir vidrios rotos, plásticos y algunos residuos metálicos. Natalini, et. al. (2000).

Ahora bien, en lo que respecta a volumen que suele surgir de residuos de la construcción, como dato, en España un aproximado del 7% del total de los residuos es de este rubro, que sería más o menos 2kg por persona en un día. También se puede decir que en una obra promedio se generan 900 kg/cm<sup>2</sup> de residuos y en una obra nueva se producen 200 kg/cm<sup>2</sup>. Así pues, estos residuos proceden 70% de la edificación, 20% de edificios industriales y 10% de obra pública. Castells (2012).

#### 2.4.1. Dónde surge el reciclaje de escombros

Se tiene una teoría de donde surgió el reciclaje de escombros, y esto es, que surgió a raíz de la segunda guerra mundial en el norte de Europa, ya que debido a la destrucción masiva en las ciudades se debía hacer la reconstrucción pero sufrían estas zonas de un déficit de áridos naturales, por lo que se vieron en la necesidad de reutilizar los residuos de la construcción. No obstante como todo en sus inicios, era muy poco lo que se reciclaba, así pues, se puede decir que en los años 70`s se observaba en Rotterdam como se deshacían lanzando al mar abierto toneladas de desechos. Hoy día en ese mismo país, se excavan antiguos vertederos para conseguir la materia prima para la construcción antes desechada. Castells (2012).

Un poco más avanzado en tiempo, por el año de 1990, Barcelona una vez declarada sede de los juegos olímpicos, decide construir los viales de la Villa Olímpica y parte del cinturón Litoral con residuos de la demolición de las construcciones existentes en esa área, esto motivado por la experiencia y normativa que ya había al respecto sobre el uso de los áridos procedentes de los derribos. Era tal el volumen que surgió de las demoliciones en esta zona que se instaló una planta recicladora al pie de la obra. Cabe mencionar que dichas construcciones han mantenido un excelente comportamiento hasta hoy en día. Castells (2012).

Para el año de 1992 ya se contaba con la experiencia práctica y base legislativa para poner en marcha una nueva resolución en cuanto a reciclaje de escombros, pero no fue así por falta de apoyo político, pudiendo ser la causa la precariedad económica a la que suelen hacer referencia siempre la clase política o a que las voluntades se han centrado sólo a la creación de vertederos nuevos. Así pues, hasta hace poco no se había vuelto a pensar en la necesidad de la reducción de este tipo de residuos en base a la reutilización. Castells (2012).

#### 2.4.2. Reciclaje de escombros

La eliminación de residuos del tipo que sea es uno de los mayores problemas de las ciudades, los cuales suelen ser depositados en terrenos baldíos ya sea públicos o privados, barrancas o lagunas, siendo en estas últimas aún más problemático

puesto que las lagunas suelen tener la función de captadoras de agua de lluvia lo cual se complica al convertirse en su lugar en captadoras de escombros. De esto ha surgido la necesidad de disminuir la cantidad de residuos, lo que ha llevado a buscar métodos para su reducción y gestión. Klees y Coccato (2005).

Para poder hablar de una reducción en la cantidad de residuos, debemos entender que la cantidad que surge de cada obra depende de múltiples factores, así pues, en la reducción de estos juega un papel primordial la gestión financiera de la compañía, siendo ellos quienes busquen la manera de reducirlos. Muchos países en los últimos diez años se han dado a la tarea de disminuir la cantidad de sus desechos y han realizado múltiples estudios y proyectos para investigar su posibilidad de ser reciclados. Lauritzen y Hahn (1997). También ha surgido el interés de algunos constructores de adquirir maquinaria ligera la cual le permite machacar los áridos de su propia obra. Por otra parte se busca el encontrar tanto un provecho económico a las demoliciones masivas, como disminuir los desechos. Así pues, el método utilizado consta de tener una separación de los materiales para proceder a triturar la fracción pétreo, la cual es alrededor del 70% al 80% del total. Una vez demolido y separado los materiales pueden ser trasladados a otro sitio, ya sea para almacenarlos temporalmente o pueden ser vendidos directamente en el lugar donde se trituran. Dichos sitios son conocidos como plantas de reciclaje, donde serán cuidadosamente clasificados y triturados. Castells (2012). El producto de esta trituración se emplea en la estructura de las vialidades de la futura urbanización. Esta técnica se ha realizado en varias ocasiones y ha tenido un éxito incuestionable, tanto en el aspecto económico como ambiental. Castells (2012).

Este método de reciclaje de escombros ofrece tener un 20% de material reciclado respecto al volumen total de desecho. Pudiendo decirse que el éxito del reciclaje depende de la unión responsable entre los agentes participantes de la obra así como de contar con un marco legal que apoye dichas prácticas. En cada país existe un nivel diferente de prohibición para el vertido de residuos de la construcción, por ejemplo en Alemania y los Países Bajos, los residuos deben ser llevados primero al reciclaje antes del vertido. Así pues, si se quieren minimizar los vertidos y aumentar el reciclaje, es necesario que las autoridades ejerzan mayor control y minimización

de estos vertidos, de esta manera las empresas sentirán la necesidad de reciclar e incluso surgirán más empresas recicladoras. Castells (2012).

Para adentrarnos un poco más en el planteamiento de un sistema de reciclaje de los residuos de la construcción, se debe plantear un programa de acciones, las cuales podrían ser las siguientes:

- Cálculo de las cantidades que se produce de este residuo.
- Puesta en marcha y desarrollo como prototipo de las actividades de demolición, manipulado y procesamiento de los residuos de la construcción.
- Establecimiento de criterios adecuados para realizar el reciclaje, así como la implementación de estándares de calidad y sistemas de control para poder fijar en que se será usado el producto resultante.
- La gestión y regulación para asegurar la aplicación de estas actividades dentro de las condiciones adecuadas.
- Limitación del vertido de residuos que vaya en coherencia con la actual necesidad de protección ambiental y a la poca oferta de espacios para realizarlo.
- Reciclaje de los residuos para darles el uso adecuado y en su defecto, donde se cuente con poca energía para el procesamiento de su reutilización. Lauritzen y Hahn (1997).

#### 2.4.2.1. Reciclaje de hormigón

Para hacer un correcto reciclaje en el hormigón (o concreto como es comúnmente conocido en nuestro país), antes de la trituración, es necesario que sean retirados en la mayor cantidad posible los materiales extraños al concreto, tales como vidrio, madera, metales, plástico, etc. Cuando nos encontramos con concreto armado, que es el material para estructuras más habitual actualmente, hablamos de un material más costoso de reciclar, ya que el rendimiento de la separación disminuye mucho porque se debe separar el acero del concreto. Castells (2012).

#### 2.4.2.2. Campos de aplicación del árido reciclado

Los áridos obtenidos del reciclaje en el uso de hormigones se encuentran reglamentados en la mayoría de países Europeos, en el caso de España incluso se ha constituido un comité con el objetivo de elaborar una norma. También se suelen

usar estos áridos una vez que cumplan con los requerimientos granulométricos, y estabilidad volumétrica para rellenos y terracerías. Tampoco existe problema para usar este tipo de materiales para cimentaciones en edificios de pequeña dimensión, viviendas unifamiliares o garajes. Castells (2012).

Es importante mencionar que siempre y cuando el hormigón no este contaminado, este es 100% reciclable. Dependiendo la calidad del producto triturado puede ser usado en diferentes productos, uno de estos usos es como agregado de nuevos concretos. Estos productos han sido realizados basados en numerosos estudios que determinan la calidad y las especificaciones técnicas del producto del reciclado. Natalini et. al. (2000).

Los hormigones que se obtienen con áridos de hormigón reciclado, tienen durabilidad y resistencia apropiada. También es posible el obtener hormigones con resistencia a los 7 días con una resistencia a la compresión de 4 a 15 MPa. Castells (2012).

Los materiales más finos producto de esta trituración podrían ser usados también para mejorar la granulometría del suelo, e incluso para mejorar suelos ácidos; siendo para este uso necesario que se extreme cuidado en retirar la mayor cantidad de yeso posible. Castells (2012).

#### 2.4.2.3. [Uso de material reciclado para sub-base](#)

Por lo general en la construcción de carreteras y caminos son utilizados materiales de baja resistencia para el relleno de vados, explanadas, bases y sub bases, haciéndose compensación de materiales, para suministrar este material se suele utilizar el material producto de las excavaciones donde se está haciendo la obra, pero en muchas ocasiones este material no suele ser el más adecuado, por el contrario el material producto de la demolición de subcapas en carreteras o de obras públicas, siendo separado y triturado en la forma adecuada, nos dará un árido que cumple con la normativa que se establece en el Pliego de Condiciones Generales para Obras Carreteras. Así pues, como se mencionó anteriormente, el material

producto de la demolición de edificios, puede ser utilizado toda vez que sean separados plásticos, papeles y maderas, una triturado nos dará un árido que se puede usar para construir todo tipo de capas y sub bases. Castells (2012).

#### 2.4.2.4. Maquinaria para trituración de los residuos de demolición

Las plantas recicladoras tienen una estructura similar a las plantas con las que se procesan las materias primas naturales. Así pues, una planta de reciclaje constará de trituradores, separadores, unidades de transporte y de control. Para triturar materiales para relleno se podría usar plantas móviles, que se instalarían temporalmente en el sitio de la demolición. Para cierta calidad en el producto final, se requiere una planta que tenga más de una plataforma de trituración. Lauritzen y Hahn (1997).

Estas plantas realizan las labores de trituración, cribado y selección de los materiales. Por lo general se tienen 2 tipos distintos de plantas recicladoras, la primera es que produce “todo en uno”, es decir, que sólo hace un machacado; y la segunda es la que fabrica granulado para hormigón, estas últimas tienen mayores elementos para su triturado, puesto que deben asegurar un mayor control de calidad del producto. Castells (2012).

El elemento más importante en estas plantas es el molino. De los cuales podemos hallar 2 principales grupos:

- Molino de impacto: Dentro de una cámara hay un rotor el cual funciona como eje, en cuyo eje hay barras o martillos que giran a gran velocidad. El material al caer en el interior de la cámara choca contra el rotor, por lo tanto, es desintegrado debido al impacto que lo hace después golpear en las paredes. En la parte inferior de esta cámara hay una parrilla que funciona como malla o criba, donde se fija el tamaño máximo del material que va a salir. Una de las desventajas de ese tipo de molino es su alta producción de polvo, así pues es una máquina que sirve para hacer una alta producción de “todo en uno”. El material que resulta en una banda fina, será óptimo para rellenos, sub bases en pavimentos simples e incluso bases en carreteras.
- Machacadora de mandíbulas: Esta máquina consta de 2 corazas, una fija y otra móvil, la cual se va acercando en un movimiento gradual y oscilatorio hacia la coraza fija. Esta máquina rompe por compresión grandes bloques y

produce poco polvo, su producto normalmente presenta caras planas lo cual lo convierte en un árido con características adecuadas para el hormigón. Todas estas máquinas cuentan con un separador magnético, lo que permite retirar los elementos metálicos, los cuales son transportados para ser apilados aparte. Las máquinas de este tipo, suelen ser móviles lo cual permite llevarse al punto de la demolición lo cual disminuye los costos de producción. Castells (2012).

#### Instalaciones fijas para la producción de árido reciclado

Son similares a las anteriormente descritas, pero al ser una máquina fija, ésta nos da la facultad de contar con un trabajo más sofisticado, con un mayor rendimiento y al tener una mayor escala el costo de producción es mucho menor. Castells (2012).

#### 2.4.3. Reciclaje de escombros en el mundo

Como se ha mencionado en puntos anteriores, el reciclaje de residuos de construcción se hace en una cantidad muy poco deseable. La mayoría de estos se usan como rellenos provocando una agresión medio ambiental. La necesidad de reciclaje de este tipo de residuos, no solamente obedece a una razón de protección al ambiente, sino que hay razones económicas y financieras que se unen a este interés. Así pues, esta necesidad no sólo es de los países más industrializados, sino que es una demanda global donde hay diferentes prioridades. De esta manera países industrializados como Holanda y Dinamarca, así como Bangladesh que se encuentra en vías de desarrollo, al realizar prácticas de reciclaje están experimentando un ahorro en recursos naturales. Lauritzen y Hahn (1997).

Ahora bien, si queremos tener una visión más global de este fenómeno, podemos empezar con los países de la Comunidad Europea (CE), donde no hay datos fiables sobre la cantidad de residuos de la obra, pero según la Tabla 2.1. Se estima una cantidad de 175 millones de toneladas por habitante en función de una población de 350 millones y un estimado de producción promedio de 500 kilos por habitante por año. Lauritzen y Hahn (1997).

En países como Holanda y Dinamarca se tiene estimado que del 80 al 85% de los residuos de la construcción provienen del hormigón y la albañilería, donde es el

hormigón quien juega el papel más importante, puesto que cubre del 30 al 40% del total. Así pues en Kuwait, nos encontramos con una cantidad similar, donde el hormigón ocupa el 30% del total de residuos de la demolición. Lauritzen y Hahn (1997).

Tabla 1. Producción de residuos en diferentes partes del mundo.

<b>País</b>	<b>Habitantes (en millones)</b>	<b>Producción de residuos de la construcción (Mill/Tm)</b>	<b>Promedio (Kg/Hab)</b>
Dinamarca	5	5	100
Holanda	15	7	70
Gran Bretaña	57	30-50	530-890
Alemania (1)	62	28	450
Bélgica	10	7	70
España	39	11	280
Total	188	88-108	470-570
Kuwait	1,8	1,6	90

Ahora bien, la Asociación Federal de Carreteras de Estados Unidos recicla sus pavimentos de concreto. Por ejemplo, en el año de 1985 en la ciudad de Wyoming, se realizó una ampliación de 7,000 carreteras, donde el agregado utilizado para sus pavimentos era una mezcla de áridos naturales y reciclados, dando esta actividad un ahorro del 16% en el costo total. Así pues, podemos ver países comprometidos con el cuidado del medio ambiente, lo cuales ya cuentan con programas de reciclaje para materiales de construcción, incluyendo sus plantas de tratamiento. Dinamarca cuenta con un sistema más agresivo, donde impone a partir del 1 de enero de 1990 un impuesto por cada tonelada de residuos que no haya sido reciclada. Por otra parte, Japón programó un reciclaje de 10 a 12 millones de toneladas de hormigón por cada año. Natalini et. al. (2000).

En los países mencionados con anterioridad existe una legislación la cual regula el vertido en los escombros. En el caso de España, al pertenecer a la Comunidad Económica Europea, ésta debe seguir los lineamientos en el tema de reciclaje, aun así que este país cuente con gran cantidad de yacimientos de áridos naturales. Natalini et. al. (2000).

### **Planes de acción para reciclaje a nivel mundial**

Tomaremos como base las acciones empleadas en Europa, y en algunos casos en específico, en Cataluña, España. Así pues, el primer paso dentro de un plan de acción para el reciclaje de escombros, debe ser el fomentar la reducción de este tipo de residuos, para después alentar y apoyar en la reutilización y reciclaje, también es de gran importancia que estos residuos puedan ser proyectados como fuente energética en lugar de las energías convencionales. En un último término y sólo en caso de que las opciones anteriores no sean posibles, se deberá el residuo dirigir a un vertedero. Para el año 1998 a nivel estatal ya se encontraba regulada la anterior normativa, la cual estaba apoyada en la Ley 10/1998, por su parte Cataluña se había adelantado 5 años, ya que esta presentó su ley 6/1993 el 15 de Julio. La Constitución Española otorga facultades de instaurar normas adicionales a las que hayan sido constituidas por el estado en el tema de protección ambiental. Castells (2012).

El objetivo de este plan es desarrollar el mercado de la reutilización del material procedente de residuos de las demoliciones, usando como base la validación de las propiedades del material a utilizar, toda vez que debe regularse su uso. No obstante, la factibilidad que tiene tanto en el ámbito ambiental como económico, no se ha puesto en la práctica en lo general como debiera y ha sido más hipotético que práctico. Castells (2012).

Una de las acciones que van de la mano con el decreto anteriormente mencionado en Cataluña, es el publicar anexo a la guía de aplicación unas tablas donde se estima el volumen de los residuos de construcción y de demolición lo cual permite fijar las tasas que se podrán verter por obra al momento de solicitar la licencia de construcción, acción que complementa las medidas adoptadas en la Junta de

Residuos de Cataluña, que es el organismo competente en materia de residuos en esta comunidad. Castells (2012).

EL PROGROC (Programa de Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición de Cataluña) establece pautas de evolución a corto y mediano plazo, con la finalidad de mejorar el marco de gestión de los residuos, este programa no obstante establece objetivos de reutilización y reciclaje muy ambiciosos, los cuales tienen su principal barrera, en el conflicto que conlleva el implementar buenas prácticas de gestión en la obra, entre los diferentes agentes que en ella intervienen.

Principalmente estas prácticas y actividades son las siguientes:

- Prevención
- Valorización
- Colocación del desecho en depósitos controlados
- Construcción y planteamiento del modelo de gestión
- Criterios de implementación de la infraestructura
- Divulgación y formación de los agentes de la obra

El obtener un residuo de calidad, lo cual quiere decir que este correctamente clasificado o separado, puede llegar a ser una misión difícil de sobrellevar económicamente por la falta de sensibilidad de las partes competentes. Se pueden englobar 2 categorías: los proyectos que se dirigen a la normalización de la calidad del árido y la gestión de los residuos de la construcción y la demolición, así como planes para la gestión de estos mismo residuos. Por lo tanto, se debe analizar cuál es la perspectiva que Europa maneja y cuáles son los países que realmente están comprometidos y han actuado, así como cuáles son las causas que favorecen o limitan esta actividad. También es necesario revisar los índices de reciclaje que manejan otros países, así como relacionar estos con el costo por el vertido y el costo por m<sup>2</sup> construido; así se puede ver que generalmente los países que presentan porcentajes altos en reciclaje acostumbran a tener tasas de coste de vertido mayores, lo cual muestra un interés por el cuidado de su economía. España presenta su Plan Nacional de Residuos de la Construcción y Demolición 2001-2006, donde establece objetivos ambiciosos que van acorde a las exigencias Europeas. Castells (2012).

En 2006 España había puesto en marcha diversos proyectos y había presentado normativas encaminados a la gestión de residuos, siendo algunos de estos:

- Borrador de la “Instrucción de Hormigones Estructural” en donde se dan reglas sobre el uso del árido reciclado en los hormigones.
- Borrador del Real Decreto donde se maneja que es obligatorio que los proyectos de construcción incorporen planes para gestionar los residuos y estas actividades estén dentro de una partida de su presupuesto.
- El Comité Nacional de Normalización y el Subcomité de Carreteras, donde se elaboran guías para el correcto uso de los áridos reciclados en la obra pública, así como la elaboración de las disposiciones técnicas que este debe de cumplir. Castells (2012).

En los últimos años los sistemas de gestión ambiental han madurado inclusive en su control de calidad, encontrándose alguno al nivel de ISO 14001, también han supuesto aquello que es ambientalmente sostenible puede llegar a ser atractivo y redituable a un nivel económico. Ya sea por presentarse como una empresa que cumple con control de calidad o por obtener beneficios económicos, cada vez más las empresas ven en la gestión de los residuos una actividad habitual y necesaria. Castells (2012).

Por último se resume que una correcta gestión de los residuos implica varias facetas en los mismos, lo cual llevará a una “producción limpia”, donde se deberá hacer uso de la menor cantidad de recursos, llámese materias primas o energía, así como la reducción de los residuos integrándose la reutilización y el reciclaje; a estos lineamientos también se debe agregar que los insumos utilizados en el proceso de la obra deberán ser diseñados con el fin de alcanzar mayor durabilidad, así pues, por ejemplo, el hecho de duplicar la vida útil de los elementos nos dará como resultado una disminución de los residuos por la mitad. Klees y Coccato (2005).

## 2.5. Sustentabilidad

El CO<sup>2</sup> o bióxido de carbono es emitido a la atmósfera por diversas actividades humanas como el uso de energía eléctrica y térmica, pero principalmente, el transporte, dichas emisiones contribuyen al calentamiento global. Una persona

genera en promedio alrededor de 4kg de CO<sup>2</sup> por día, si se hace una comparativa basándonos en la economía de los países, en los países más ricos una persona genera más de 12kg al día en cambio en los países en vías de desarrollo se encuentra apenas alcanzando 1kg diario. Castells (2012).

Los sistemas generadores de energía además favorecen el agotamiento de los recursos naturales, lo cual va degradando los ecosistemas, por eso la importancia de utilizar sistemas de generación de energía basada en los criterios de sostenibilidad donde la base sea el uso de recursos renovables, lo que nos traerá como resultado una degradación ambiental más lenta. El uso de energías renovables está perfectamente vinculado con el concepto de sostenibilidad, ya que aparte de que provoca un impacto ambiental más bajo nos da la posibilidad de acrecentar la eficiencia energética. Castells (2012).

### **Sustentabilidad en el reciclaje de escombros**

En el tema que nos compete, es decir, el reciclado de residuos de construcción y la demolición, se debe tener en cuenta que incurren intereses económicos, ya antes mencionados, así como intereses medioambientales. El reto en un futuro, es conformar una perfecta unión entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente, conociéndose esto como desarrollo sostenible. Siendo necesarias aquellas actividades de reutilización y reciclaje, también antes citadas. Natalini, et.al. (2000).

#### 2.5.1. Dónde surge la sustentabilidad

### **Inversiones en sustentabilidad**

En algunos países la sustentabilidad forma parte de los egresos federales y en ciertos casos es un porcentaje importante del gasto nacional. Algunas de estas inversiones son las siguientes. En 2001 la Comunidad Europea invirtió 54 millones de euros, lo cual es un 0.6% del PIB, así pues, entre los años 1996 y 2002 los gastos en medio ambiente presentaron un aumento del 6%, para el 2005 estas cifras eran aun superiores. Tanto en la Unión Europea como en los EE UU, la ley obliga a tomar medidas que protejan el medio ambiente. En la Unión Europea una

de estas medidas que son obligatorias es que en poblaciones mayores a 2,000 habitantes las aguas residuales deben ser depuradas. Castells (2012).

Por el contrario, basándose en un estudio realizado por el Banco Mundial se deduce que una mala gestión ambiental donde la corrupción y las prácticas ilegales tienen cabida en temas como manejo forestal y biodiversidad, llegan a provocar daños económicos realmente cuantiosos, estando estos cerca de los 30,000 millones de dólares americanos al año. De ese total pertenece a pérdidas fiscales por explotaciones forestales de 15,000 a 20,000 millones, a la pesca salvaje se le atribuyen 9,000 millones y al tráfico de especies entre 6,000 y 10,000 millones. En países en vías de desarrollo este daño económico representa entre un 4 a 8% de su PIB (9).

#### 2.5.2. Sustentabilidad por el reciclaje de escombros

El continuo aumento en la cantidad de residuos y la poca oferta de lugares donde verterlo, nos impone la necesidad de crear mecanismos de gestión con los cuales tratar de resolver tal problemática. La industria de la construcción tiene la responsabilidad de ofrecer soluciones sostenibles que mermen los efectos de los residuos que ellos mismos generan, promoviendo el reciclado dentro de su misma actividad. El realizar este control en el manejo de los residuos de la construcción nos trae los siguientes beneficios. Pérez, del Río, Peralta, de la Rosa (2012).

- Reducción de los residuos que se vierten, trayendo consigo la optimización de la capacidad del vertedero.
- Un mayor reciclaje de los residuos y la óptima utilización de los productos reciclados.
- La vigilancia de los posibles conflictos de interés que se pudieran dar derivados de actividades de demolición vertido.
- La prevención de los desgastes medio ambientales derivados del erróneo tratamiento de los residuos, siendo lo principal el vertido y depósito de residuos contaminados. Lauritzen (1997).

Así pues, el órgano propicio para hacer esta regulación es el gobierno, ya que el reciclaje de residuos lo que propone y realiza es la sustitución de las materias

primas, deberá entonces controlar y coordinar las actividades de reciclaje basándose en una evaluación de la oferta de materias primas en cada región. Lauritzen (1997).

Dicho control, deberá ser desde la producción de los mismos residuos hasta su reciclado o vertido y deberá tener sistemas de control adecuados, que irán desde leyes y reglamentos, impuestos y exenciones, planes de aprobación y sanciones. Otra manera de controlar es desde el momento de otorgar el permiso de demolición, ya que por lo general este permiso es otorgado por autoridades de urbanismo, por lo tanto el constructor puede ser obligado a llevar a cabo una demolición selectiva donde separe los residuos y los seleccionados y adecuados puedan ser llevados a una planta de tratamiento. Por ejemplo, en Dinamarca, los condados envían esos residuos a plantas de tratamiento que hayan hecho arreglos con ellos, donde recibirán los residuos a unos precios favorables, el contratista también debe prever desde el inicio de la obra la cantidad y el tipo de residuos que obtendrá. Dicha dinámica permite tener un correcto tráfico de residuos desde el inicio de la obra. Lauritzen (1997).

Las plantas de tratamiento deben situarse en lugares estratégicos donde se aseguren mínimas distancias de transportación, así pues, el centro de las ciudades resulta ser adecuado puesto que queda cercano de la mayoría de las obras. Se pueden habilitar vertederos locales y pequeñas plantas móviles según la necesidad y las actividades de cada lugar. Una planta regional de reciclaje, debe ser capaz de cubrir la demanda de materias primas de manera local. Lo idóneo es que las partes interesadas e involucradas en una obra se reúnan para poder programar como sería el sistema de trabajo, estas partes serían aquellas que realicen la demolición, los transportistas de materiales, los proveedores de materias primas naturales, plantas de tratamientos y los inversionistas, llámese públicos o privados. Lauritzen (1997).

El reciclaje nos presenta grandes atractivos sobre la utilización de las materias primas naturales, siendo su ventaja principal que se realiza al mismo tiempo la eliminación de materiales de desechos y estos al ser aprovechados dan pauta a reducir la extracción de recursos naturales, pero además cuenta con la cualidad de que al reducir la cantidad de residuos que van a los vertederos se permite una

mejora en la utilización de los mismos en cuanto a su capacidad, además de que se eliminan y se previenen los daños ambientales derivados de un incorrecto tratamiento a los residuos, ocasionado al momento de verter residuos de la construcción contaminados. Natalini et. al. (2000).

No obstante que sea casi imposible el lograr una sustitución total de la materia prima natural por materia reciclada, cualquier empuje en favor de reciclado de materiales nos acerca más hacia el desarrollo sostenible, el cual se muestra como la única alternativa hacia un desarrollo productivo. Natalini et. al. (2000).

Las estrategias que se vayan a fijar para los sistemas de reciclaje, es prioritario que vayan encaminadas a objetivos explícitos y apropiados al tema de tratamiento de residuos, deben ir acordes a la situación política local, tomando en cuenta los proyectos con que estos cuentan para reconstrucción de sus equipamientos o elementos urbanos. Concluyamos pues recordando la ventaja principal del reciclaje de escombros es la reducción de la extracción de materias primas y aunque la tradición se presentara como una barrera, vale la pena el esfuerzo por vencerla, por demostrar que la reutilización de los residuos de la construcción nos encamina hacia el futuro. Lauritzen (1997).

### 2.5.3. Sustentabilidad por reciclaje de escombros en el mundo

Para introducirnos en este tema, vale la pena destacar que desde un punto de vista puramente económico el reciclaje de los residuos sólo resulta atractivo cuando el producto del reciclado es competitivo en costo y calidad respecto a las materias primas naturales, así pues, sólo resultará atractivo donde exista poca oferta de materias primas naturales o donde los lugares de vertidos sean inadecuados. Aunado a esto, con el uso de materiales reciclados se obtienen ahorros en cuanto a transportación ya sea del residuo hacia los lugares de vertido o por el recoger la materia prima de su lugar de origen. Por lo tanto, se reitera que para que en el mercado pueda entrar un material reciclado a sustituir los materiales naturales, éste debe satisfacer las exigencias técnicas y ser competitivo económicamente. Lauritzen (1997).

Algunos países han introducido impuestos favoreciendo la actividad del reciclaje. Por ejemplo, en Dinamarca a partir de Enero de 1990 se impone una tasa de 130 coronas danesas por cada tonelada de residuos que no se recicle. Encaminando los proyectos de reciclaje hacia el desarrollo urbano, se observa un gran mercado en áreas como renovaciones de autopistas o incluso la reparación de los desastres ocasionados en la guerra, ya que el modelo económico permite que se encaminen al reciclaje ya que este permite que se cuiden los costos de transporte, ya sea para el traslado de los residuos como para el traslado de las materias primas naturales. Lauritzen (1997).

Lo anterior nos lleva a concluir que el material producto de la trituración de residuos de la obra es un producto bueno y con precios competitivos. No obstante existen las barreras mentales que las propias personas se crean sobre el uso de reciclados, causando verdadera dificultad en su puesta en marcha. Los programas que se han creados, deben presentar gran interés y énfasis en la información y formación, que permitan un control del flujo de residuos, así como la gestión de las materias primas naturales. Lauritzen (1997).

### **Estudios para factibilidad en reciclaje de escombros**

Se presentan a continuación 2 estudios realizados en diferentes partes del mundo los cuales nos permite ver la factibilidad técnica en cuanto al reciclaje de escombros.

### **Características mecánicas de hormigones con áridos reciclados procedentes de los rechazos en prefabricación**

En este estudio se analiza la factibilidad de utilizar árido reciclado (AR) procedente de piezas desechadas por el control de calidad en el proceso de fabricación de prefabricados en la planta de la empresa PRAINSA en Zuera, Zaragoza, España. Dicho árido se usará en dosificaciones de hormigón armado y pre tensado de autoconsumo. Dicha fábrica desecha alrededor del 5% del total de las piezas que fabrica en sus procesos de calidad. Estos elementos durante su proceso de fabricación se encuentran bajo un estricto control, lo que garantiza mayor homogeneidad del árido reciclado que será obtenido, respecto si se hiciera con producto de demoliciones de hormigón. Las características del árido reciclado que se obtiene y sus propiedades están ligadas a las características del hormigón

original, siempre y cuando no estén expuestos a ningún tipo de contaminación externa, por lo que es prioritario conocer sus orígenes, para poder evaluar el hormigón final.

Se trabaja con áridos reciclados en 2 diferentes escenarios o tratamientos, en estado natural y pre-saturados, con hormigones a 2 diferentes resistencias y que son autocompactantes, siendo la única variable la sustitución del árido grueso en distintos porcentajes 0%, 20%, 50% y 100%. Para las dosificaciones se usa hormigones H40 Y H50, a los cuales se les incorpora un aditivo plastificante, soluble al agua y con pH mínimo de 9, sin cloruros. El cemento que se usa es el mismo que se usa en los prefabricados. Los áridos naturales usados en su momento para los elementos prefabricados, así como los hormigones del estudio tienen como componentes principales: calcita, cuarzo, fragmentos de distintas rocas como son: caliza, cuarcita, metarenisca, esquisto, pizarra y granito, lo cual cumple con las actuales exigencias de la actual Instrucción para Hormigón Estructural EHE 08.

Para la fabricación del árido reciclado el proceso ha sido el triturar todas las piezas mediante pinza o martillo, obteniendo piezas con un diámetro máximo de 300mm, se separan los elementos de acero de mayor tamaño, tales como cables e hilos usados para el pretensado, en segunda estancia los bloques se Trituran con una cuchara hasta reducirlos a un tamaño de 0 a 50mm, eliminando el acero de menor tamaño, una vez que no existe acero, se procede a triturar con molino o criba, seleccionando el árido con fracción 4-12mm, después se realiza un proceso de lavado, para proceder a la fabricación de los hormigones del estudio.

La toma de muestras con el que se elaboraron las probetas, se realizó según la Norma UNE-EN 12350-1 y el curado de las probetas se realizó en cámara húmeda, según la Norma UNE 83-301-91, haciéndose pruebas de ruptura a los 7 y 28 días. Se realizaron además diversas pruebas para conocer las características técnicas, las cuales son: control de consistencia, densidad absorción, resistencia a tracción, resistencia a compresión, todas basadas en las normas de calidad vigentes y respectivas a cada dato a tomar.

El resultado de este estudio es que los hormigones que son elaborados con áridos reciclados de elementos prefabricados triturados de piezas de rechazo, pueden presentar una excelente calidad en su uso estructural, siendo incluso posible la sustitución hasta el 100% en hormigones armados y pretensados, siendo estos valores superiores a las restricciones de la actual Instrucción para Hormigón Estructural EHE 08. Pérez, et. al. (2012).

### **Caracterización de hormigones elaborados con agregado grueso reciclado**

Este estudio, abarca 2 trabajos uno de ellos es la caracterización del material de acuerdo con la norma IRAM 1531, haciendo una comparación del agregado grueso analizando el cumplimiento de los límites especificados por el reglamento CIRSOC 201-2002, el segundo trabajo es el elaborar hormigones con diferentes contenidos de cemento y sustituyendo el 100% del agregado grueso donde se valoraron en estado fresco características como: asentamiento, contenido de aire, peso volumétrico, etc. Y en estado endurecido características de: resistencia a compresión, módulo de elasticidad estático y dinámico, succión capilar, penetración de agua, permeabilidad a los cloruros, velocidad de pulso ultrasónico, etc.

Los resultados obtenidos nos dejan ver las ventajas y desventajas de este material, pudiendo ser una alternativa viable en próximos años. Los resultados de la caracterización arrojan diferencias del material reciclado con respecto al material natural, sin embargo según la norma IRAM 1531 las características aquí solicitadas son aplicables a estos agregados, por lo tanto, deberán considerarse en un futuro en normas y reglamentos.

Por otra parte, según el estudio es posible el remplazo al 100% del agregado grueso natural por agregado reciclado. Los hormigones evaluados de 350kg/ m<sup>3</sup> y 400kg/ m<sup>3</sup> presentan una demanda de agua o una demanda de aditivo súper fluidificante levemente superior a los hormigones de referencia o con agregado natural. Los niveles de resistencia a la compresión en las mezclas de 300kg/m<sup>3</sup> y 350kg/m<sup>3</sup> son comparables con las resistencias de los concretos de referencia a todas las edades, por otra parte la muestra con resistencia a 400kg/ m<sup>3</sup> con agregado grueso reciclado presenta una resistencia a la compresión ligeramente superior al concreto de

referencia para niveles superiores a 40 MPa. Sin embargo, la deformidad de los hormigones hechos con agregado grueso reciclado es mayor a los hechos con agregado natural, dato que se puede ver en el módulo de elasticidad con reducciones del 25 al 30%, tanto en la prueba a 7 como a 28 días. Además de esto las mezcla hechas con material reciclado presentan un hormigón más poroso, por lo tanto, es más susceptible de ser atacado siendo por lo tanto más sensible a los factores externos. Con esto se concluye que las muestras hechas con agregado grueso reciclado con resistencias de  $300\text{kg/ m}^3$  y  $350\text{kg/ m}^3$  son más susceptibles desde el punto de vista de la durabilidad, aunque sus niveles de resistencia a la compresión hayan sido comparables con las muestras de concreto hechas con agregado grueso natural. Hernández (2007).

## 2.6. Observaciones y comentarios

Para la realización de este capítulo se tuvo que investigar en varias fuentes, sin embargo no en todas ellas se obtuvo el éxito esperado, con esto se refiere que al investigar en libros o journals en internet, se encontró información referente a lo que pasa sobre el tema en el mundo, Latinoamérica y un tanto sobre México, sin embargo a nivel local, es decir, el estado de Jalisco, donde se realiza la investigación, prácticamente no se localiza información por escrito.

Así pues, se acudió a dependencias de obra pública, como los municipios de Zapopan, Tlajomulco y Tonalá con la intención de que pudieran apoyar con la información mencionada anteriormente de la cual se carecía a nivel local, de esta manera se les cuestionó sobre cuál es el tratamiento que le exigen a los nuevos fraccionamientos en construcción para los residuos de obra "escombros" resultantes de ellas, así como los lugares permitidos para almacenarlos, a lo cual de manera verbal se contestó que no existía exigencia o petición alguna y al momento de preguntarles sobre los lugares para depositarlo, todos atinaban a decir que era en tiraderos oficiales, entonces se les preguntó si podrían mencionar cuáles son estos sitios oficiales de tiro y comentaban que no existía un listado o no existían tiraderos, es decir, en este tema la información que se obtuvo de las dependencias, fue contradictoria, dejó mucho que desear y me dejó un sabor de boca de poca

transparencia, apatía hacia el apoyo a la ciudadanía o incluso desinformación de ellos mismos. Otra experiencia poco positiva se encontró en Semadet (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial) cuando se acudió vía telefónica con la persona encargada del tema de los residuos para preguntarle lo mismo que a las dependencias de obras públicas, mas su respuesta fue también hermética al preguntarle sobre los sitios permitidos para eliminar los escombros.

Así pues, se concluye que se observó, si bien no en todos en los cuestionamientos pero si en gran parte de ellos, falta de información, conocimiento y transparencia por parte de las dependencias visitadas, por lo tanto, se considera sería relevante que las autoridades pusieran atención en estas áreas para poder fungir en todos los aspectos como los servidores públicos que son.

No obstante, se espera que en el siguiente capítulo se cuente con mayor apoyo por parte de los informantes, se tiene la expectativa pues, que sea la iniciativa privada más abierta a la información, lo cual beneficiaría el presente estudio, así como de alguna manera un tanto indirecta a ellos mismos, puesto que aportarán a un tema donde en un futuro ellos puedan ser los clientes y gozar de los beneficios.

### 3. Medición

#### 3.1. Introducción

En el presente capítulo se recaba la información existente sobre el tema a estudiar para el fenómeno de reciclaje de escombros según el alcance de la tesis, pero ahora se recaban los datos en campo, por lo que se acude tanto a dependencias de gobierno como instituciones, tiraderos oficiales o a las mismas obras de urbanización para recolectar dichos datos, los cuales son referentes a si es usado el reciclaje de escombros, cuales son métodos que se emplean, así como se habla de los volúmenes que de este trabajo surgen. Así pues, se recaban datos sobre el volumen de escombros que surge de la obra y según el tamaño de población cuál es la demanda que se tiene en cuanto al tema. Esta recolección de datos se realiza con los siguientes lineamientos:

**Forma** - aplicada

**Tipo** - descriptiva

**Objeto de medición** - muestra de la población, cualitativa y cuantitativa

Por lo tanto, como se dijo en el alcance del estudio, nuestra población a estudiar son los fraccionamientos para vivienda de intereses social actualmente en construcción en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y Zapopan, eligiendo estos municipios ya que es en donde actualmente se observa más construcción en el sector antes mencionado. Esta población fue proporcionada por la dependencia de obras públicas de cada municipio, específicamente por su área de ordenamiento territorial. Así pues dichas poblaciones son las siguientes:

Tlajomulco de Zúñiga- 48 fraccionamientos

Tonalá- 16 fraccionamientos

Zapopan- 41 fraccionamientos

Dicha población comprende los fraccionamientos que obtuvieron su licencia por medio del respectivo ayuntamiento en el año 2010 hasta los que la obtuvieron en el año 2013, rango sobre el cual se nos comenta nos encontramos con los fraccionamientos en construcción actualmente.

Para obtener la muestra a analizar a través de una población determinada, se usa la siguiente fórmula estadística.

Tabla 2. Fórmula para obtención de la muestra.

$$n' = \frac{Sem^2}{V^2} = \text{tamaño provisional de la muestra} = \frac{\text{varianza de la muestra}}{\text{varianza de la población}} \quad n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

De esta manera, teniendo una varianza de 0.10 ya que se busca tener un 10% máximo de error en la medición, y una desviación de la muestra de  $p=.50$ , ya que se considera un área de estudio poco homogénea, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 3. Población y muestra del alcance.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	MUESTRA
TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA	48	9
TÓNALA	16	3
ZAPOPAN	41	8

Siendo el tamaño de la muestra de cada municipio la cantidad de elementos a medición que se realizan, son datos que se aplican al total de la población.

### 3.2. Método de medición

Al hablar de un estudio descriptivo el método para la medición a utilizar es la encuesta donde se miden los siguientes conceptos:

- Facilidades para retiro de escombros y depósito de material.
- Costos de retiro de escombros.
- Conocimiento de sitios para depósito, tratamiento actual y del reciclaje de escombros.
- Importancia social, económica y ecológica del reciclaje de escombros.
- Disponibilidad para separar el escombros y usar material reciclado.
- Datos sobre la demanda del producto.
- Volumen semanal que se retira de escombros.

Se busca también realizar estas encuestas de forma personal a los encargados administrativos de cada fraccionamiento de la muestra, ya sea superintendentes o gerentes, para de esta manera tener una visión más gerencial del enfoque cliente-proveedor que se pretende crear.

### 3.3. Diseño de la herramienta de medición

Como se mencionó anteriormente la herramienta de medición que se usa para este estudio es la encuesta, la cual se realiza en 2 partes distintas, una primera parte tiene como fin recopilar información sobre datos generales del tratamiento actual que le dan al escombros, costos y apreciaciones sobre el mismo, así como también del conocimiento que se tiene del reciclaje de escombros. Se presenta a continuación esta primera parte de la encuesta.

PAG. 1 DE 2

## RECICLAJE DE ESCOMBRO

UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
 MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN  
 TESIS- RECICLAJE DE MATERIALES ESCOMBRO EN LA CONSTRUCCIÓN  
 ALUMNO: ARQ. ERIKA RODRÍGUEZ RUBIO

NOMBRE DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DEL FRACCIONAMIENTO \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DEL ENCUESTADO \_\_\_\_\_  
 CARGO \_\_\_\_\_

ESTA ENCUESTA SE REALIZA CON EL FIN DE OBTENER INFORMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE UNA TESIS, LA HONESTIDAD Y VERACIDAD DE LAS RESPUESTAS PERMITIRÁN UN ESTUDIO DE MAYOR CALIDAD Y BENEFICIO PARA TODOS

INSTRUCCIONES DE LLENADO: CON LA SIGUIENTE ESCALA FAVOR DE RESPONDER CADA AFIRMACIÓN LO MÁS ACERTADO A SU PERCEPCIÓN.

5 TOTALMENTE DE ACUERDO	4 DE ACUERDO	3 NI EN ACUERDO NI EN DESACUERDO
2 DESACUERDO	1 TOTALMENTE EN DESACUERDO	

	CALIFICACIÓN				
PREGUNTAS	5	4	3	2	1
1.- EN MI OBRA ES FÁCIL TRANSPORTAR EL ESCOMBRO FUERA DE ELLA					
2.- CONOZCO SITIOS DONDE DEPOSITAR EL ESCOMBRO					
3.- ES BARATO EL RETIRO DE ESCOMBRO DE LAS OBRAS					
4.- EL COSTO POR VIAJE DE 14M3 DE ESCOMBRO ES	\$1200 O MAS	\$800-\$1200	\$600-\$800	\$300-\$600	\$0-\$300
5.- CONOZCO UN TRATAMIENTO DISTINTO PARA EL ESCOMBRO DEL RELLENO A VOLTEO					
6.- EL CUAL ES _____					
7.- EN MI OBRA EL TRATAMIENTO QUE LE DOY AL ESCOMBRO ES _____					
8.- TENGO CONOCIMIENTO SOBRE EL RECICLAJE DE ESCOMBRO					
9.- ENTIENDO POR RECICLAJE DE ESCOMBRO EL	separar el escombros de la basura	pepenar los materiales y rehusarlos en la obra	usar el escombros como relleno en terrenos	cribado de escombros para volverlo a usar	Otro-¿Cómo?

Figura 1. Modelo de encuesta parte 1.

Se realiza simultáneamente a los entrevistados una segunda parte de la encuesta donde en un principio se les hace una breve reseña del enfoque que se tendrá como reciclaje de escombros, para de esta manera una vez entendido el tema, puedan entonces ofrecer con las respuestas subsecuentes información relevante para el análisis de la demanda y los precios que se ofertarán. Esta segunda parte de la encuesta se presenta a continuación.

PAG. 2 DE 2

### RECICLAJE DE ESCOMBRO

PARA ESTE ESTUDIO ENTÍENDASE COMO RECICLAJE DE ESCOMBRO, EL SEPARAR LA BASURA, VARILLAS, PLÁSTICOS, ETC. PARA DESPUÉS TRITURARLO Y CRIBARLO A DIFERENTES TAMAÑOS DE GRANO, HACIENDO USO DE ESTE MATERIAL PARA RELLENOS EN ZANJAS O TERRAPLÉN EN VIALIDADES Y PLATAFORMAS

PREGUNTAS	CALIFICACIÓN				
	5	4	3	2	1
10.- ES IMPORTANTE REALIZAR EL RECICLAJE DE ESCOMBRO POR CUESTIONES ECOLÓGICAS					
11.- ES IMPORTANTE REALIZAR EL RECICLAJE DE ESCOMBRO PORQUE TRAE UN BENEFICIO SOCIAL					
12.- CONSIDERO QUE EL USO DE MATERIAL RECICLADO TRAE UN BENEFICIO ECONÓMICO A MI OBRA					
13.- ME INTERESA COMPRAR MATERIAL RECICLADO					
14.- ESTARÍA DISPUESTO A SEPARAR EL ESCOMBRO PARA ENTREGARLO A LOS RECICLADORES					
15.- EN CASO DE SER APROBADA LA CALIDAD DEL MATERIAL, LO USARÍA PARA RELLENOS					
16.- EL PRECIO QUE ESTARÍA DISPUESTO A PAGAR POR M3 POR EL MATERIAL RECICLADO ES DE	\$60 O MAS	\$40-\$60	\$25-\$40	\$15-\$25	\$0-\$15
17.- EL VOLUMÉN SEMANAL QUE COMPRARÍA SERÍA DE _____ M3					
18.- EL CUAL SERÍA DEL TOTAL DE MATERIAL QUE USO PARA RELLENO EL	100%	75%	50%	25%	0%
19.- EL VOLUMÉN QUE RETIRO DE ESCOMBRO SEMANALMENTE DE MI OBRA ES APROX. _____ M3					

EN CASO DE QUE EXISTAN OBSERVACIONES ADICIONALES A LOS PUNTOS ANTERIORES, FAVOR DE MENCIONARLAS

---



---



---



---

GRACIAS POR SU TIEMPO Y SUS RESPUESTAS, SU CONTRIBUCIÓN ES MUY IMPORTANTE PARA ESTE ESTUDIO

Figura 2. Modelo de encuesta parte 2.

### 3.4. Resultados

Como se puede observar en el modelo de encuesta anteriormente mostrado, esta muestra 3 tipos de preguntas o reactivos, con lo cuales se busca obtener la información necesaria para su posterior análisis; para cada tipo se muestra una tabla de resultados. Dichos tipos son:

- Preguntas cerradas (tabla 4)
- Preguntas semi abiertas (tabla 5)
- Preguntas abiertas (tabla 6)

Tabla 4. Tabla de resultados preguntas cerradas.

TABLA DE RESULTADOS DE MEDICION - preguntas cerradas							
NO. DE REACTIVO	CONCEPTO	RESPUESTAS					NO. DE ENCUESTAS
		5	4	3	2	1	
		TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	NI EN ACUERDO NI EN DESACUERDO	DESACUERDO	TOTALMENTE EN DESACUERDO	
1	Facilidad de retiro del escombro	11	5	2		2	20
2	Conocimiento de sitios para deposito	7	8	1	4		20
3	Consideracion de si el costo de retiro es barato	2	5	9	3	1	20
5	Conocimiento de un tratamiento para el escombro	2	6	2	5	5	20
8	Conocimiento del reciclaje de escombro	3	4	5	4	4	20
10	Apreciacion de la importancia ecologica	14	5	1			20
11	Apreciacion de la importancia social	10	7	3			20
12	Apreciacion de la importancia economica	11	4	3	1	1	20
13	Interes por la adquisicion del material reciclado	4	4	8	1	3	20
14	Disponibilidad para separar el escombro	10	6	2		2	20
15	Disponibilidad para el uso de escombro reciclado en rellenos	13	6			1	20
18	% del total para rellenos que seria de material reciclado	3	3	9	3	2	20

Tabla 5. Tabla de resultados preguntas semi abiertas.

TABLA DE RESULTADOS DE MEDICION - preguntas semiabiertas							
NO. DE REACTIVO	CONCEPTO	RANGOS					NO. DE ENCUESTAS
4	Costo actual del retiro de escombro	\$1200 o mas	\$800-\$1200	\$600-\$800	\$300-\$600	\$0-\$300	20
		2	3	7	6	2	
9	Que se entiende por reciclaje de escombro	separar el escombro de la basura	pepenar los materiales y rehusarlos en la obra	usar el escombro como relleno en terrenos	cribado de escombro para volverlo a usar	Otro ¿Cómo?	24
		11	5	7	1		
16	Precio que se pagaria por el producto	\$60 o mas	\$40-\$60	\$25-\$40	\$15-\$25	\$0-\$15	20
		3	2	8	3	4	

Tabla 6. Tabla de resultados preguntas abiertas.

TABLA DE RESULTADOS DE PREGUNTAS - abiertas				
NO. DE ENCUESTA	REACTIVO NO. 6	REACTIVO NO. 7	REACTIVO NO. 17	REACTIVO NO. 19
	Concepto: Cual es ese tratamiento	Concepto: Tratamiento que le dan al escombros actualmente	Concepto: Volumen a comprar semanalmente	Concepto: Volumen que se retira de escombros semanalmente
RESPUESTAS				
1	rellenos	retiro fuera de obra	0	0
2	rellenos	retiro fuera de obra	depende del uso y volumen de obra	depende del uso y volumen de obra
3	rellenos	separacion de tepetate reciclajes, agregados, basura, resto a tirar	21	21
4	ninguno	separarlo de la basura	28	14
5	ninguno	relleno de areas verdes	96	35
6	ninguno	selección de material y relleno	7	20
7	separar el escombros	relleno de areas verdes	30	35
8	ninguno	relleno	20	7
9	ninguno	relleno de areas verdes	250	250
10	ninguno	relleno	35	70
11	ninguno	retiro fuera de obra	100	50
12	ninguno	retiro fuera de obra	80	30
13	separar material para reutilizar y reciclar	retiro fuera de obra	depende del uso y volumen de obra	42
14	ninguno	relleno	250	150
15	ninguno	retiro fuera de obra	0	500 a 1000 kg
16	separacion de materiales (reciclaje, combustible, nivelacion mejorada)	separacion de tepetate reciclajes, agregados, basura, resto a tirar	0	35
17	separar el escombros	retiro fuera de obra	depende del uso y volumen de obra	50
18	ninguno	retiro y relleno	100	300
19	rellenos	retiro fuera de obra	84	84
20	ninguno	separación de tepetate reciclajes, agregados, basura, resto a tirar	60	70

### 3.5. Observaciones y comentarios

Para la realización de este capítulo también se encuentran ciertas dificultades, algunas de éstas son para obtener el tamaño de la población, ya que como se dijo anteriormente se tiene que acudir a obras públicas de los 3 municipios del alcance, donde por cuestiones de burocracia tardan un tiempo prolongado para la entrega de los datos; no obstante, no todo es negativo puesto que particularmente el servidor público que nos atiende en el ayuntamiento de Tlajomulco muestra real interés en apoyar a este estudio con la información que tiene a su alcance.

También se cuenta con la colaboración de algunos expertos para la revisión de la encuesta, quienes aportan en base a su experiencia comentarios que ayudan a enriquecer el método de medición elegido. Entre estos nos encontramos con profesores, asesores de tesis, algunos constructores, así como un grupo de gestión ecológica creado recientemente en la Cámara de la Industria de la Construcción (CMIC), a la cual gratuitamente somos invitados, todos los anteriores realmente comprometidos en aportar algo a este tema.

Por otra parte, como parte del estudio del estado actual del reciclaje en el estado de Jalisco no documentado, se acude también a una videoconferencia (la 5ta de un ciclo de 6 conferencias) en la anterior citada CMIC donde el tema a tratar era "Plan Nacional de Manejo de Residuos en la Construcción" ponencia que es de gran interés y apoyo para el tesista, puesto que es aquí donde se crea un nexo con esta dependencia de gran envergadura en el estado, la cual muestra interés en este momento por el tema de reciclaje de escombros y gratamente da el apoyo que sea requerido para la realización de este estudio. En dicho ciclo de conferencias se busca hacer del conocimiento de los constructores la nueva norma NOM-161-SEMARNAT-2011 para el manejo de los residuos de obra, la cual entró en vigor el 30 de Julio de 2013. No obstante, se menciona también que existe la norma, más no existen planes nacionales y programas de cómo se pondrá en vigor, por lo tanto la dependencia se encuentra trabajando en los mismos. Por otra parte, también se habla de la necesidad de tener sitios adecuados de disposición final de estos residuos, lo cuales deberán estar normados y regulados por las autoridades y serán manejados en la manera conveniente.

A consecuencia de lo anterior, se viene acudiendo semanalmente a la CMIC, al grupo de ecología y medio ambiente, donde también se asiste a una conferencia con la bióloga María Magdalena Ruiz, Secretaria de Medio Ambiente del Estado de Jalisco (SEMADET), donde entre otras cosas se menciona el plan que tiene la dependencia para crear los programas para poner en vigor la norma. Se habla de la necesidad de crear el listado de requisitos y trámites que deberán cumplir los sitios de disposición final y lo más importante se crea un compromiso con la cámara para realizar este trabajo de manera conjunta, lo que hará que los constructores que son los mayormente interesados y envueltos en este tema puedan aportar y apoyar para que estas actividades sean realmente útiles y redituables a la industria y no un trámite burocrático más. A la fecha se ha mostrado avance en las anteriores actividades, por lo tanto, nos gratificamos de pertenecer a este grupo de trabajo, puesto que por medio de él se podrá crear un vínculo más directo con la SEMARNAT y la SEMADET, organismos que pueden otorgar bases firmes sobre los avances de la gestión de este tema, lo que aporta aún más veracidad y concordancia con la realidad a este proyecto.

Se comienzan entonces a realizar las encuestas buscando hacerlas de la forma antes mencionada, es decir realizarla a superintendentes o gerentes de obra, pero en algunos casos son los residentes los dispuestos o disponibles a contestarla, lo cual no resulta tan inconveniente como se creía, puesto que la mayoría de ellos si tiene conocimiento sobre el costo y tratamiento que le dan al escombros de sus obras. Cosa contraria sucede sobre el conocimiento que tienen los mismos del reciclaje de escombros, ya que la mayoría de los primeros encuestados entiende por este concepto el re-uso de los materiales provenientes del escombros nuevamente en la obra, es decir a la pepena de pedacera de block, ladrillo, alambre, etc., para volverla a usar en su misma obra o en su defecto lo entienden como el relleno a volteo que se realiza en la actualidad en terrenos baldíos. Por lo tanto, en pro del estudio y para obtener datos realmente valiosos y trascendentales, nos vemos en la necesidad de realizar una calibración más a la encuesta, de modo tal que primero se busca el obtener información sobre el conocimiento actual que se tiene del tema, para después de dar una breve reseña del concepto sobre el cual se trabaja, obtener información relevante para completar la medición.

Una vez reanudadas las encuestas se tienen varios inconvenientes para realizarlas, estos son la dificultad para localizar los fraccionamientos, ya que aunque algunos cuentan con exceso de publicidad y señalamientos en las calles para localizarlos hay otros tantos para los cuales la publicidad resulta insuficiente. Así pues, el tiempo con el que se cuenta para realizar dichas entrevistas, hacen de la medición a gusto del tesista la actividad más ardua y complicada, así como también resulta difícil el localizar a los gerentes o superintendentes de obra, puesto que estos por lo general se encuentran en las oficinas o atendiendo otras obras; por lo tanto por el recurso de tiempo que se encuentra tan ajustado, se opta por realizarlas a los residentes o al encargado de obra en ese momento, lo cual como se dijo anteriormente, no resulta inconveniente como se creía, al menos no para obtener datos confiables sobre los volúmenes de material que se retiran y la necesidad que existe del producto que se oferta según los requerimientos de la obra. Donde si pudiera arrojar datos un tanto erróneos, es en cuanto si se desea comprar material reciclado y que tan dispuesto se está en separar la basura del escombros, ya que al ser actividades donde intervienen recursos, estas decisiones suelen ser tomadas

mayormente por los gerentes o encargados administrativos de obra y no tanto por los ejecutores de esta.

Por otra parte al momento de realizar la encuesta, nos pudimos dar cuenta de la sencillez que ésta implicaba, puesto que las preguntas presentan facilidad de comprensión, son claras, precisas y esto hace de la encuesta un ejercicio práctico, poco tedioso y sobre todo con la facultad de arrojar la información adecuada para el estudio. No obstante también nos percatamos de la importancia que tiene un formato para lograr el éxito total en cualquier trabajo donde se implique a terceros, ya que la gran mayoría de los encuestados omitían leer el párrafo donde se explica en este estudio que se entiende por reciclaje de escombros; esto quizás debido a que el tamaño de la fuente era muy pequeño y no mostraba por lo tanto una mayor jerarquía con los demás textos de la entrevista. Asimismo nos percatamos de la necesidad de haber colocado las opciones de respuesta también en la segunda página, ya que el no tenerlas hace que los encuestados tengan que regresar a la primera página a verificar las opciones; es decir, se observa la importancia de tener un formato adecuado para que éstas hubieran fluido adecuadamente, con esto se concluye en el apartado de medición, que no basta con tener un buen contenido, debe haber una buena forma que le de soporte a ese contenido.

## **4. Análisis**

### **4.1. Introducción**

En este apartado se realiza el análisis de los datos recabados en el capítulo anterior, esto con el fin de deducir si la hipótesis planteada anteriormente es verdadera o en caso contrario falsa, por lo tanto, se busca analizar datos que nos permitan concluir lo anterior, así como algunos otros que nos muestren el estado actual no documentado del fenómeno. Es decir, al analizar los resultados obtenidos por las encuestas se busca obtener información sobre el tratamiento actual del escombros, los costos de retiro, el conocimiento en el medio de reciclaje de escombros, así como la apreciación de los fraccionadores sobre el reciclaje mismo. De esta manera se podrá deducir cual será la oferta y demanda del producto, para posteriormente y con un análisis detallado de rendimientos de mano de obra, maquinaria y flujos financieros poder presentar un precio para el producto.

Así pues, una vez teniendo datos sobre la demanda que se tendría, la disposición y aceptación que esta labor tendría en el medio, el costo que los posibles clientes estarían dispuestos a pagar y el precio que el análisis arroja para el producto, tendremos entonces las herramientas suficientes para poder discernir la veracidad de nuestra hipótesis.

### **4.2. Método de análisis**

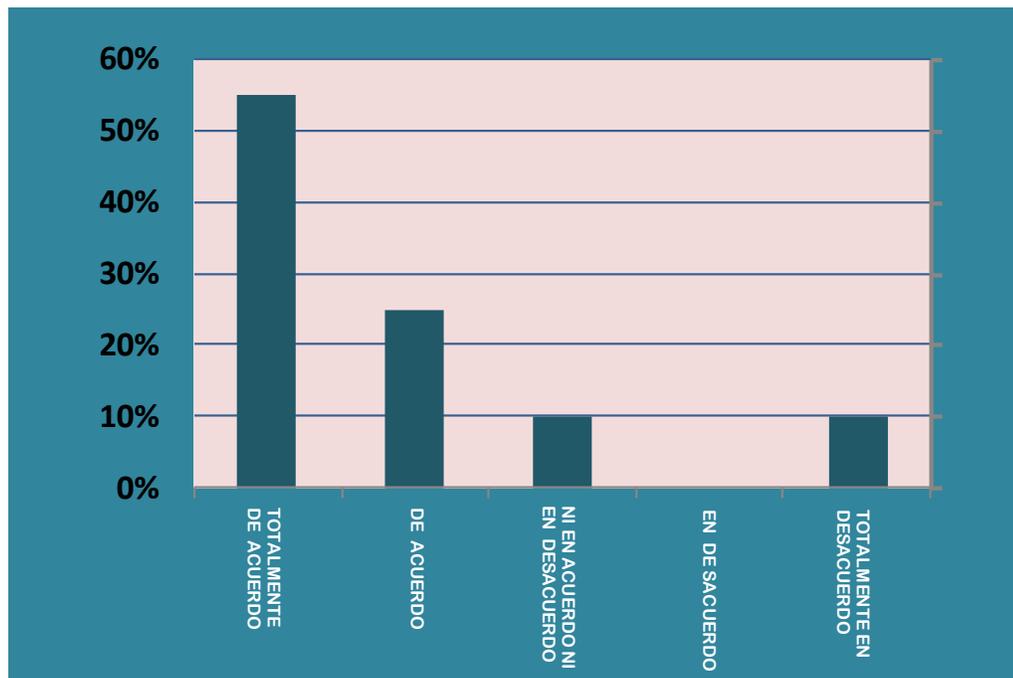
Dicho análisis comienza realizando gráficas las cuales permiten ver de forma visual y práctica hacia dónde van los resultados, de esta manera se puede ver la tendencia para cada uno de los elementos de interés de una forma muy rápida. Una vez sabiendo dicha tendencia se prosigue a hacer comparativas de una gráfica con otra, esto según lo que los resultados mismos muestran para con estas relaciones descubrir aún más las vertientes participantes en el fenómeno. El método usado es de gráficas de barras para poder ver de manera sencilla la comparación entre las diferentes respuestas para cada concepto, esto nos permite observar rápidamente la respuesta predominante y poder hacer conclusiones de la misma.

#### 4.3. Análisis de la muestra

A continuación se muestran las gráficas para el análisis del tema, las cuales se derivan de la información recolectada con las mediciones, cada una de ellas muestra reactivo por reactivo los resultados de las encuestas de los entrevistados, así como también nos da información relevante sobre el estado actual del reciclaje de escombros en nuestra área de estudio. Se presentan pues los diferentes temas a analizar con el fin de concentrar la información obtenida.

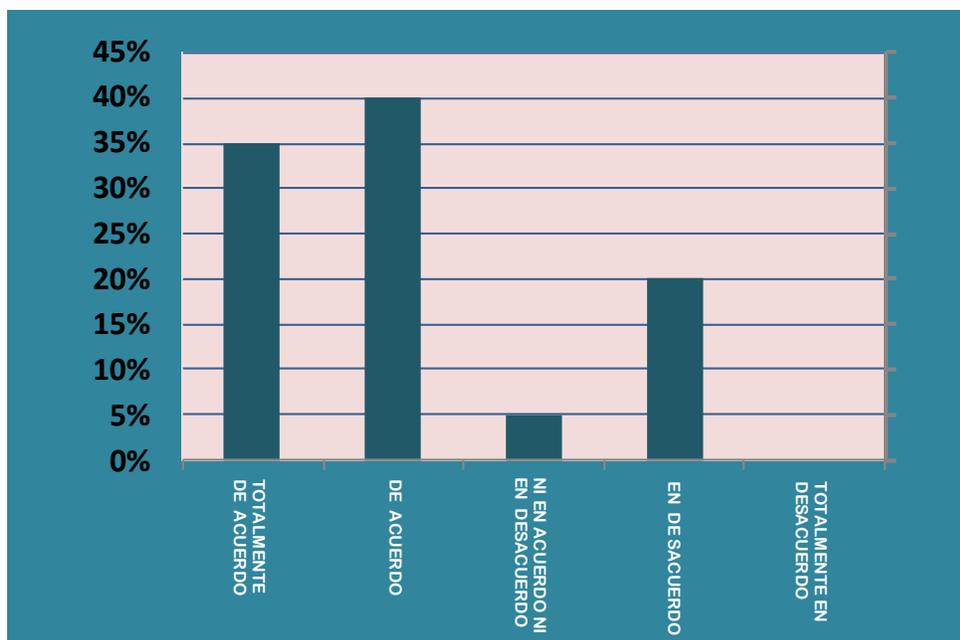
##### 4.3.1. Tratamiento actual del escombros, costos de retiro

En este apartado se muestra lo que sucede en la actualidad en el tema estudiado. Nos muestra datos vivos y reales sobre lo que se hace actualmente con el escombros, el costo por hacerlo, así como los volúmenes. Es decir, una introducción a la realidad del tema estudiado.



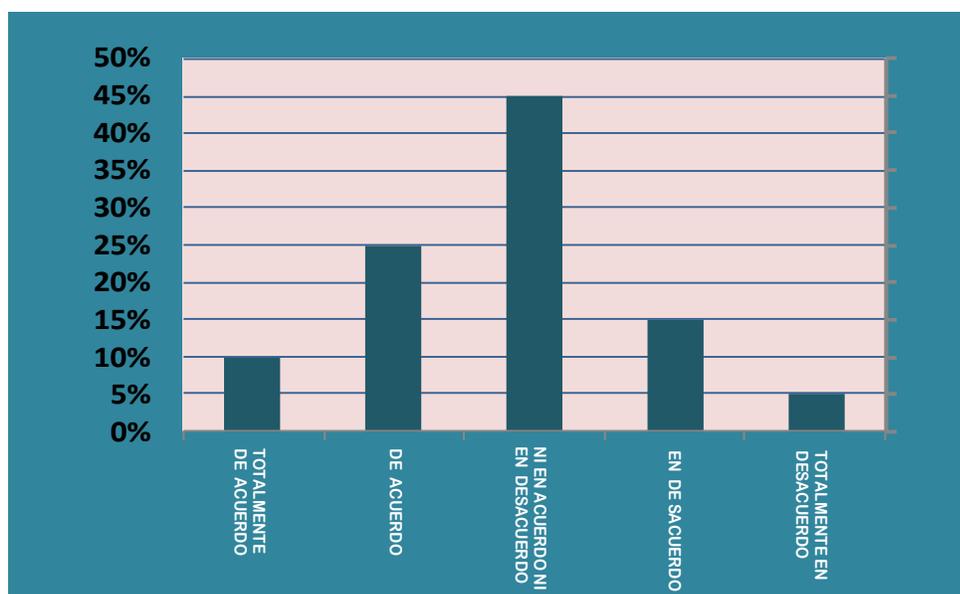
Gráfica 1. En mi obra es fácil transportar el escombros fuera de ella.

En esta gráfica se observa una clara tendencia hacia la respuesta totalmente de acuerdo, se puede ver que un 55% de los encuestados consideran que es fácil el retirar el escombros de su obra.



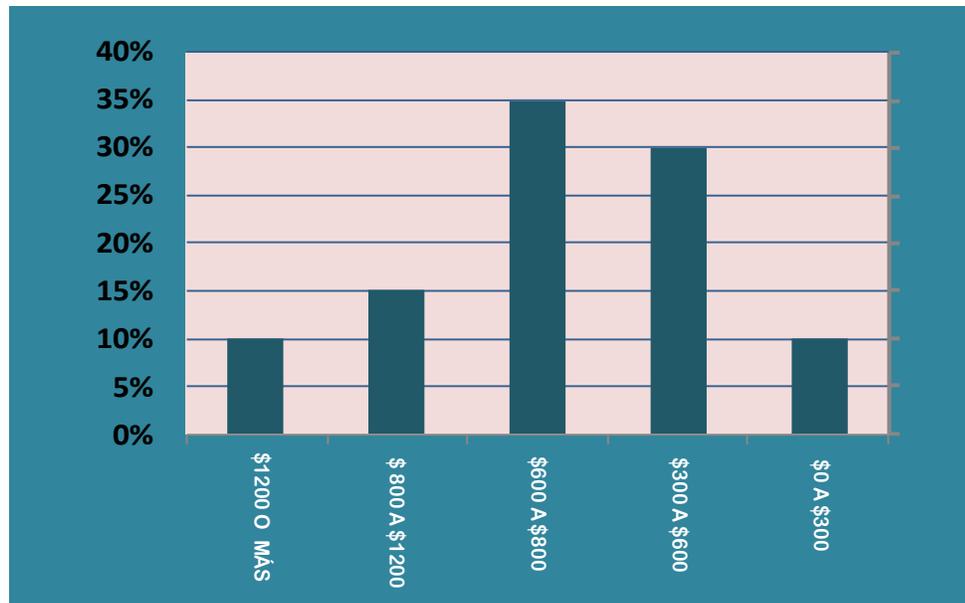
Gráfica 2. Conozco sitios donde depositar el escombros.

Se muestra aquí como la mayoría de los encuestados (75%) creen conocer los sitios donde se deposita al escombros. Como dato adicional se menciona que si bien ellos responden conocerlos, muchos de estos mencionan verbalmente que sabían que se llevaban a lugares de relleno, pero no conocían exactamente los lugares donde terminaban.



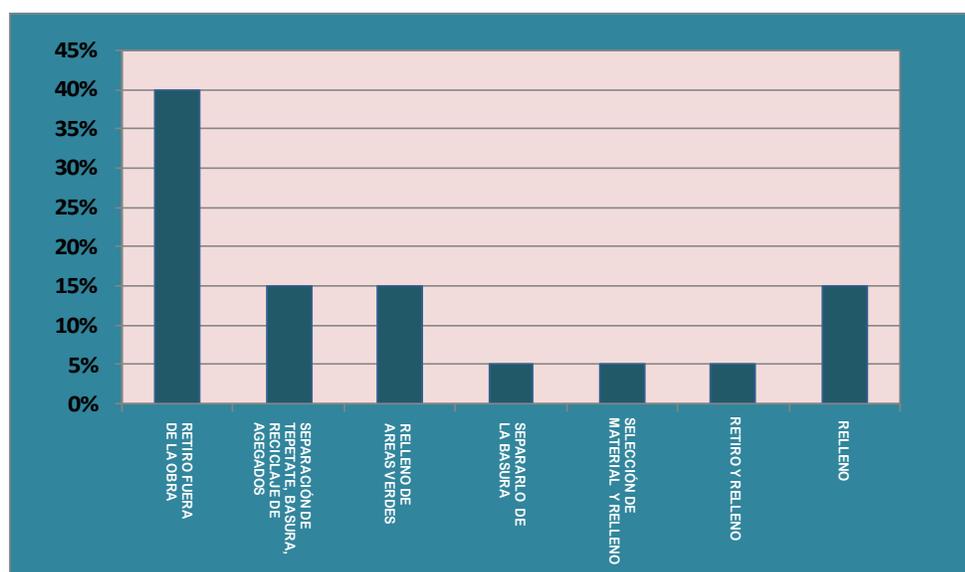
Gráfica 3. Es barato el retiro de escombros de la obras.

Se puede observar la tendencia a la media, la cual nos dice que los encuestados no consideran ni caro ni barato el retiro del material.



Gráfica 4. Costo actual del retiro de escombros por viaje.

La tendencia de esta respuesta muestra que los rangos de costos que la industria maneja para el retiro por viaje de 14 m<sup>3</sup> oscilan de \$300 a \$800. Este dato se convierte en una base para el precio que se propone para el material reciclado.



Gráfica 5. Tratamiento que le dan al escombros actualmente.

Aquí se puede observar que en un 40% lo usual es retirar el escombros de la obra, esto lo hacen ya sea por medio de una empresa especializada (la minoría) o simplemente lo retiran con camiones propios o subcontratados. En este caso nos encontramos con otros usos que por su cantidad de respuestas no son despreciables, con un 15% está la separación de la basura y re utilización de los materiales que de ahí surgen, este es el relleno de áreas verdes y relleno de plataformas también con un 15% para cada reactivo.

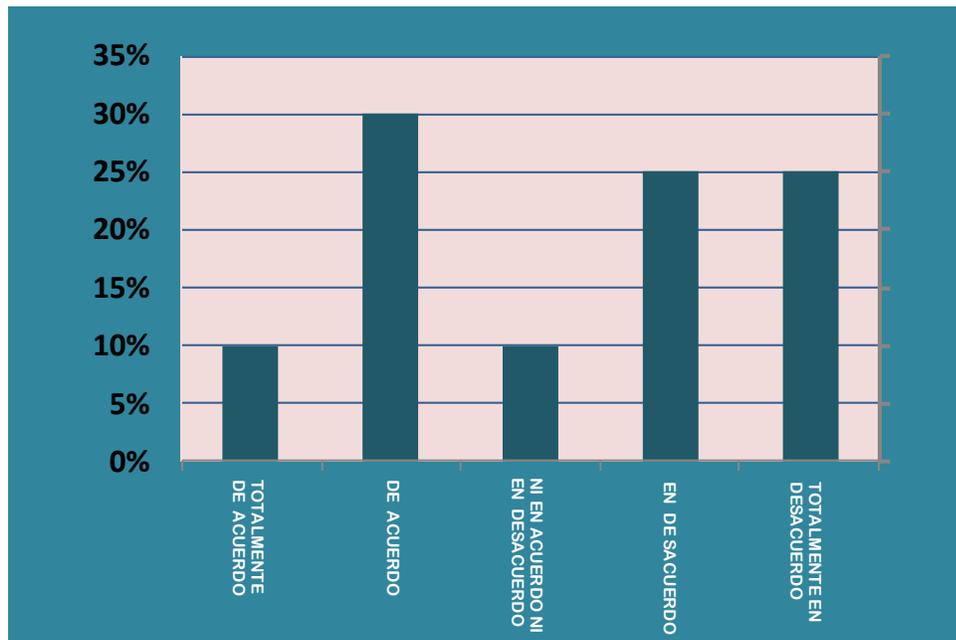
Tabla 7. Volumen que se retira de escombros semanalmente.

REACTIVO NO. 19	
Concepto: Volumen que se retira de escombros semanalmente	
0	<del>depende del uso y volumen de obra</del>
21	
14	
35	
20	
35	
7	
250	
70	
50	
30	
42	
150	
<del>500 a 1000 kg</del>	
35	
50	
300	
84	
70	

Al encontrarnos con una pregunta abierta podemos obtener respuestas que no son adecuadas para el análisis, o bien que son difíciles de asimilar o agrupar con las otras. En este caso tenemos 2 respuestas que no funcionan para obtener el dato requerido, así que estos se eliminan y se saca el promedio entre las 18 respuestas restantes, siendo este un promedio de 70 m<sup>3</sup> de escombros retirados semanalmente por cada obra y teniendo una población de 105 fraccionamientos según el alcance, esto resulta en un volumen de 7,350 m<sup>3</sup> de escombros factible para reciclar; por lo tanto, se puede decir que la demanda semanal de nuestro estudio asciende aproximadamente al volumen antes mencionado.

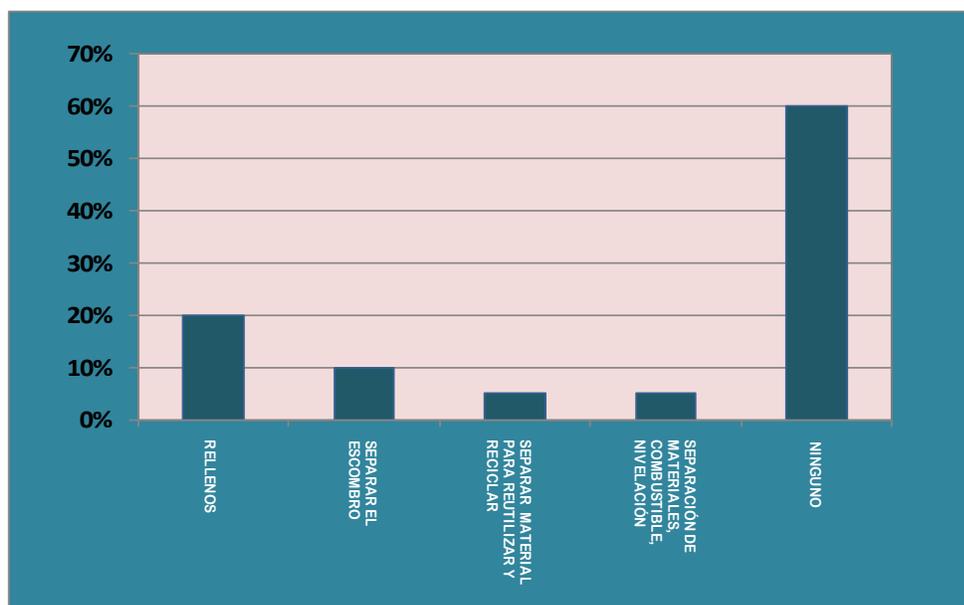
#### 4.3.2. Conocimiento del reciclaje de escombros en la industria

Con las siguientes gráficas se busca mostrar el conocimiento que existe en la industria sobre el reciclaje de escombros. Es importante conocer esto puesto que al investigar sobre la sustentabilidad del proyecto la aceptación y seguimiento de los implicados es primordial, es decir, es la parte cultural un área de trabajo necesaria para que este proyecto funcione.



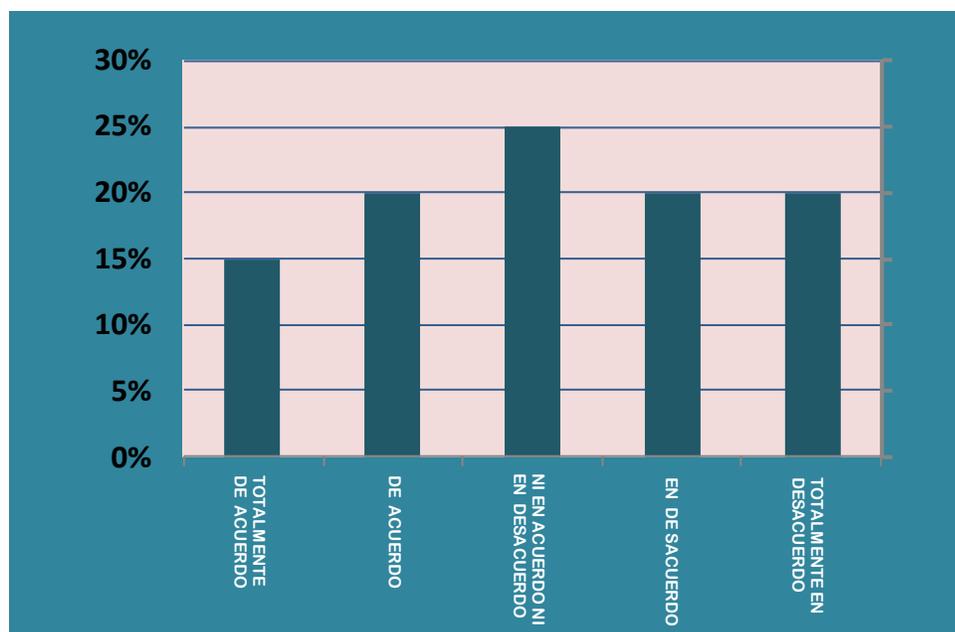
**Gráfica 6.** Conocimiento de un tratamiento para el escombros.

Esta gráfica muestra una tendencia prácticamente lineal, es decir, nos encontramos con encuestados que conocen otro tratamiento para el escombros que no es el relleno a volteo, así como aquellos que no lo conocen. Favoreciendo ligeramente el hecho de no conocerlo.



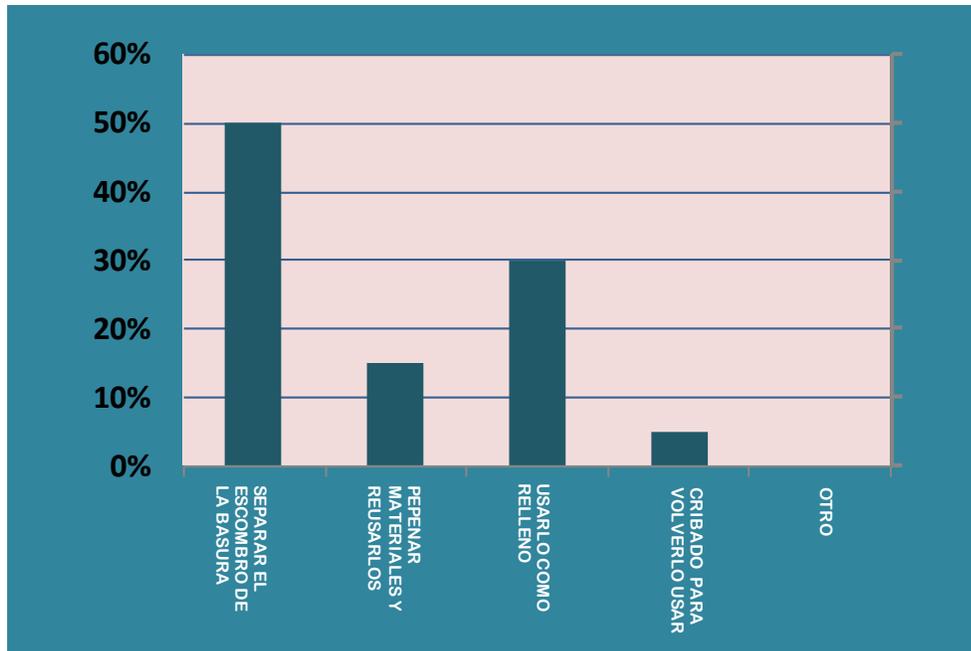
Gráfica 7. Conocimiento de tratamiento distinto al relleno a volteo.

La tendencia en esta gráfica para otro tratamiento para el escombros es claramente hacia la respuesta de ninguno, con un 60% de respuestas, la gran mayoría dice no saber de algún otro uso para el relleno distinto del usual. Lo cual si lo comparamos con la gráfica anterior (gráfica 6) parece ser una incongruencia, por lo tanto, se deduce que las personas dicen conocerlo pero la realidad es que no es así.



Gráfica 8. Conocimiento de reciclaje de escombros.

No obstante, al preguntar que tanto sabían de reciclaje de escombro, las respuestas se encontraron en forma prácticamente uniforme. Ya suponíamos que esto pasaría, por lo tanto, para saber realmente que se conoce en el área de estudio sobre el tema se complementa con la siguiente pregunta.

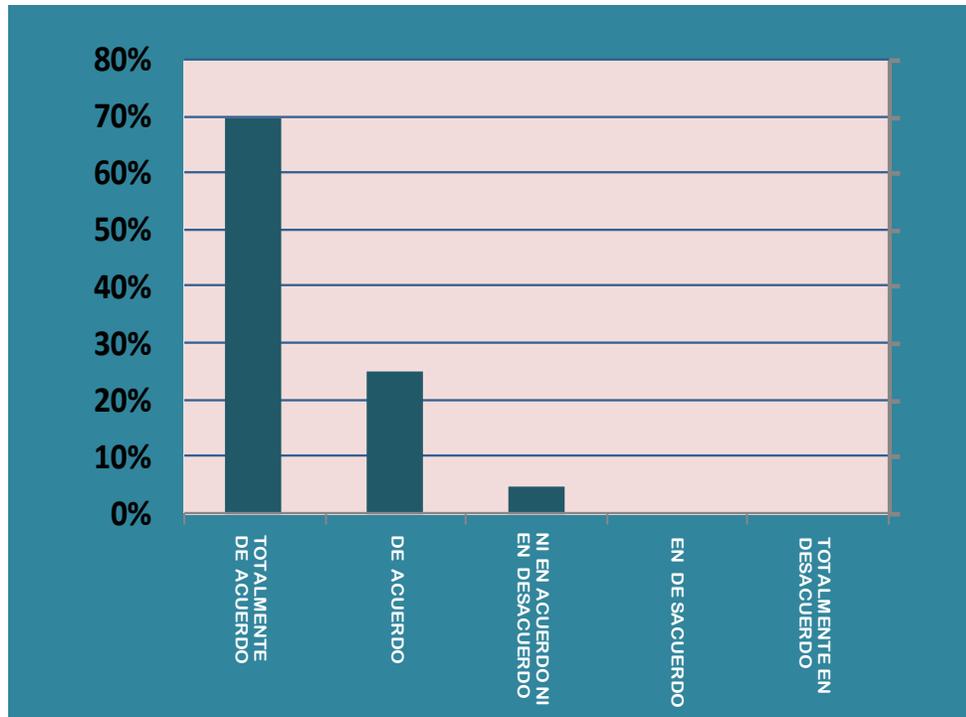


Gráfica 9. Que se entiende por reciclaje de escombro.

Para esta pregunta la respuesta predominante es el separar el escombro de la basura con un 50% de aprobación, siguiéndole el usarlo como relleno y después el re-uso de los materiales pepenados. Por lo tanto, se puede ver que sólo uno de los encuestados conoce el reciclaje de escombro de manera similar a la planteada en la presente tesis, sólo hace falta la concepción de la molienda para volverlo a usar como material fino. Esto no resulta muy sorprendente puesto que se ha visto la falta de conocimiento de este tema en la construcción en general.

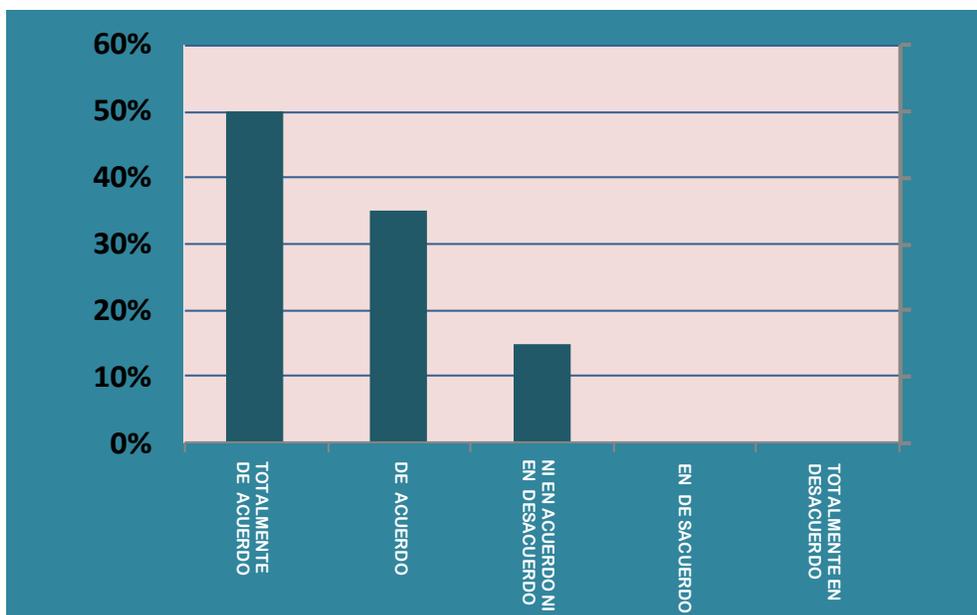
#### 4.3.3. Apreciación de los conceptos de reciclaje

También es relevante el saber cómo ven los constructores el concepto reciclaje ya inmerso en el entorno en que se desenvuelven, es decir, como creen que afecta en los ámbitos ecológicos, sociales y económicos.



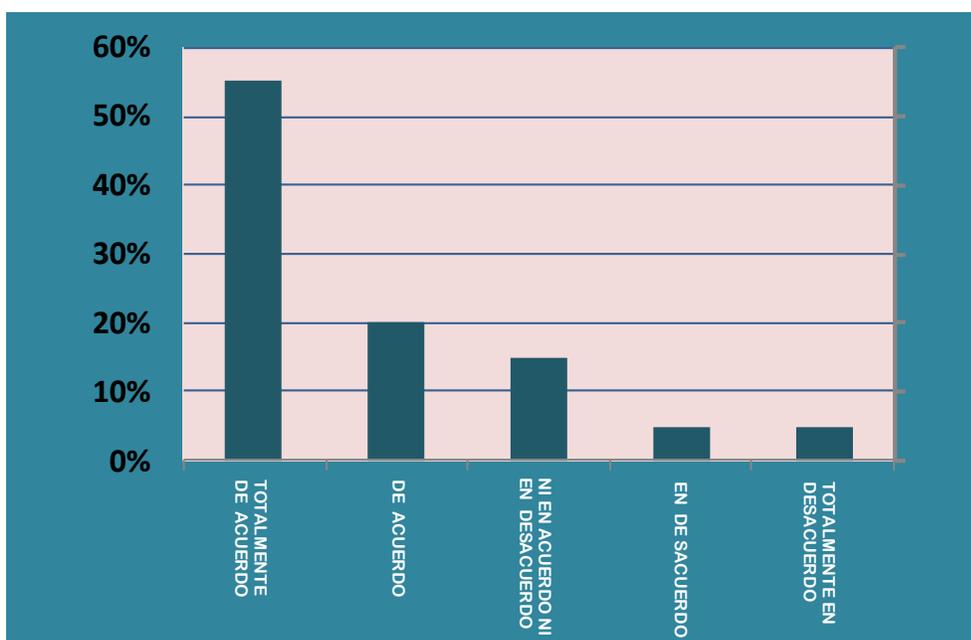
Gráfica 10. Apreciación de importancia ecológica.

Se puede ver que la gran mayoría (70%) considera que el reciclaje de escombros trae un beneficio ecológico, así como también que ninguna respuesta tiende a ser negativa. Con esto tenemos un gran acercamiento hacia la parte de la sustentabilidad que nos dice que para que un proyecto se nombre así, este debe ser socialmente aceptado.



Gráfica 11. Apreciación de importancia social.

Esta gráfica se muestra de manera similar a la anterior, con la diferencia que nos presenta en la opción "totalmente acuerdo" un 50%, aun así la tendencia sigue siendo en creer que aporta beneficios la actividad propuesta, aunque lo encuestados no lo ven tan claro.

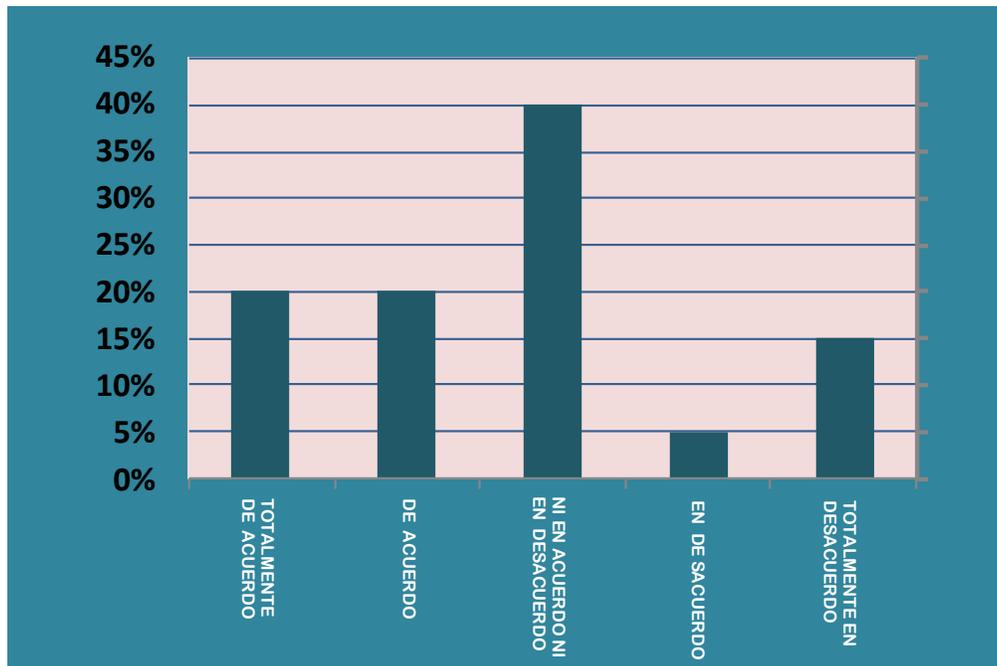


Gráfica 12. Apreciación de importancia económica.

Aquí podemos ver que aunque la tendencia sigue siendo positiva, nos encontramos con respuestas en todos los rangos incluso hay quienes creen que el reciclaje de escombros no aporta para nada un beneficio económico. En comentarios hechos en el momento de la encuesta, estos encuestados mencionan que creen que resultará incosteable el separar la basura y otros residuos del escombros para después triturarlo.

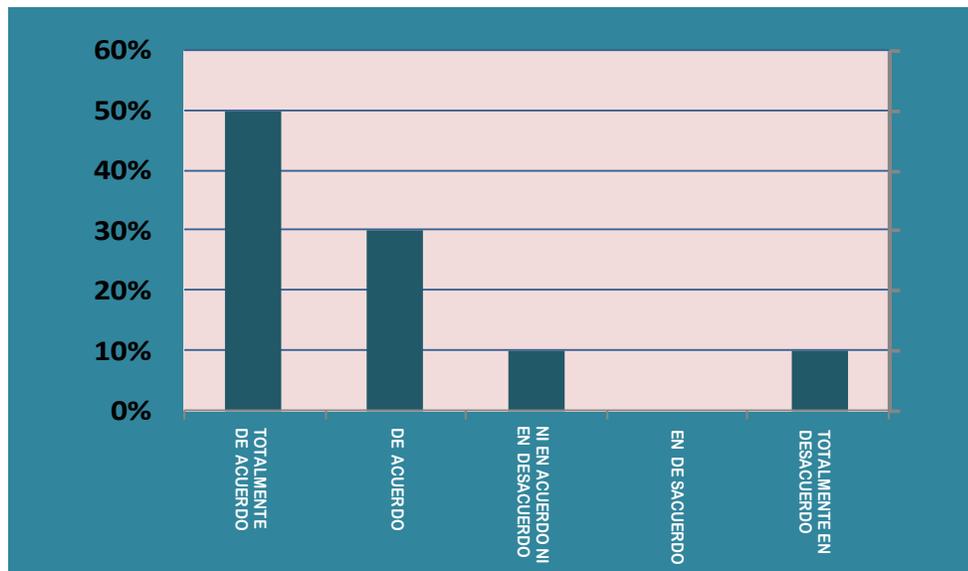
#### 4.3.4. Oferta y demanda del producto

Este apartado nos muestra una parte fundamental del estudio, ya que es aquí donde se ven datos concretos que nos ayudan a conocer si el material será adquirido o no y en su caso en que cantidad y precio se compraría. Es entonces la última información de campo que tendrá como resultado y contrapartida el costo al que se ofrecerá el producto de tal manera que sea competitivo en el mercado.



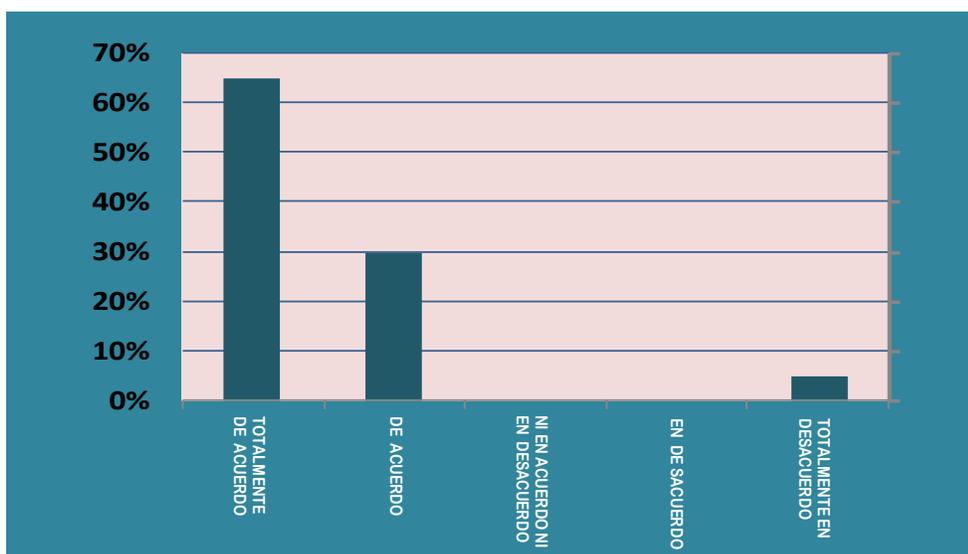
Gráfica 13. Interés por adquisición de material reciclado.

En esta gráfica se observan respuestas a todas las opciones, sin embargo la predominante es el punto medio, donde un 40% de la muestra está dudoso en si compraría el material reciclado o no, no obstante se puede observar que se cuenta con un mayor número de encuestados a favor de adquirir el producto, por lo tanto se observa una tendencia mayormente positiva aunque ésta no es muy marcada.



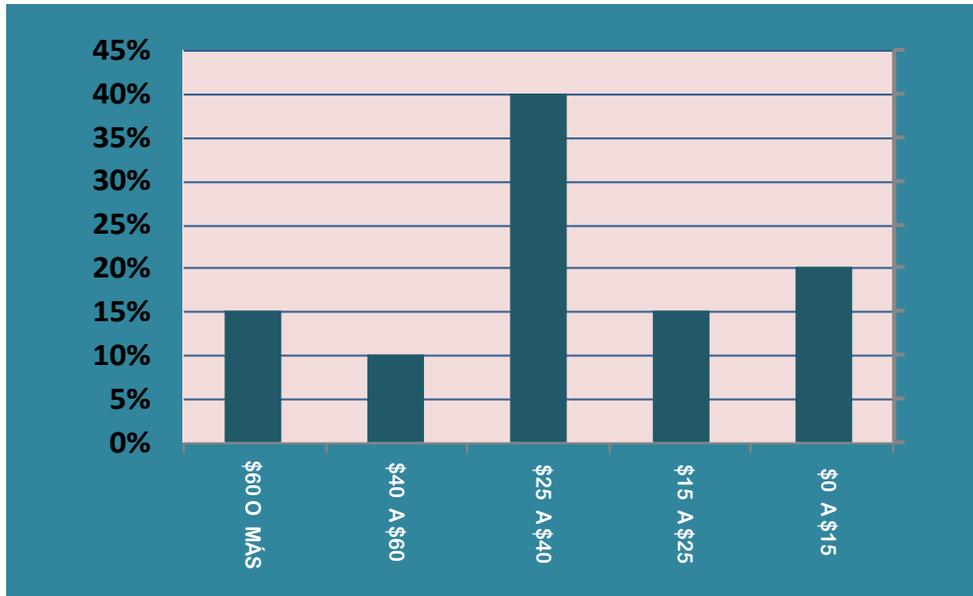
Gráfica 14. Disponibilidad para separar el escombros.

La tendencia nos dice que un 50% de la muestra está dispuesto a separar el escombros para entregarlo a los recicladores.



Gráfica 15. Disponibilidad para usar escombros reciclados en rellenos.

Se puede observar que casi la totalidad (95%) de los encuestados están de acuerdo en usar el material producto de este reciclaje, sólo un 5% no lo usaría.



Gráfica 16. Precio que se pagaría por el producto.

Se deduce de esta gráfica que el costo que la mayoría está dispuesto a pagar sería entre el rango de \$25 a \$40, dato que nos sirve para comparar con el precio que se ofertará calculado en capítulo siguiente denominado: propuesta para implementación de reciclaje de escombros.



Gráfica 17. Porcentaje del total de material que sería de material reciclado.

La mayoría de los encuestados usarían un 50% para hacer sus rellenos de material reciclado. Esto nos coincide con comentarios hechos por ellos mismos, donde mencionan el interés de mejorar este nuevo producto con un 50% del material de banco (tepetate).

REACTIVO NO. 17
Concepto: Volumen a comprar semanalmente
0
<del>depende del uso y volumen de obra</del>
21
28
96
7
30
20
250
35
100
80
<del>depende del uso y volumen de obra</del>
250
0
0
<del>depende del uso y volumen de obra</del>
100
84
60

Tabla 8. Volumen a comprar semanalmente.

La tabla presenta la cantidad de volumen a comprar por cada uno de los fraccionamientos de la muestra. Se puede ver en ella tres respuestas que no son útiles para nuestro cálculo, por lo tanto estas son desechadas del promedio. Dicho promedio es 68 m<sup>3</sup> por semana, por fraccionamiento, así pues, teniendo una población de 105 fraccionamientos, el volumen total de la demanda es de 7,170 m<sup>3</sup> de escombros reciclados.

#### 4.4. Observaciones y comentarios

Al realizar el análisis nos percatamos de varias situaciones que valen la pena mencionar. Una de estas es que algunas preguntas que tienen relación unas con otras muestran cierta incongruencia en sus respuestas. Por ejemplo, dicen saber lugares donde se tira el escombros, pero en el momento que se les pregunta donde es ese lugar, no lo saben decir; otra situación similar es cuando se les cuestiona si creen conocer algún tratamiento para el escombros distinto al usual, es decir, el

relleno al volteo, a lo que varios encuestados contestan que si, después se le pide que mencionen cual es y contestan de manera muy contraria o sea que ninguno, con esto nos damos cuenta que nuestros encuestados como muchas personas lo harían, temen mostrar que desconocen sobre algo, aunque realmente así lo sea.

No obstante, algunos comentarios que nos hicieron los entrevistados son de gran ayuda y deben tomarse en cuenta en el siguiente capítulo, donde se analiza el costo que se va a otorgar para el producto, por lo tanto, como varios lo mencionan, es necesario analizar el costo que implica el separar la basura y todo aquello que no se puede ni debe triturar, así como deducir quien asume ese gasto, si serán los fraccionadores o si será el reciclador el que lo haga.

Otro dato que nos arroja este análisis de gran relevancia es el costo que pagarían por el material reciclado, el cual está dentro del rango de \$25 a \$40, rango sobre el cual se encuentra el precio en el que la empresa recicladora del DF (la única en México) oferta su producto, esto nos hace ver la probabilidad de obtener un costo que se encuentre dentro de lo que la industria de la construcción Jalisciense está dispuesta a pagar. Por otra parte, también se observa en este capítulo que el volumen que es retirado de escombros de las obras, lo cual sería nuestra materia prima, es muy similar al volumen que se compraría de material reciclado, por lo tanto, la oferta y la demanda en este caso van de la mano, lo cual nos otorga un enfoque de sustentabilidad basándonos en el plano ecológico bastante fuerte, puesto que el mismo material que sale regresa transformado y listo para re utilizarse en la obra misma.

Todos estos datos, nos dan una base y una guía bastante clara de los siguientes pasos a realizar, para proceder con la propuesta económica y así concluir si la hipótesis resulta verdadera o falsa, lo cual debemos tener muy claro, es el motor principal para realizar el presente estudio.

## **5. Propuesta para implementación**

### 5.1. Introducción

Como se plantea en un principio en la hipótesis y como se propone en los objetivos, el fin de este estudio es demostrar que el reciclaje de escombros es un procedimiento sustentable para las obras de construcción y esto se logra por medio de proponer un método para reciclar dicho escombros, por lo tanto, este capítulo es el encargado de presentar dicho trabajo y obtener bases firmes y acercadas a la realidad, para poder concluir si el método funciona y lo que se dedujo anteriormente es una realidad.

Por otra parte y ahondando lo ya expuesto, no se considera completa esta labor si sólo nos quedamos en la parte de investigación y análisis de datos, puesto que la idea principal desde un inicio, ha sido realizar la propuesta aquí planteada y que la misma sirva de base para la puesta en marcha de este proyecto posteriormente.

### 5.2. Bases de la propuesta

Esta propuesta está basada en fundamentos económicos, los cuales son el punto de comparación para poder deducir si el método convierte al material residuo de la obra de construcción en un producto sustentable. Así pues, como es bien conocido el concepto de sustentabilidad se enfoca en 3 vertientes o por decirlo de otra manera, 3 requisitos que debe cumplir un proceso para poderse llamar así, esto es que debe ser socialmente aceptado, ambientalmente correcto y económicamente viable; este primer factor en el capítulo 4, se hace presente por medio de la encuesta y las tendencias mostradas en las gráficas, donde se puede ver la aceptación social que se tiene para este proceso al menos para el alcance del estudio; la sustentabilidad ecológica por su parte se hace presente desde el marco teórico, donde se observa como en otros países este quehacer ha tomado gran fuerza por los beneficios ambientales que otorga. Por lo tanto, para poder poner en la mesa de estudio el enfoque sustentable, se debe mostrar que económicamente este producto ofrece mayor beneficio para los fines propuestos que el actualmente usado.

### 5.3. Propuesta económica

Antes de comenzar con el análisis económico, es necesario comentar específicamente cual es el método presentado en este estudio, el cual es el motivo del estudio económico posterior.

#### 5.3.1. Método para reciclaje de escombros

Así pues, el plan propuesto consiste en separar la basura del escombros, tomándose como basura las botellas de vidrio, plásticos, maderas, poliuretano, polietileno, acero y demás materiales, de los cuales su composición sea distinta a compuestos térreos, siendo estos últimos la materia prima a triturar, buscando obtener con esta trituración productos con diámetros de 1/2", 3/4" o 1 1/2" tales que sustituyan a los agregados para concretos, y puedan usarse para el colado de castillos o dalas por mencionar algún uso. Por otra parte y en un porcentaje mayor del total de la producción, se busca el obtener materiales finos del tamaño del polvo, el cual se usará como sustituto del material de banco (tepetate) dicho material empleado para rellenos de zanjas de líneas hidro-sanitarias o pluviales y en otros casos como rellenos de plataformas o terraplenes en vialidades.

De esta manera se obtienen distintas gamas de productos los cuales permiten que los residuos de la obra regresen a la misma con otra configuración, dándole al procedimiento el enfoque de sustentabilidad ecológica y social deseado, al evitar con esto los rellenos indiscriminados y con tan pocas bases técnicas hechos actualmente en barrancos o en la misma obra, los cuales al hacerse la mayoría de las veces a volteo o contar con elementos de grandes dimensiones no le dan la estabilidad que algunos usos requieren. Por otra parte, no puede dejarse de lado, que al usar el mismo material en la obra la explotación de los bancos de material puede verse reducida considerablemente, lo cual nuevamente le otorga el enfoque ecológico propuesto y en el último de los casos el hacer el reciclaje en sitio trae consigo menos emisiones a la atmósfera al reducir los vehículos de carga circulando, ya sea para llevar el escombros al tiradero o para traer el tepetate hacia la obra. En un principio se tenía contemplado realizar el reciclaje de esta manera, en obra, pero al observar en el análisis el volumen semanal promedio que arrojan, se

determina con antelación que resultaría incosteable el proceso, puesto que la máquina tendría mucho tiempo libre a la espera de material y los costos de traslado también elevarían considerablemente los costos de producción.

No obstante, para este estudio, se propone el ir a recoger el material de las obras ofreciendo un costo menor al actual, llevarlo a un espacio destinado para su manejo y tratamiento, donde será triturado según el tamaño de grano solicitado, para después ofrecerlo a la venta para los usos antes mencionados, este también se pretende ofrecer a un precio menor, lo cual puede resultar doblemente atractivo al fraccionador. Lo anterior basándonos en lo que se ha venido platicando y trabajando en la CMIC en el grupo de ecología y medio ambiente mencionado anteriormente, donde después de varias sesiones de trabajo buscando como implementar la nueva norma ambiental, se pretende tener bien definidos los requisitos para los sitios de disposición final y para manejo de escombros, no obstante, debido a la novedad del tema en nuestro estado, el tener perfectamente normado este uso para así poder otorgar una licencia, trae bastante trabajo consigo, lo cual podría significar algún par de años de ardua gestión. Así pues, este análisis supondrá que estas gestiones están realizadas y que existe la forma de obtener la licencia para dicho giro sin problema alguno, lo cual seguramente podrá realizarse en algunos años.

Por lo tanto, para este estudio y con los antecedentes antes expuestos se toma por sentada la factibilidad social y ecológica del método, para así realizarse sólo el estudio que demuestre la factibilidad del proyecto en la vía económica.

### 5.3.2. Precio de venta material reciclado

Para realizar el análisis de la sustentabilidad económica del escombros reciclado, lo primero a hacer es determinar la demanda sobre la que se hará el estudio, esto se hace basándonos en los volúmenes que arroja el análisis de la muestra, así como una proyección propia sobre la demanda que se tendría.

Así pues, como se puede ver en la Tabla 9, el volumen semanal promedio por obra es de 70 m<sup>3</sup> y la población según el alcance del estudio es de 105 fraccionamientos,

no obstante, para este análisis se considera que del total de posibles clientes, sólo el 30% adquiere el producto, o bien que del total de demanda, el 30% lo cubriría esta empresa de reciente creación. Esto basándonos en que al ofrecer un costo menor al material competencia, resulta ser un producto llamativo, no obstante al ser este también un proceso novedoso en la región, los consumidores tendrán sus reservas al respecto, hasta que la propia demanda vaya mostrando a los demás clientes la eficacia del producto.

Tabla 9. Demanda del producto.

VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO POR OBRA	70.00	m <sup>3</sup>
TOTAL DE POBLACIÓN DEL ESTUDIO	105	obras
% ESTIMADO DE OBRAS A PROVEER	30	%
NÚMEROS DE OBRAS A PROVEER	32	obras
VOLUMEN SEMANAL DE TODA LAS OBRAS A PROVEER	2205	m <sup>3</sup>
VOLUMEN DIARIO DE TODAS LAS OBRAS A PROVEER	400.91	m <sup>3</sup>
VOLUMEN ANUAL DE TODAS LAS OBRAS A PROVEER	115,060.91	m <sup>3</sup>

Una vez determinado el volumen sobre el que se calculan los flujos, se procede a calcular el costo de procesar el producto. Para este cálculo se toma en cuenta un costo por realizar la pepena del material, ya que como se observa también en el análisis, la mayoría de las obras no realiza pepena, sin embargo sí estarían dispuestos a realizarla, aun así se toma en cuenta un importe para esta actividad por aquellas empresas que no lo hicieran. Se maneja un tiempo de vida de maquinaria de 15 años y de esta manera se calcula costo diario de la maquinaria, para después según la capacidad de producción un costo también por m<sup>3</sup>, respectivamente se calcula costos de operación, diésel, reparaciones y consumibles también por unidad de volumen. Los importes anteriormente comentados, se pueden observar en la tabla 10.

Tabla 10. Costo material procesado.

MANO DE OBRA PARA PEPENA	\$ 300.00	JOR
RENDIMIENTO PARA PEPENA	\$ 120.00	m <sup>3</sup>
<b>COSTO POR PEPENA MANUAL</b>	<b>\$ 2.50</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
BOB CAT PARA APOYO A PEPENA	\$ 300.00	HR
RENDIMIENTO BOB CAT	\$ 150.00	m <sup>3</sup> /hr
<b>COSTO POR PEPENA MÁQUINA (APOYO)</b>	<b>\$ 2.00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
COSTO TRITURADORA	\$3,160,719	
TIEMPO DE VIDA DE LA MÁQUINA	15	AÑOS
COSTO ANUAL MAQUINARIA	\$ 210,714.62	
COSTO DIARIO (287 DIAS AL AÑO)	\$ 734.20	
RENDIMIENTO DIARIO	500.00	m <sup>3</sup>
<b>COSTO MAQUINARIA/M3</b>	<b>\$ 1.47</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO OPERACIÓN</b>	<b>\$ 1.07</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO DIESEL</b>	<b>\$ 7.20</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO REPARACIONES</b>	<b>\$ 0.15</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO CONSUMIBLES</b>	<b>\$ 0.03</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
	<b>\$ 14.42</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Como se puede ver en la tabla anterior, el costo por procesar el material es de \$14.42, haciendo una comparativa con el precio que estaría dispuesto a pagar nuestra población de estudio, la cual está dentro un rango de \$25 a \$40, se puede deducir que nuestro costo está a un precio bastante atractivo. No obstante, aunque la pregunta de la encuesta realizada no hace la aclaración si este precio es con el material puesto en obra, es bien sabido en la industria de la construcción que el costo de tepetate puesto en obra oscila entre \$60 a \$80 por m<sup>3</sup>, así que se deduce que nuestra muestra está interesada en pagar por el producto un 50% menos. Por lo tanto, se realiza un análisis posterior del costo del acarreo del producto el cual se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Costo por acarreo de material.

<b>RENTA DE CAMIÓN (INCLUYE OPERACIÓN Y DIESEL)</b>	<b>\$ 2,200.00</b>	<b>DIA</b>
<b>VIAJES DIARIOS (14M<sup>3</sup>, 20KM APROXIMADAMENTE)</b>	<b>5</b>	<b>VIAJE</b>
<b>COSTO DIRECTO POR VIAJE (14 M<sup>3</sup>)</b>	<b>\$ 440.00</b>	<b>VIAJE</b>
	<b>\$ 31.43</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Como se puede ver en la tabla anterior, el costo del acarreo es alrededor del 50% del costo total del producto actualmente usado, sin embargo si al costo de la producción le anexamos el costo del acarreo, este nos da un total de \$45.85 por m<sup>3</sup> en costo directo, lo cual nos dice que nuestro producto está fuera del precio que pagaría el mercado. Por lo tanto, se decide usar otra estrategia, la cual resulta benéfica para ambas partes.

En dicha estrategia se acepta el escombros en la planta de trituración de las obras que así lo deseen de manera similar a lo que se maneja en actualidad, pero con 2 diferencias, una es que ahora será en un sitio regulado y el cual tendrá un enfoque ambientalista y otra es que el costo de recepción del material será menor, es decir, lo usual es recibirlo en \$150 por un viaje de 14m<sup>3</sup> pero para este proyecto el costo de recepción es de \$100 por viaje.

De esta manera se obtiene un beneficio económico por obtener la materia prima, es decir 2 beneficios en 1 y la empresa que entregue el material también lo hará, al realizar un pago menor por tirar el escombros. Dicho lo anterior, se procede entonces a realizar el nuevo cálculo del material triturado, el cual se puede ver en la tabla 12 que se muestra a continuación.

Tabla 12. Costo directo material triturado.

<b>COBRO POR RECIBIR MATERIAL SIN PEPENA (14 m<sup>3</sup>)</b>	<b>\$ 100.00</b>	<b>VIAJE</b>
<b>COBRO POR RECIBIR MATERIAL SIN PEPENA</b>	<b>\$ 7.14</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO PRODUCCIÓN MATERIAL TRITURADO</b>	<b>\$ 14.42</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>COSTO DIRECTO = costo de proceso menos costo por recibir material</b>	<b>\$ 7.27</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Con el precio directo anterior así como el precio de venta propuesto, el cual será de \$15 se realiza el posterior análisis financiero, para conocer las condiciones del crédito, la utilidad de la operación así como saber si este proyecto resulta redituable o no.

### 5.3.3. Programa de financiamiento para maquinaria

Una vez que se determina el costo y el precio para el escombros triturado, se procede a realizar la corrida financiera para conocer los flujos del proyecto, así como la utilidad propia del proyecto (TIR). Se maneja entonces para este proyecto un precio de venta de \$15/m<sup>3</sup> pero el material debe de ser retirado de la planta de reciclaje por el mismo cliente, de esta manera este compara el precio del tepetate con el del escombros reciclado y podrá observar una reducción en el costo de hasta de un 40% obteniendo un material con una propiedad de resistencia mayor.

Para este estudio, se manejan gastos de operación por un 5% del total de las ventas, una depreciación a 5 años, así como impuestos por el 30% de la utilidad. Se realiza primero una proyección a 10 años, en primer caso se presenta una corrida financiera sin apalancamiento, con un inversionista que solicita un rendimiento de capital de 15%. Se muestra dicha corrida en la tabla 13.

Tabla 13. Corrida financiera sin apalancamiento.

<b>COSTO A OFRECER EL PRODUCTO \$ 15.00</b>											
<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Ventas	\$0	1,725,913.64	\$1,812,209	\$1,902,820	\$1,997,961	\$2,097,859	\$2,202,732	\$2,312,889	\$2,428,534	\$2,549,960	\$2,677,459
Costo de ventas	\$0	-828,439	-869,860	-913,353	-959,021	-1,006,972	-1,057,321	-1,110,187	-1,165,696	-1,223,981	-1,285,180
Gastos de operación	\$0	-86,296	-90,610	-95,141	-99,898	-104,893	-110,138	-115,644	-121,427	-127,498	-133,873
Depreciaciones		-632,143.85	-632,143.85	-632,143.85	-632,143.85	-632,143.85					
<b>Utilidad antes impuestos.</b>	<b>\$0</b>	<b>\$179,036</b>	<b>\$219,595</b>	<b>\$262,181</b>	<b>\$306,898</b>	<b>\$353,850</b>	<b>\$1,035,293</b>	<b>\$1,087,058</b>	<b>\$1,141,411</b>	<b>\$1,198,481</b>	<b>\$1,258,406</b>
Impuestos	\$0	-53,711	-65,878	-78,654	-92,069	-106,155	-310,588	-326,117	-342,423	-359,544	-377,522
Depreciaciones	\$0	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo operaciones</b>	<b>\$0</b>	<b>\$757,469</b>	<b>\$785,860</b>	<b>\$815,671</b>	<b>\$846,972</b>	<b>\$879,839</b>	<b>\$724,705</b>	<b>\$760,941</b>	<b>\$798,988</b>	<b>\$838,937</b>	<b>\$880,884</b>
Inversiones		-3,160,719	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de rescate	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cambio capital trabajo		-150,000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo inversiones		-3,310,719	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo de Efectivo Libre</b>	<b>-3,310,719</b>	<b>\$757,469</b>	<b>\$785,860</b>	<b>\$815,671</b>	<b>\$846,972</b>	<b>\$879,839</b>	<b>\$724,705</b>	<b>\$760,941</b>	<b>\$798,988</b>	<b>\$838,937</b>	<b>\$880,884</b>
CPC		15.00%									
Valor Presente Neto	\$	716,969									
TIR		20.40%									

En la tabla anterior se puede observar que desde el primer año se obtiene utilidades y que la TIR propia del proyecto representa en 20.40%, lo cual nos indica que de esta manera el inversionista obtiene lo esperado y aun así resta un porcentaje para quienes operan el proyecto.

Se realiza entonces otra corrida, con los mismos importes de venta y gastos, con la diferencia que esta vez se solicita un crédito con una tasa de interés anual del 15% sobre saldos insolutos, este crédito será pagado a 5 años, en montos iguales. En este caso no se cuenta con un inversionista, sino que el proyecto mismo ira pagando los flujos que resulten. Dicha corrida se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Corrida financiera con apalancamiento a 5 años.

COSTO A OFRECER EL PRODUCTO \$ 15.00											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	\$0	1,725,913.64	\$1,812,209	\$1,902,820	\$1,997,961	\$2,097,859	\$2,202,752	\$2,312,889	\$2,428,534	\$2,549,960	\$2,677,459
Costo de ventas	\$0	-\$828,439	-\$869,860	-\$913,353	-\$959,021	-\$1,006,972	-\$1,057,321	-\$1,110,187	-\$1,165,696	-\$1,223,981	-\$1,285,180
Gastos de operación	\$0	-\$86,296	-\$90,610	-\$95,141	-\$99,898	-\$104,893	-\$110,138	-\$115,644	-\$121,427	-\$127,498	-\$133,873
Gastos financieros	\$0	-\$474,108	-\$379,286	-\$284,465	-\$189,643	-\$94,822	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Depreciaciones	\$0	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad antes imptos.</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$295,072</b>	<b>-\$159,692</b>	<b>-\$22,283</b>	<b>\$117,255</b>	<b>\$259,028</b>	<b>\$1,035,293</b>	<b>\$1,087,058</b>	<b>\$1,141,411</b>	<b>\$1,198,481</b>	<b>\$1,258,406</b>
Impuestos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$280,359	-\$326,117	-\$342,423	-\$359,544	-\$377,522
Depreciaciones	\$0	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo operaciones</b>	<b>\$0</b>	<b>\$337,072</b>	<b>\$472,452</b>	<b>\$609,861</b>	<b>\$749,398</b>	<b>\$891,172</b>	<b>\$754,935</b>	<b>\$760,941</b>	<b>\$798,988</b>	<b>\$838,937</b>	<b>\$880,884</b>
Inversiones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de rescate	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cambio capital trabajo	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo inversiones</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Flujo de Efectivo Libre</b>	<b>-\$3,310,719</b>	<b>\$337,072</b>	<b>\$472,452</b>	<b>\$609,861</b>	<b>\$749,398</b>	<b>\$891,172</b>	<b>\$754,935</b>	<b>\$760,941</b>	<b>\$798,988</b>	<b>\$838,937</b>	<b>\$880,884</b>
Ministraciones de Crédito	\$3,160,719	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Amortizaciones de Crédito	\$0	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo de Crédito</b>	<b>\$3,160,719</b>	<b>-\$632,144</b>	<b>-\$632,144</b>	<b>-\$632,144</b>	<b>-\$632,144</b>	<b>-\$632,144</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Flujo Remanente de Capital</b>	<b>\$3,160,719</b>	<b>-\$295,072</b>	<b>-\$159,692</b>	<b>-\$22,283</b>	<b>\$117,255</b>	<b>\$259,028</b>	<b>\$754,935</b>	<b>\$760,941</b>	<b>\$798,988</b>	<b>\$838,937</b>	<b>\$880,884</b>
Valor Presente Neto	-\$	57,983	DEUDA	DEUDA	PATRIMONIO						
TIR	14.60%	15.00%	15.00%	15.00%	14.60%						
CPC	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	14.60%						

TABLA DE AMORTIZACIÓN DE CRÉDITO											
Tasa de Interés	15.00%										
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Principal	\$3,160,719	\$2,528,575	\$1,896,432	\$1,264,288	\$632,144	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Interés	\$0	-\$474,108	-\$379,286	-\$284,465	-\$189,643	-\$94,822	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Amortización	\$0	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	-\$632,144	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Pago Total	\$3,160,719	-\$1,106,252	-\$1,011,430	-\$916,609	-\$821,787	-\$726,965	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0

En esta tabla se muestra una Tasa Interna de Retorno del proyecto de 14.60%, con lo cual se deduce que el proyecto en sí, es más redituable sin apalancamiento, no obstante con apalancamiento lo resulta para quienes operen el proyecto, puesto que al no tener inversionistas, la totalidad de la utilidad sería para ellos. Aunque no se tiene utilidad en los primeros 3 años, al contrario se tienen pérdidas.

Así pues, se realiza una prueba más donde se mantienen todos los parámetros de la corrida anterior, aumentando el tiempo de crédito a 10 años. Esta proyección se muestra en la tabla 15, y nos hace ver que a con esta tasa de interés, a mayor tiempo de crédito menor será la Tasa Interna que nos otorga el proyecto. También se puede ver que si bien en la prueba hecha a 5 años se comenzaba a tener utilidad a partir del 4to año de operación, en este caso el beneficio de la utilidad se verá hasta un año después.

Tabla 15. Corrida financiera con apalancamiento a 10 años.

COSTO A OFRECER EL PRODUCTO \$ 15.00											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	\$0	1,725,913.64	\$1,812,209	\$1,902,820	\$1,997,961	\$2,097,859	\$2,202,752	\$2,312,889	\$2,428,534	\$2,549,960	\$2,677,459
Costo de ventas	\$0	-\$828,439	-\$869,860	-\$913,353	-\$959,021	-\$1,006,972	-\$1,057,321	-\$1,110,187	-\$1,165,696	-\$1,223,981	-\$1,285,180
Gastos de operación	\$0	-\$86,296	-\$90,610	-\$95,141	-\$99,898	-\$104,893	-\$110,138	-\$115,644	-\$121,427	-\$127,498	-\$133,873
Gastos financieros	\$0	-\$474,108	-\$426,697	-\$379,286	-\$331,876	-\$284,465	-\$237,054	-\$189,643	-\$142,232	-\$94,822	-\$47,411
Depreciaciones	\$0	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85	-\$632,143.85
<b>Utilidad antes imptos.</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$295,072</b>	<b>-\$207,103</b>	<b>-\$117,105</b>	<b>-\$24,978</b>	<b>\$69,385</b>	<b>\$798,239</b>	<b>\$897,415</b>	<b>\$999,179</b>	<b>\$1,103,660</b>	<b>\$1,210,995</b>
Impuestos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$67,010	-\$269,224	-\$299,754	-\$331,098	-\$363,298
Depreciaciones	\$0	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144	\$632,144
<b>Flujo operaciones</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$337,072</b>	<b>-\$425,041</b>	<b>-\$515,039</b>	<b>-\$607,166</b>	<b>-\$701,529</b>	<b>-\$731,229</b>	<b>-\$628,190</b>	<b>-\$609,425</b>	<b>-\$772,562</b>	<b>-\$847,696</b>
Inversiones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de rescate	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cambio capital trabajo	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Flujo inversiones</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>	<b>\$0</b>
<b>Flujo de Efectivo Libre</b>	<b>-\$3,310,719</b>	<b>-\$337,072</b>	<b>-\$425,041</b>	<b>-\$515,039</b>	<b>-\$607,166</b>	<b>-\$701,529</b>	<b>-\$731,229</b>	<b>-\$628,190</b>	<b>-\$699,425</b>	<b>-\$772,562</b>	<b>-\$847,696</b>
Ministraciones de Crédito	\$3,160,719	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Amortizaciones de Crédito	\$0	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072
<b>Flujo de Crédito</b>	<b>-\$3,160,719</b>	<b>-\$316,072</b>	<b>-\$316,072</b>								
<b>Flujo Remanente de Capital</b>	<b>\$3,160,719</b>	<b>\$21,000</b>	<b>\$108,969</b>	<b>\$198,967</b>	<b>\$291,094</b>	<b>\$385,457</b>	<b>\$415,157</b>	<b>\$312,118</b>	<b>\$383,353</b>	<b>\$456,490</b>	<b>\$531,624</b>
Valor Presente Neto	-\$	451,560	DEUDA	PATRIMONIO							
TIR	11.80%	11.80%	3.42%	\$	4,433,586						
CPC	15.00%	15.00%			11.80%						

TABLA DE AMORTIZACIÓN DE CRÉDITO											
Tasa de Interés 15.00%											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Principal	\$3,160,719	\$2,844,647	\$2,528,575	\$2,212,503	\$1,896,432	\$1,580,360	\$1,264,288	\$948,216	\$632,144	\$316,072	\$0
Interés	\$0	-\$474,108	-\$426,697	-\$379,286	-\$331,876	-\$284,465	-\$237,054	-\$189,643	-\$142,232	-\$94,822	-\$47,411
Amortización	\$0	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072	-\$316,072
Pago Total	\$3,160,719	-\$790,180	-\$742,769	-\$695,358	-\$647,947	-\$600,537	-\$553,126	-\$505,715	-\$458,304	-\$410,894	-\$363,483

Se muestran entonces con estas 3 proyecciones hacia el mismo proyecto, los cuales muestran de diferente manera la utilidad que otorga la actividad.

#### 5.4. Observaciones y comentarios

En este como en capítulos anteriores, al momento de su realización surgen también ciertas inquietudes y contratiempos. Siendo una de estas la dificultad que representa el cotizar la planta recicladora, puesto que al ser algo realmente novedoso en nuestro estado, incluso en el país, son realmente pocos los distribuidores en el mercado, los cuales manejan mayormente plantas de trituración para la minería, así que resulta tan complejo el localizar a los proveedores adecuados, como el obtener su respectiva cotización.

Por otra parte, una vez trabajando en el análisis de los costos, como se menciona anteriormente nos percatamos de los elevados costos del acarreo de materiales con respecto al costo del material mismo, por lo cual en el camino se decide un cambio de estrategia. Cabe mencionar que si bien con esta estrategia se obtiene un costo menor adquiriendo una ganancia antes de la misma operación, esto se podría entender como una manipulación para obtener un resultado positivo de la verificación de la hipótesis en la tesis, sin embargo, es justo decir que con este estudio se busca algo más que eso, se busca la implementación de un método que realmente funcione y aporte a la creación de un medio de vida más sustentable, por lo tanto no parece justo al tesista, que un material reciclado, el cual ayudará a reducir notablemente los residuos que tanto afectan al entorno, tenga que competir en precio con un material extraído de la explotación de estratos naturales, lo cual sólo contribuye al deterioro cada vez más del ecosistema.

Sin embargo, al final de cuentas, el método propuesto resulta ser más redituable y benéfico incluso para la economía de la obra misma y si tomamos en cuenta que la explotación de cerros para obtener material de banco, cada vez se hace en lugares más lejanos, entonces el costo del acarreo que en este momento es tan elevado, en un futuro resultará serlo aún más, lo cual favorece en la implementación de nuestra propuesta.

Por otra parte, enfocándonos en la simulación de las proyecciones realizadas, se puede ver que un mismo proyecto es capaz de mostrar varios enfoques, en este caso se muestran sólo algunos que se consideran representativos y acercados a lo que pueda suceder, en todos los casos se observa el reciclaje de escombros como una actividad redituable económicamente, la elección de la forma de operar será según la elección de los ejecutores y de los recursos con los que se cuenten, con el riesgo que se desee tomar y con la confianza que se tenga en la propuesta.

## **6. Conclusiones**

### 6.1. Introducción

El presente capítulo puede ser quizás el más importante de todo el estudio, ya que es la culminación de la tesis y por lo tanto, representa una síntesis de toda la labor realizada. En este apartado se muestran además las inquietudes que a lo largo del trabajo ha acumulado el tesista, las áreas de mejora observadas, así como aquellas oportunidades de exploración.

Comenzamos entonces ofreciendo las conclusiones, donde se ve el resultado de la comprobación de la hipótesis, así como también una revisión a los objetivos planteados en un inicio; recordemos que fueron estos dos elementos fundamentos para realizar este trabajo, por lo tanto, se debe discernir lo que resulta de ella basándonos nuevamente en ellos. Después, como se mencionó anteriormente, se ofrecen las recomendaciones para hacer mejoras y aquellas áreas de oportunidad que pueden ayudar al avance, difusión y puesta en marcha de lo que aquí se propone, para culminar así con la mención de aquellas áreas donde se percata la importancia de realizar una investigación y de esta manera ir acrecentado el conocimiento y acción sobre el tema, se busca pues que haya estudios posteriores y no que sea una tesis aislada.

### 6.2. Conclusiones

Como se puede recordar el motor para realizar esta tesis, es el comprobar la veracidad de la hipótesis, la cual versa de la siguiente manera "Si se recicla el escombros de las obras de construcción puede ser un producto sustentable para las mismas".

Dicha hipótesis como también se dijo anteriormente, se demuestra bajo la premisa de que para que algo sea sustentable, debe ser socialmente aceptado, ambientalmente correcto y económicamente viable, pues bien basándonos en los datos ofrecidos en este estudio se puede concluir que el reciclaje de escombros tiene

un aporte positivo a la sociedad ya que provoca la disminución de los residuos sólidos urbanos, los cuales en cierto grado merman la calidad humana, dándole por lo tanto a este método la facultad casi irrevocable de ser socialmente aceptado, por otra parte y más claro aún, está su facultad de ser ambientalmente correcto, puesto que a la vez que se reducen los residuos, los cuales sin el manejo adecuado son un ataque directo al medio ambiente, con este método también se reduce la explotación de bancos naturales de materiales, ya que el mismo material que sale como desecho de las obras, regresa a ellas transformado y listo para darle un uso. Y por último su facultad de económicamente viable, ha sido demostrada en el capítulo 5 donde se ve que tiene la facultad de ofrecer tanto utilidad al comprador o constructor al obtener un producto más barato del usual con las mismas facultades y en algunos casos mejoradas, así como también puede llegar a ser un negocio para quienes decidan llevarlo a cabo ya que es un proyecto rentable. Dicho lo anterior y una vez finalizado este estudio, se puede decir que la hipótesis es verdadera.

Así pues los objetivos planteados que ayudan a resolver lo anteriormente mencionado, los cuales eran el proponer un método para el reciclaje de escombros y la documentación del estado actual del mismo, también se cumplen satisfactoriamente.

No obstante, que este trabajo está concluido, la labor para llevarlo a cabo apenas empieza. Es necesario trabajo constante y sobre todo un verdadero compromiso de todas las partes. No debemos permitir que la desorganización, la falta de seguimiento y la politización hagan que los proyectos propositivos no tengan éxito, ya que esto trae consigo que el desarrollo, la ciudadanía y últimamente el medio ambiente resulten afectados.

Por lo tanto debemos crear conciencias, fomentar y educar para que cada vez nos acerquemos más a ese anhelado mundo sustentable. Se perfectamente que la educación es cara, pero la ignorancia puede resultarlo aún más. Por lo tanto, la única manera de lograrlo o quizás la más factible, es ser propositivos, abiertos a cambios, a la unión; el gobierno necesita más que nunca de grupos organizados de ciudadanos que le ayuden a cumplirle a la sociedad misma. No se trata sólo de

proponer, de pedir, se trata de creerlo realmente, de trabajar, de perseguir hasta alcanzar.

### 6.3. Recomendaciones

Durante el proceso de la presente tesis se observaron y sucedieron ciertas situaciones las cuales causaron cierta inquietud, una de estas, la cual fue comentada anteriormente, y es que durante nuestra investigación surge una nueva norma ambiental para el manejo de los residuos de construcción, que ya entró en vigor, sin embargo, como ya también se mencionó no existen las herramientas suficientes para seguirla al pie de la letra, es decir, si ya se está trabajando en el programa y plan de implementación, se considera necesario que estos se realicen basados en la situación actual que vive el fenómeno en nuestro estado, en las necesidades reales y abarcando todas las áreas de mejora que se presenten. Estos trabajos para su correcta implementación, deberán estar correctamente gestionados por los municipios, quienes serán los que tengan el contacto directo con los usuarios, con los generadores del escombros y con aquellos que tendrán a su cargo el manejo o disposición final. Y quizás lo más importante, será que los responsables le den un seguimiento prioritario, de antemano sabemos que la gestión requiere muchos recursos de todo tipo, es un proceso largo y complejo, pero las consecuencias que esto conlleva representa un beneficio comunal.

Por otra parte, se considera que parte primordial para que todo lo anterior se lleve a cabo será el crear conciencia desde la base de la generación del residuo, es decir, que en las obras de todo tipo, no sólo las del alcance del estudio, el personal responsable esté consciente de la necesidad de generar menos residuos, así como el darle a los que no se puedan evitar el tratamiento adecuado, tal que éste en vez de afectar nuestro entorno natural, actúe con él de forma amigable. Así pues, una vez que los administradores y ejecutores de obra, manejen dentro de su catálogo de principios y políticas de empresa lo anterior, entonces no sólo podrán, sino que será absolutamente necesario el comunicar, fomentar y motivar a sus trabajadores, quienes serán los que tendrán como hasta hoy el contacto directo con los residuos y quienes deberán actuar con cuidado y constancia tanto para la reducción como para

la separación, lo cual es fundamental para que el método antes propuesto funcione adecuadamente.

#### 6.4. Futuras líneas de investigación

Existe mucha área de acción en este campo, el cual aunque no es novedoso si es lamentablemente poco explotado, así pues, durante el transcurso de este estudio se van presentando o esclareciendo ciertos temas los cuales se consideran podrían aportar vasto conocimiento si fuesen explorados. Estos estudios propuestos son:

- El impacto social que otorga el reciclaje de escombros.
- El impacto ambiental que otorga el reciclaje de escombros.
- La sustentabilidad por el re- uso de materiales en la construcción.
- Educación para una construcción sustentable.
- Estudio técnico para calidad del material reciclado para rellenos.

Se considera pues que una investigación no debe estar aislada, sino que debe alimentar y alimentarse de otras, acrecentar el conocimiento el cual como se dijo al principio de esta tesis, es uno de los fines del estudio, esperando que se haya logrado. Por otra parte y a título personal, se puede decir con satisfacción que no sólo se comprobó la veracidad de la hipótesis, sino que esta labor otorga al tesista una satisfacción personal y profesional que sólo el trabajo constante, arduo y con resultados beneficiosos puede otorgar.

## Bibliografía

Basoalto Hilda, Cerda Claudia, Mora Patricio, Vilches Viviana, Pérez Leonel, Rivera Felipe, (2010), "*Memory And Local Identity After An Earthquake: Recycling Of Symbolic Rubbles And Its Use In Public Commemorative Spaces*", Arquitecturas del Sur, Issue 37, p84-95. 12p.

Castells Xavier Elías, (2012) "*Reciclaje y tratamiento de Residuos Diversos*" Ediciones Díaz de Santos.

Castells, Xavier Elías, (2012), "*Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*". Ediciones Díaz de Santos.

Ciceana, Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América A.C. (2002), "*Saber más...Reciclaje de Residuos Sólidos*".

Cilento Sarli Alfredo. (1998) "*Tendencias tecnológicas en la producción de viviendas.*" Interciencia 23.1.

Consejería de empleo y mujer comunidad de Madrid, (2009), "*Quiero montar una empresa de gestión de residuos*", Revista M.M. La suma de todos, cuaderno no. 19.

García Marisol, (2010), "*Haciendo negocio del cascajo*", Entrepreneur México Vol. 18 Issue 8, p16-16. 1p.

González Martínez Ana Citlalic, "*Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México Gaceta Ecológica*", núm. 58, 2001, pp. 17-26.

Hernández C., Fornasier G., (2007) "*Caracterización de hormigones elaborados con agregado grueso reciclado*", Revista Hormigonar, núm. 7.

Jerade Miriam (2012), "*Dinero en la basura*", Issue 587, p104-107. 4p.

Klees Delia R., Cecilia A. Coccato, "*Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción.-1º Etapa.*" Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005, Departamento de Estabilidad, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste.

Klees, Delia R., Cecilia Coccato. "*Residuos sólidos urbanos.*" Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005, Departamento de Estabilidad, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste.

Lauritzen, Erik, and N. Hahn. (1997) "*Producción de residuos de construcción y reciclaje*", Boletín Ciudades para un futuro más sostenible.

Medina Martín. (1999) "*Reciclaje de desechos sólidos en América Latina.*" Revista Frontera Norte 11.21.

Montenegro Fragoso M. (2010), "*Guía práctica para elaborar tesis*", Editorial Página Seis.

Natalini, M., D. Klees, Jirina Tirner. (2000) "*Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición.*" Ed. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste.

Pérez Benedicto J. A., del Rio Merino M., Peralta Canudo J.L., de la Rosa La Mata M., "*Características mecánicas de hormigones con áridos reciclados procedentes de los rechazos en prefabricación*", Mater. Construct., vol. 62, 305, 25-37, 2012. ISSN: 0465-2746.