ALTERNATIVAS DE TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DE ESCOMBROS EN LOS MUNICIPIOS DE TULUÁ, BUGA Y SU ÁREA DE INFLUENCIA.

PAOLA ANDREA PAREDES CASAS

UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
TULUA VALLE DEL CAUCA
2014

ALTERNATIVAS DE TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DE ESCOMBROS EN LOS MUNICIPIOS DE TULUÁ, BUGA Y SU ÁREA DE INFLUENCIA.

PAOLA ANDREA PAREDES CASAS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director
Ing. MSc(c) SO. Germán Cobo Mejía
Docente Facultad de Ingeniería UCEVA.

UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TULUA VALLE DEL CAUCA

2014

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

Presidente del Jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

Tuluá, Valle del Cauca, abril de 2014.

DEDICATORIA

Solo tengo sentimientos de agradecimiento a Dios, a mi familia y a cada una de las personas que hicieron posible dar este gran paso en mi vida, las cuales tuvieron la paciencia necesaria para ayudarnos. De todo corazón GRACIAS.

Paola Andrea Paredes Casas

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su agradecimiento:

A todos los profesores del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la UCEVA que estuvieron en todo el proceso de mi carrera y brindaron sus conocimientos y tiempo para la aplicación de este trabajo de grado y mi formación como persona y profesional.

Al Ingeniero Germán Cobo Mejía por su valiosa colaboración, dedicación y aportes de ideas para contribuir con este trabajo de grado y de igual forma a todas las personas que de alguna forman facilitaron la realización y me apoyaron en todo momento.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 11
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 15
2. JUSTIFICACIÓN 18
3. OBJETIVOS 20
3.1 OBJETIVO GENERAL 20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 20
4. MARCO REFERENCIAL 21
4.1 MARCO TEÓRICO 21
4.1.1 Principales efectos causados por la mala disposición de escombros. 28
4.1.2 Caracterización de escombros.. 35
4.1.3 Posibilidades de reutilización y reciclaje.. 37
4.1.4 Impactos sobre el medio ambiente natural. 40
4.1.5 Modelo de un buen manejo de material de escombro.. 42
4.1.6 Manejo integral de escombros. 44
4.1.7 Infraestructura física compuesta por 44
4.1.8 Estructura organizacional. 45
4.1.9 Soporte institucional.. 45
4.1.10 Fabricación de bloques de concreto a partir de escombros.. 45
4.2 MARCO CONCEPTUAL 71
4.3 ESTADO DEL ARTE 72
4.4 MARCO LEGAL 77
4.3.1 Concepto de localización favorable de la zona de transformación y escombrera.. 79
4.4 MARCO GEOGRÁFICO 80
5. DISEÑO METODOLÓGICO 85

5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS 85
5.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... 85
5.3 ESTUDIO PRELIMINAR 86
5.4 TRABAJO DE CAMPO..... 86
5.5 TRABAJO DE LABORATORIO..... 87
5.6 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 87
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 88
6.1 Metodología de la caracterización.: .....
6.2. PRUEBAS DE LABORATORIO……....
6.2.1 MÉTODO PARA DETERMINAR LA MASA ASOCIADA DE LOS AGREGADOS……
6.2.2 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS……
6.3 DISEÑO DE ALTERNATIVA VIABLE..... 103
6.3.1 Estaciones de transformación (EDT).. 103
7. CONCLUSIONES 111
8. RECOMENDACIONES..... 114
9. BIBLIOGRAFÍA 116
ANEXOS..... 119

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Resumen de las principales actividades generadoras de escombros.....32

Tabla 2. Clasificación de residuos de construcción y demolición de acuerdo al uso posterior.....35

Tabla 3. Clasificación de materiales que recibe una EDT.....106

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. Escombros doble calzada vía Tuluá - Buga. 16

Fotografía 2. Escombros arrojados en la vía Aguaclara – Tuluá Valle del Cauca.41

Fotografía 3. Escombros arrojados en Carrera 40– Tuluá del Cauca.....42

Fotografía 4. Bloquera (Lab. Univalle Cali). 52

Fotografía 5. Trituradora de mandíbula (Lab. Univalle Cali). 53

Fotografía 6. Ladrillos producidos a partir de escombros sin curar (Lab. Univalle Cali). 57

Fotografía 7. Bloquera, proceso de compactación (Lab. Univalle Cali). 65

Fotografía 8. Ladrillos producidos a partir de escombros curados (Lab. Univalle Cali). 69

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Ubicación del corregimiento de Aguaclara (Zona de transformación) 120
Anexo B. Tabulación del análisis granulométrico..... 121
Anexo C. Gráfico Análisis Granulométrico 122
Anexo D. Pasos a seguir en la Elaboración de Bloques 123
Anexo E. Esquema comparativo de los procesos de fabricación de bloques 124
Anexo F. Esquema tipo de centro de transformación del material de escombro para el municipio de Tuluá……125

GLOSARIO

AGREGADO PÉTREO: Son materiales gruesos que como la grava y las piedras de mayor tamaño previamente trituradas, se utilizan para la elaboración de concretos.

ARENA: Material fino granular que tiene como máxima dimensión 0.478 cm y resulta de la desintegración natural o molienda artificial de las rocas.

DENSIDAD DE LA POBLACIÓN: Es él número de habitantes por hectárea, conociendo el área de trabajo y su densidad de población, se podrá determinar en cuanto aumentara la población y en qué tiempo, esto nos permitirá diseñar la zona de transformación en un futuro para un tiempo determinado.

ESCOMBRO: Son los materiales o elementos desechados de un proceso de construcción, son procedentes de demoliciones, remodelaciones, edificaciones, excavaciones, entre otras obras civiles las cuales pueden ser públicas o privadas.

ESCOMBRERA: Sitios de disposición final de escombros donde se les puede dar un manejo adecuado, las escombreras deben de estar en un sitio de fácil acceso y una ubicación reglamentada con respecto a las comunidades y cuerpos de agua.

IMPACTO AMBIENTAL: Sin duda alguna es el mejor evaluador de cada una de las etapas de un proyecto o actividad en cuanto al componente ambiental. Muchos proyectos realizados con la intención de proporcionar bienestar ocasionaron y aun causan impacto ambiental; se define el impacto ambiental como todo efecto de una actividad hacia el entorno el cual puede ser positivo o negativo.

MATERIALES ÁRIDOS: Son los materiales granulares naturales que como la grava y las arenas se utiliza para la elaboración de concreto y morteros.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: Arena, grava, recebo, asfalto, concretos y agregados sueltos de construcción o demolición. Capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Ladrillo, cemento, acero, hierro mayas, maderas formaletas o similares.

MATERIAL INERTE: Son todos los materiales sólidos que en condiciones naturales ni se expanden ni se contraen, tales como piedras, agregados pétreos, arenas , ladrillos, bloques , concretos, etc.

POROSIDAD: En suelos, es la relación del volumen de vacios o poros de un suelo con respecto al volumen total de la muestra de suelo.

RECICLAR: Es el proceso de someter repetidamente una materia a un mismo ciclo, para ampliar o incrementar su ciclo útil.

RESIDUOS TÓXICOS: Son desechos o combinaciones de ellos que presentan un peligro considerable o potencial para la salud humana y para los organismos vivos.

TAMAÑO DE POBLACIÓN: conocer el tamaño de la población ayuda a identificar la cantidad potencial de escombros producidos en la zona de estudio, teniendo en cuenta el método de conteo empleado.

TOPOGRAFÍA: Es de gran ayuda y muy importante saber en qué condición y en qué área de terreno se va a trabajar para tener en cuenta el sitio óptimo para diseñar la zona de transformación.

RESUMEN

La generación de escombros produce múltiples situaciones ambientales como lo son la contaminación atmosférica por material particulado y olores, los cuales traen consigo problemas de salud pública, ocupación de riveras de ríos, parques, zonas verdes y lotes sin construir, que causan contaminación de estos sitios por cambios en sus propiedades físicas y químicas y mala imagen, por lo tanto una adecuada gestión y tratamiento de estos permitirá prevenir, mitigar, atenuar y controlar los impactos ambientales generados por la mala disposición final de estos.

El presente trabajo de grado se inicia con la revisión inicial acerca de la problemática de la generación de escombros en el municipio de Tuluá y algunos municipios aledaños, la cual permitió fundamentalmente identificar el estado ambiental en la que se encontraba este municipio y los aspectos e impactos ambientales significativos generados por esta inadecuada disposición final de estos, así como los controles con que se cuenta hasta el momento para gestionar esta problemática ambiental; igualmente se identifica los requerimientos legales que existen en nuestro país y el municipio para controlar esta problemática.

Por otro lado, se identificaron las cantidades de escombros generados en el municipio y se hacen cálculos y diseños para crear una zona de transformación de estos escombros y así minimizar los impactos ambientales que se generan tras su mala disposición en el ambiente.

Palabras Clave: escombros, centro de transformación, escombreras.

0. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, nada ha caracterizado mejor a nuestra sociedad que su capacidad de consumo. Sin embargo desde el punto de vista ambiental podemos identificar al ser humano como un gran transformador de lo material, ya que en cualquier campo de desempeño tanto agrícola, industrial, social y doméstico se obtendrá como resultado una pesada carga de residuos. No obstante el crecimiento de la población es un factor importante, porque debido a esto los ciclos naturales se han alterado y la acumulación de residuos es cada vez mayor, puesto que la humanidad se ha convertido en un organismo productor y consumidor, más no un ser que descompone.

Por otro lado una de las clases de residuos sólidos que impulsaron a elaborar este trabajo de grado es el material de escombro, debido a su creciente producción, pues la expansión de las ciudades ha conllevado al uso exagerado de materiales de construcción, viéndose manifestado en la restauración y cimentación de edificaciones, debido a la explosión demográfica que sufre el mundo actual, ya que la necesidad imperiosa de supervivencia lo exige.

Por consiguiente ante la necesidad de descontaminar el medio ambiente, prevenir los impactos negativos que la sociedad pueda causar y teniendo en cuenta el gran problema generado por los escombros, se hace necesario pensar en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento al máximo de todos estos materiales. Y asimismo seguir planteando las bases para obtener beneficios a partir de los remanentes, aplicando técnicas más adecuadas, que permitan lograr resultados óptimos en el panorama de la edificación.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo de la humanidad ha sido un factor importante en el deterioro del medio ambiente, puesto que el aumento de la población ha permitido las extensiones de las ciudades, afectando en algunos casos reservas naturales debido a los proyectos urbanísticos que cada día toman fuerza en las metrópolis, ya que la construcción de vivienda es una actividad económica muy rentable. Por ello como lo expresa Nataly[1], hoy en día, los procesos de edificación se inclinan por utilizar materiales con una duración limitada, razón por la cual se presenta la obsolescencia física o cultural de las construcciones. Por tanto, la generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un problema, que por su volumen y flujo, afecta directamente la perspectiva ambiental, social y económica.

Por otro lado el municipio de Tuluá y su zona de influencia, la cual es el área de estudio de este proyecto, la problemática de los escombros representa una situación socio – ambiental delicada y considerable, pues solo los municipios de Tuluá y Buga presentan escombreras autorizadas por la autoridad Ambiental; sin embargo la escombrera de Tuluá es la única que presenta una Licencia Ambiental, pero en los municipios más pequeños no relacionan ni siquiera en sus Planes de Ordenamiento Territorial un lugar apto para el manejo y la disposición final de este tipo de residuo.

---

[1] GUARÍN CORTÉS, Nataly Lorena, *et al.* Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_17.pdf>.

Asimismo se puede evidenciar a diario escombros en sitio no aptos (ver fotografía 1), como en las orillas de los ríos, zonas verdes, lotes que no han sido construidos y al borde de carreteras, los cuales dan un mal aspecto al sector generando inconformidad entre los vecindarios. Hay que enfatizar que además de no haber diferentes sitios legalmente disponibles para el depósito de estos residuos, se suma la falta de cultura de la población, puesto que cuando se contrata una persona para que preste el servicio de recolección de escombros, este en algunos casos lo arroja en lugares anteriormente mencionados, ya sea por ganar tiempo o por ahorrarse el pago de la disposición. No obstante la escombrera municipal representan un gasto considerable para el municipio convirtiéndose esta en un problema económico debido al mantenimiento de la misma, ya que no se ha considerado de manera práctica la reutilización de este tipo de material, pues al hacer la transformación de los escombros en un nuevo producto, se podrá alargar la vida útil de los sitios de disposición final.

Fotografía 1. Escombros doble calzada vía Tuluá – Buga.

Fuente: la Autora. 2013.

Otro problema que se le puede sumar a lo anterior es la extracción de los áridos, debido a que se explotan muchos recursos naturales no renovables los cuales

después de su proceso y vida útil no son aprovechados sino descartados como desechos, yendo a parar a los grandes monumentos de cementos situados en la escombrera, cuando deberían ser reutilizados en la fabricación de bloques o en el relleno de superficies para edificar.

Por otro lado en la problemática de los escombros no se generan impactos ambientales nada más con la disposición inadecuada de estos, sino también con la utilización de grandes áreas así sean constituidas legalmente, pues al igual que los rellenos sanitarios, se debería pensar en alternativas eficientemente rentables, para con ello generar fuentes de empleo mediante la intervención de la comunidad, y desarrollo social para el país por medio de la cultura del reciclaje, ya que no se utilizarían grandes extensiones de tierra para depositar estos residuos que luego serán un obstáculo en el crecimiento de la ciudad.

Dado lo anterior, surge la pregunta problema de este trabajo de grado, la cual se formula a continuación.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las actividades necesarias para actualizar el estudio y diseñar un centro para establecer alternativas de transformación de material de escombros en el municipio de Tuluá, ubicado en el departamento del Valle del Cauca?

2. JUSTIFICACIÓN

El poco el interés por parte de las autoridades ambientales nacionales y en particular del Departamento del Valle del Cauca, ha permitido que la problemática de los escombros en el país y la región sea un problema todavía latente, pues a pesar de las normatividad generada al respecto, no ha sido suficiente para frenar este acontecimiento, y cada vez se generan impactos negativos que afectan al medio ambiente y a la comunidad en general, ya que los daños son generados en el suelo, agua, aire, paisaje, flora y fauna. Por consiguiente los residuos sólidos especiales – escombros, siempre se han visto de esta forma, como un residuo más, el cual lo único que causan son impactos negativos ante la sociedad y el entorno.

No obstante la elaboración de este trabajo de grado parte de la necesidad de realizar un estudio que permita establecer mecanismos de control para el adecuado manejo y aprovechamiento de estas clases de residuos. Por ello la ejecución de este estudio ayudará a dar una solución al gran problema de disposición final del material de escombro, y dará una visión de cómo un gran porcentaje de estos materiales mal llamados desechos, se pueden aprovechar como materias primas para la elaboración de nuevos productos, especialmente en la construcción.

Del mismo modo se pretende dar a conocer la importancia socio-ambiental y económica que conlleva para un municipio contar con una zona de transformación que permita convertir una problemática como lo es “la incorrecta disposición de material de escombro” en alternativas económicas y laborales que conlleven a un crecimiento económico de una población determinada y la formación de cadenas productivas alrededor de este importante contexto.

Por consiguiente el incremento del desempleo en la zona de estudio del trabajo de grado hace pensar que este puede ser una alternativa viable para la generación de fuentes de empleo directo e indirecta, así se puede afirmar que al solucionar esta problemática se mejorará los indicadores de gestión social en el municipio de Tuluá, permitiendo la transformación de este tipo de residuos en elementos prefabricados como bloques, plaquetas, adoquines, ladrillos, etc., ya que este trabajo se encuentra ligado con la recuperación de espacios ambientales los cuales se encuentran degradados por el incorrecto manejo de escombros.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Actualizar el estudio y diseñar un centro para el establecimiento de alternativas de transformación de material de escombro en el municipio de Tuluá, ubicado en el Valle del Cauca**.**

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1 Cuantificar y caracterizar la producción total de material de escombros en el municipio de Tuluá.

3.2.2 Analizar los parámetros técnicos del material transformado de escombros que permitan establecer su viabilidad para su reciclado y uso.

3.2.3 Proponer el diseño de un centro de transformación de materiales de escombros en productos reciclados en el municipio de Tuluá.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

En términos generales la contaminación es el resultado de cualquier actividad humana no controlada. Uno de los principales problemas que se presenta es la producción de residuos sólidos, el cual no ha tenido un manejo adecuado; debido a esto se han ido acumulado e incrementando cada día focos de contaminación que perjudican al ser humano y al ambiente en general.

Existe gran abundancia de residuos, estos son recursos con elementos que pueden ser explotados, cosechados, reutilizados, manufacturados de nuevo y recuperados. Cada día se consume papel, plástico, vidrio, tejidos, telas, metales, materiales de la construcción entre otros, los cuales cuando dejan de ser útiles son desechados y convertidos en residuos, algo que no se quiere y que carece de valor. Por lo tanto sin los sistemas establecidos de reciclaje o recuperación de energía, el valor de los residuos se pierde y se consume más energía y materias primas para abastecer la demanda de nuevos productos. El impacto negativo que esto provoca en el medio ambiente cada vez es mayor. Reutilizar, recuperar y reciclar no son las únicas soluciones al problema de los recursos cada vez más limitados, pero con ellas se gana tiempo y se reduce la necesidad de explotar, talar o extraer.

Uno de los residuos sólidos que causan un impacto significativo en el entorno son los escombros. Definiéndose como tal a los subproductos provenientes de demoliciones, remodelaciones, construcción de edificaciones, movimientos de tierra; materiales que habiendo estado en condiciones óptimas de calidad, por razones de su manejo o necesaria eliminación ha sido sometido a un proceso que

lo torna inutilizable y de difícil manipulación, incluyendo, sin limitarse a ello, la madera, yeso, metales, sustancias asfálticas, ladrillos, hormigón en bloques y no segregados. Así mismo no incluyen suelo, roca, piedra, grava; residuos generados por la limpieza de maleza y excavaciones, como son los árboles, matorrales y material vegetal. En sí, los escombros se obtienen de obras con distintos fines como el de vivienda, industria, comercio, transporte, servicios públicos, ornato y recreación.

En la práctica los tipos de escombros de construcción y demolición varían de un país a otro en función de la disponibilidad de los mismos y los hábitos constructivos, los cuales se clasifican en[2]: arena los cuales representan el 60% en volumen, yeso natural 1%, metales 4%, grava 14%, caliza 6%, arcilla 6%, piedra natural 4%, madera 2% y petróleo (plástico) 3% en volumen. Para los efectos de este trabajo se tendrán en cuenta los escombros provenientes de la construcción de la mampostería y la estructura en una obra debido a que son estos residuos los que generan mayor volumen dentro de esta, ocasionando problemas de disposición y altos costos para su manejo.

No obstante las posibilidades para la recuperación y reutilización de una demolición dependen mucho de las técnicas aplicadas. Una demolición hecha de manera incontrolada generara cantidades grandes de desechos mixtos que luego deben de ser separados de nuevo con inversión de tiempo y de esfuerzo. En general, es necesaria una organización y una programación para las demoliciones que exija planear las actividades y promueva una demolición selectiva de los elementos de la edificación a demoler.

---

[2] RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: < http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>.

La contaminación probable de los agregados reciclados debido a los métodos de demolición indica la necesidad de implementar nuevas normas y requisitos técnicos para su obtención, así se podría evitar la presencia de reacciones negativas al medio ambiente lo cual es uno de los problemas más importante a ser abordados en el futuro cercano.

Del mismo modo el proceso de transformación de escombros en material reutilizable, debe comenzar con una inspección y selección de ellos según sus características, es decir, se separan los de mampostería, los de concreto y los demás. Este proceso puede ser realizado en obra por los obreros encargados de realizar la limpieza trasladándolos a la zona donde serán procesados. Luego se procede a realizar la trituración de los escombros que lo requieran por su tamaño, con el equipo apropiado para este fin. Esta trituración se debe realizar para obtener así una mayor adaptación a las características que se requieran, como la manejabilidad, tamaño, forma, entre otras. Posteriormente se efectúa un tamizado el cual clasificara el material en gruesos y finos. Por último se realizara el reciclaje del material según el uso predeterminado en la obra.

Existen varios sistemas para realizar el trabajo de trituración, los cuales pueden ser móviles, semi-móviles y fijos, las dos primeras utilizan un remolque en el que va el equipo de trituración, separación y tamizado para conseguir un adecuado flujo de material. Si el proceso de reciclaje se va a realizar en la obra el equipo deberá ser portátil, manejable y de fácil operación, para así poderse transportar por ella hasta el sitio que se necesite y sin requerir mano de obra calificada. Si el proceso de trituración va a realizarse en un lugar específico y destinado para ello dentro de la obra, el sistema podría ser móvil o semi-móvil dada la magnitud del proyecto y para mayores volúmenes de trituración, en una planta, donde el equipo es de mayor tamaño y fijo, operado por personal técnico.

Por consiguiente si el material a procesar es proveniente de concreto al final del proceso se puede utilizar en aplicaciones, dentro de las que pueden estar: agregados para concretos pobres hechos en obra, cimentaciones de tubería, agregados de morteros para resanes y repellos. En varios países las investigaciones sobre este tema se ha realizado durante varios años, arrojando diferentes resultados y conclusiones. En argentina por ejemplo, según la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP)[3] el consumo anual de cemento en el 2012 fue de 10,456 millones de toneladas, al igual que Brasil con un consumo de 69,296 millones, EEUU con 76,702 millones, México con 35,600 millones y Colombia con un consumo en el mismo año de 10,496 millones de toneladas, lo que equivale a 253 kg de cemento/habitante. Esto indica que hay una alta demanda en la construcción, lo que hace imperioso la utilización a gran escala de este compuesto, obligando a los entes ambientales, buscar alternativas viables que permitan enfrentar la generación desconsiderada de escombro.

Por otro lado una ventaja que se alcanza en el proceso de reciclaje es la reducción o eliminación de áreas de disposición de funcionamiento ilegal donde el costo de la limpieza por metro cúbico es más de aproximadamente US$ 10. El reciclaje de agregados tiene un costo de producción de aproximadamente US$ 2.50 por metro cúbico, y un metro cúbico de arena natural puede llegar a US$ 6.50 sin contar el transporte. Todo esto conlleva a un aumento en la vida de operación de las escombreras tradicionales y la conservación de áreas verdes[4].

---

[3] ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND. Datos estadísticos 2012. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en:< http://anuario2012.afcp.org.ar/index.php?IDM=19&mpal=4&alias=>.

[4] R. COLLINS. Increasing the use of Crushed Brick Coarse Agrégate in Concrete. University Dundee. Reino Unido. 1996.

Los brasileros enfocan en la obtención de varias mezclas de mortero usando cemento Portland ordinario, cal hidratada, arena de rio como agregado fino y residuo de demolición de bloque cerámico, ladrillo de arcilla y bloque de concreto triturado como agregado grueso. A estos agregados se les evaluaron sus propiedades físicas (absorción de agua, forma, granulometría); y a los morteros sus propiedades mecánicas.

El mortero hecho de residuos de demolición como agregado fino es apropiado para usar como mortero de mampostería, pero hay que tener en cuenta que estos resultados estén obtenidos bajo condiciones de laboratorio específicas, con una posible variación en incremento o decrecimiento al ser usadas en condiciones de esfuerzo reales. Dado que la durabilidad y calidad esperada de una obra es cada vez más importante, la producción de agregado reciclado se ha dirigido hacia elementos no estructurales como el mortero, bloques de concreto, etc.

Al usar un agregado reciclado para la obtención de concreto los efectos son:

- Reducción de fuerza de compresión en 25%
- Aumento de la absorción de agua en 30%
- Aumento en la retracción del fraguado.

A pesar del gran volumen de datos de investigación en el laboratorio que demuestran que los agregados reciclados pueden ofrecer un comportamiento excelente en el hormigón, el uso práctico de la industria del concreto ha sido restringido por problemas como la disponibilidad, los costos y los riesgos. Si bien al momento de realizar la obra es conocida la reducción de la calidad de un hormigón hecho con agregados reciclados por parte del constructor, el cliente debe estar siempre preparado para asumir las consecuencias económicas en el futuro debido a la corta vida útil de las estructuras en comparación con hormigón convencional.

El costo del agregado como tal es más bajo que el agregado natural, pero el desequilibrio puede llegar a ser notorio al tener que aumentar los volúmenes de cemento a igual esfuerzo necesitado; que sin embargo puede ser compensado con la eliminación de costos de transporte y disposición final de escombros. La calidad del escombro a procesar es importante conocerla identificando en lo posible su procedencia.

En Dallas (Texas), en 1964 una nueva pista de aterrizaje de 8800 pies incluyendo zonas de carreteo, pistas paralelas y zonas de giros se construyó usando un mejoramiento de la subbase de 6 pulgadas de concreto pobre que incluía pavimento viejo triturado como el 72% de la mezcla, 28% de arena natural y 4% de cemento en peso. El material se extendió y compacto con rodillos vibradores con excelentes resultados. En Iowa los contratistas de pavimento han demostrado que reciclar es una alternativa económica si la planta de trituración se encuentra a máximo 50 millas, calculando que es posible la recuperación de un pavimento viejo en un porcentaje del 75-80%. Antes de realizar el reciclaje se debe separar cualquier cubierta de rodadura bituminosa de las otras capas de pavimento, para triturarse y acumularse por separado para su uso futuro en labores de mantenimiento vial.

En Colombia el reciclaje de pavimentos se encuentra avanzado sobre todo en pavimentos flexibles, “esta tecnología se ha venido usando con éxito en algunos proyectos, destacándose ciertas vías de la malla vial de Bogotá, como la av. Boyacá, tramos del plan 2500 Pacho-Zipaquirá, concesiones como la autopista del café, diferentes sectores de los tramos de mantenimiento de la red vial nacional y en las pistas de los aeropuertos como el de Puerto Berrio”[5].

---

[5] AGUIRRE, Fernando. Reciclaje de pavimentos flexibles con adición de cemento. [En línea]. CONSTRUDATA. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en:<

Del mismo modo el manejo de residuos sólidos en Colombia se ha centrado hacia la recolección de material orgánico domiciliario, tanto industriales como comerciales y su posterior entierro en basureros o rellenos sanitarios, con el más mínimo aprovechamiento de los materiales reciclables; también los residuos hospitalarios tienen un manejo especial; pero el tratamiento, evacuación y disposición final de escombros, parecerían que no se tiene una reglamentación clara y en algunos casos hasta inexistentes.

En la actualidad no se ha planteado una solución concreta y clara para el manejo y disposición final de material de escombros, la falta de políticas claras para definir estructuras, organización y espacios adecuados para el manejo de dicho material, ayuda a la proliferación de cientos de toneladas de escombros sobre zonas de uso público y privado ocasionando impactos ambientales y perturbando la tranquilidad ciudadana; por esta razón se debe definir por medio de los planes de ordenamiento territorial (POT) cuales son las áreas adecuadas para el buen funcionamiento de una zona de transformación para los escombros, teniendo en cuenta las disposiciones legales y evaluando como se maneja en el municipio de Tuluá y sus zonas de influencia este material.

Los escombros son un subproducto de la construcción proveniente de demoliciones, remodelaciones, construcción de edificaciones, vías e instalación de servicios públicos. Tanto en el sector privado, público y mixto. Están constituidos por materiales inertes en un 98% y material biodegradable de origen vegetal en un 2 % madera[6].

---

http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/reciclaje_de_pavimentos_flexibles/reciclaje_de_pavimentos_flexibles.asp>.

[6] ALCALDIA MUNICIPAL SANTIAGO DE CALI. Manejo integral de escombro. 1998. P

4.1.1 Principales efectos causados por la mala disposición de escombros. El problema de esta clase de residuos en la gran mayoría de países, se agrava por el acelerado crecimiento de la población, así como un desordenado sistema de control ambiental, un desmesurado hábito de consumo de materiales de construcción, y la ausencia de una cultura en la que prime el cuidado y protección de los recursos naturales.

A esta grave problemática también se le debe sumar los intereses de personas particulares, a las cuales se les hace rentable que utilicen sus lotes vacíos para rellenar huecos con material de escombro, sin tener ningún tipo de cuidado por el paisaje natural y los diversos impactos negativos para el medio ambiente.

Los escombros se distribuyen en los siguientes porcentajes:

Domiciliarios: (productos por remodelaciones pequeñas en vivienda) 24%
Construcción de vivienda 20%
Obras de infraestructura vial y servicios 52%
Otras 4%[7].

Los efectos de mayor consideración y del cual se genera un mayor impacto ambiental ocasionado por el mal manejo de escombros son:

- Devastación del paisaje de la zona en donde se depositan estos materiales.

- Mezcla de escombros con material orgánico la cual al descomponerse provoca diversas molestias a las comunidades cercanas, además de atraer animales

[7] Ibíd. , p. 3.

no deseados, vectores de enfermedades (roedores e insectos) y producción de lixiviados.

- Causan molestia a la comunidad ya que se ven afectados al observar los escombros por toda la ciudad, incluso hasta en su misma propiedad.

- Interviene en la degradación del micro flora y micro fauna alterando gravemente la destrucción de las zonas verdes y él control ecológico de la zona afectada.

- La mala imagen de la ciudad, provocada por montones de escombros arrojados en múltiples sectores.

Es importante dar a conocer que el sector de la construcción en Colombia ha sido afectado por la recesión económica del país; ahora de nuevo la construcción está siendo un renglón importante en la economía de país, esto genera un mayor consumo de recursos naturales y la producción de material de escombro.

Los escombros están constituidos por:
Mampostería y concretos: 52.85. %
Mixto (tierra, concretos, arenas, otros): 45%
Madera y material vegetal: 1.45%
Otros (metal, tubería, vidrio): 0.8%[8]

Actualmente la recolección, transporte y descarga de los escombros están a cargo del sector informal, empleando vehículos de tracción animal, prohibidos legalmente por la resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente,

[8] Ibíd. . p 3.

donde las volquetas trabajando de forma clandestina sin cumplir las condiciones que se ajustan a las normas establecidas por las autoridades, dando como resultado que las personas que transportan el material no lo lleven al sitio adecuado para su disposición final ya que para economizarse tiempo y dinero lo dejan en lugares no apropiados.

Por consiguiente hay muchas actividades generadoras de escombros, en las cuales la reducción, la reutilización y el reciclado no se han considerado como herramientas que nos ayuden a mitigar los impactos que se producen. No obstante estas son opciones que contribuyen a un mejor desempeño ambiental, armonizándonos con el entorno y creando una cultura ambiental, la cual conlleva a cumplir el objetivo de un futuro sostenible.

Del mismo modo, en lo que más se debe hacer énfasis es que la mayor responsabilidad del problema de escombros es de quien los produce, por el manejo inadecuado que se le da, y de aquellas personas que deben hacer cumplir la ley o expedirla, ya que no les importa o no se ocupan de su disposición final, o lo único que se le hace mérito es para deshacerse de ello de cualquier forma sin tener en cuenta el sitio al cual se hará el control final, y mucho menos los perjuicios que pueden causar a la comunidad y al entorno en general.

Por ello cada día se observa el aumento de toneladas de escombros depositadas a orillas de carreteras, en lotes vacíos, a orillas de los ríos y en cualquier sitio de nuestra región, donde se es de fácil acceso arrojar estos materiales. A medida que la cantidad de escombros aumenta, igualmente crece la preocupación de los habitantes debido a los exagerados niveles de contaminación. Sin embargo las personas que más se ven afectadas son las comunidades que se encuentran viviendo cerca de estos sitos inadecuados, ya que se presentan problemas ambientales que afectan la salud, debido a que estos escombros están siendo depositados con material orgánico, lo que permite la emisión de olores,

produciendo enfermedades respiratorias y demás molestias que afectan a las poblaciones cercanas.

Es importante darle un manejo adecuado a este tipo de residuos, debido a que es generador de beneficios ambientales (ecológicos, sociales y económicos), ya que el efecto ambiental más importante del manejo inadecuado de esta clase de residuos es el deterioro estético de las ciudades y del paisaje natural, puesto que la degradación del paisaje ocasionada por la dispersión de los escombros va en crecimiento constante deteriorando la naturaleza, como la fauna, la flora y en especial al ser humano.

Como consecuencia de esta problemática, los riesgos causados por el manejo inadecuado de escombros son principalmente indirectos y afectan al público en general. Ellos se originan gracias a la combinación de los escombros con material orgánico, dando como resultado la formación de lixiviados, la proliferación de vectores sanitarios tales como moscas, mosquitos, cucarachas y roedores que encuentran en el material vegetal su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción.

En la tabla 1 se observa las principales actividades generadoras de escombros:

Tabla 1. Resumen de las principales actividades generadoras de escombros.

ACTIVIDAD	TIPO DE ESCOMBROS	RECOMENDACIONES SOBRE RECICLAJE O REUTILIZACION	MANEJO DE ESCOMBROS
DEMOLICIONES	- Restos de mampostería, de placas, vigas y columnas de concreto. - Residuos de pavimentos. - Residuos de carpintería, metálica y de madera	- Material de sub.-base, base o para mejorar cimentaciones. - Clasificación, limpieza y reutilización en campamentos o en otras construcciones. - Materia prima para la elaboración de nuevas mezclas.	- Clasificación y almacenamiento temporal dentro de la obra cubriéndolos para evitar la acción de las aguas y del viento. - Carga y transporte a las escombreras más cercanas cumpliendo con la res. 541/94 Ministerio del Medio Ambiente
DESMONTE, LIMPIEZA Y DESCAPOTE	- Material vegetal, arenas, arcillas y limos	- Material vegetal como tratamiento superficial de áreas intervenidas o en zonas verdes. Material suelto como relleno de jardineras.	- Retiro inmediato de la obra y traslado a las escombreras. Almacenamiento temporal en sitio adecuado, cubrimiento con plásticos gruesos y lonas para evitar arrastre por el agua y dispersión por el viento.
EXCAVACIONES Y EXPLANACIÓN	- Materia orgánica, limos, arenas, gravas o arcillas.	Material de relleno o como capas de base.	- Almacenamiento temporal adecuado, confiándolos para evitar su dispersión y arrastre. - Traslado a las escombreras autorizadas previo lavado de las llantas de los vehículos antes de su salida de la obra.

Tabla 1. (Continuación).

ACTIVIDAD	TIPO DE ESCOMBROS	RECOMENDACIONES SOBRE RECICLAJE O REUTILIZACION	MANEJO DE ESCOMBROS
INFRAESTRUCTURA DE CONCRETO	- Agregados pétreos, arenas, residuos de mezclas, pedazos de varilla, puntillas, maderas.	- Reutilización dentro de la obra en adecuación de bases o rellenos, reciclaje en la fabricación de nuevas mezclas. Elementos metálicos (chatarra) reciclados en nuevos procesos metalúrgicos. Maderas como partes de nuevas formaletas, escaleras o andamios.	- Clasificación, separación y almacenamiento temporal en contenedores dispuestos cerca de los sitios donde se produce este tipo de residuos.
OBRA NEGRA	- Trozos de ladrillos, bloques y tejas. - Residuos de mezclas de morteros, arenas, cementos, empaques, plásticos y de papel	- Materia prima para fabricación de nuevos elementos cerámicos y previamente triturados como rellenos. - Materiales áridos y mezclas de concretos para mejorar bases o como rellenos.	- Recolección y disposición temporal en solo sitio dentro de la obra; clasificación y separación para envió de las escombreras autorizadas. - Instalación de mallas de seguridad para cubrir las fachadas.
INSTALACIONES	- Restos de tuberías, cables y alambres, empaques de pegantes, de papel y de cartón.	-Plásticos, envases y empaques de papel no contaminados son reciclables	- Clasificación y separación entre materia reciclable y no reciclable. - Almacenamiento temporal en bolsas, cajas o pilas que faciliten la recolección por recicladores o por el servicio de aseo urbano.

Tabla 1. (Continuación).

ACTIVIDAD	TIPO DE ESCOMBROS	RECOMENDACIONES SOBRE RECICLAJE O REUTILIZACION	MANEJO DE ESCOMBROS
OBRA GRIS Y ACABADOS	- Residuos de al, pintura, thiner, hidrocarburos, morteros, virutas, aserrín envases de plástico, cartón o papel, tierra, material vegetal	- Sobrantes de estucos, lechadas y minerales pueden servir como rellenos. - Virutas y residuos de madera sirven como materia prima en la fabricación de madera prensada, papeles, prefabricados, etc. Envases y empaques no contaminados son reciclables.	- Separación y manejo de residuos tóxicos como pinturas, thiner e hidrocarburos. Almacenamiento en canecas o recipientes marcados y disposición final en los rellenos autorizados.
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO	- Residuos de material de sub.-base, base y asfalto.	- Clasificación y limpieza para rehúso en la misma obra.	- Recolectar y concentrar su almacenamiento temporal en sitios que no obstruyan él tránsito, ni que queden expuestos a la acción de las lluvias y vientos. Traslado inmediato a las escombreras autorizadas.
LIMPIEZA GENERAL DE LAS AREAS DE TRABAJOS	- Basuras, aguas residuales, lodo.	- Lodos sedimentados pueden servir en rellenos.	- Almacenamiento de basuras en canecas o bolsas, coordinación con las empresas de aseo urbano para su recolección. -Tratamiento preliminar de las aguas de lavado y limpieza general.

Fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Decreto 357 de 1996. p. 27

4.1.2 Caracterización de escombros. Para un adecuado manejo y aprovechamiento de esta clase de material es necesario analizar la caracterización de los escombros. Dentro de la clasificación de los residuos sólidos se cuenta con material biodegradable y no biodegradable.

En la composición de los residuos sólidos existen algunos que cuentan con una larga vida útil, son materiales inertes los cuales tienen su origen en las actividades de la construcción, extracción de áridos, movimientos de tierras, demolición, entre otros. Para una mejor clasificación de los residuos que se pueden encontrar en el material de escombros, los cuales se consiguen clasificar en reciclables, mixtos, material vegetal y otros como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de residuos de construcción y demolición de acuerdo al uso posterior.

Materiales	Mixto	Reciclable	Madera y material vegetal	Otros	%	Observaciones
Ladrillo (Kg.)		X			9.58	Agregado para la fabricación de nuevos bloques para construcción. Como agregado en carpetas asfálticas.
Ladrillo repello		X			10.15	
Arena grava (Kg.)		X			11.75	
Azulejo ladrillo		X			2.37	
Pisos baldosa		X			9.45	
Concreto		X			11.18	
Hierro concreto		X			0.02	

Materiales	Mixto	Reciclable	Madera y material vegetal	Otros	%	Observaciones
Tejas		X			0.29	
Enchapes	X				0.97	Hace referencia a materiales mezclados, los cuales son difícilmente separados.
Asbesto cemento	X				0.00	
Cemento repello	X				13.23	
Misceláneos	X				19.07	
Tierra	X				10.39	
Yeso	X				0.01	
Madera limpia			X		0.08	Estos materiales pueden ser usados como materia prima para la producción de papel.
Madera sucia			X		0.17	
Madeflex			X		0.00	
Caña brava			X		0.27	
Otros (ramas)			X		0.84	
Tubería (Kg.)				X	0.02	Aunque llega al sitio temporal de transferencia en mayor proporción su manejo no se debe desconocer.
Vidrio (Kg)				X	0.04	
Plástico				X	0.00	
Cartón				X	0.00	
Chatarra				X	0.00	
Zinc				X	0.01	
Hierro				X	0.01	
Totales					**100.00**	

Fuente: ALCALDIA MUNICIPAL SANTIAGO DE CALI. Manejo integral de escombro. 1998. P. 15

4.1.3 Posibilidades de reutilización y reciclaje. Las posibilidades de reutilización y reciclaje para los residuos de la construcción dependen de los mercados de materiales individuales en los residuos y de la habilidad para procesar los residuos no seleccionados o para separar cada material. Los principales materiales recuperados actualmente de los residuos de la construcción son: Asfalto, hormigón, madera, cartón, yeso, grava impregnada de asfalto y metales.

Asfalto: La mayor parte de los residuos de asfalto proceden de proyectos de repavimentación (el pavimento asfáltico se conforma de una mezcla de aproximadamente el 5 por ciento de betún y el 95 por ciento de áridos. La mayor parte del pavimento viejo reutilizado se procesa para formar una capa de base de carretera, pero hasta el 40 por ciento puede incluirse en nuevos pavimentos) una cifra normal es del 10 al 15 por ciento, porque el material viejo ya ha sido degradado por los efectos climáticos, el sol, la abrasión, etc.

El pavimento de asfalto viejo se procesa solo o con hormigón y otros escombros; se rompe la mezcla, se separan magnéticamente los metales férreos y se criba el material roto al tamaño deseado. Al material tamizado se le añaden otros escombros rotos y cribados, y se utilizan como capa de base de carreteras o se mezclan con aglomerante asfáltico fresco para fabricar material nuevo de pavimentación

Hormigón: La mayor parte del hormigón recuperado procede de carreteras, fuentes y cimentaciones; se procesa para usarlo como capa de base de carreteras, áridos de pavimentos asfálticos y como sustituto de grava en el árido de hormigón nuevo. Se rompe los trozos de hormigón, se separan los materiales férreos, como tornillos y barras de reforzado, y se criba el árido resultante en tamaños aptos para construcción de carreteras u hormigón nuevo. Los áridos recuperados deben ser competitivos respecto a los materiales nuevos y los

procesadores pueden mantener precios bajos, mediante el cobro de tarifas de vertido para materiales de hormigón.

Madera: Los residuos de madera procedentes de la construcción o demolición son maderas de estructuras y encofrados, madera laminada y de conglomerado, y madera contaminada con pintura, amianto o material de aislamiento. Como la mayoría de los residuos de madera son procesados para producir combustible o delimitación del paisaje, los procesadores normalmente aceptan solamente madera limpia.

Los residuos de madera se trituran en una cuba trituradora u otras trituradoras comerciales para madera y se pasan a través de una clasificadora o tromel, donde se separan las piezas grandes. Los metales férreos se separan magnéticamente y los finos (Materiales pequeños a menudo utilizados para enmiendas de suelo) se separan mediante cribación.

Cartón de yeso: En la mayoría de los lugares, el cartón de yeso se vierte con los residuos domésticos, pero la experiencia ha demostrado que no es un material completamente inerte. La descomposición anaerobia del cartón de yeso puede producir gas de sulfuro de hidrógeno. En el proceso de reciclaje, se pulveriza el interior de yeso y se devuelve a los fabricantes de cartón; actualmente, la campaña de recuperación está intentando procesar los residuos de papel para que puedan incorporarse al revestimiento de cartón nuevo.

Mezcla asfáltica reciclada: Las mezclas asfálticas recicladas contienen hasta el 30 por ciento de asfalto y varios fabricantes de pavimento asfáltico utilizan la mezcla asfáltica reciclada triturada como una porción de su mezcla de capa de base y pavimento de carretera. Las mezclas usadas se reducen mediante un molino de martillo y se separan magnéticamente los metales férreos el material se criba hasta el tamaño final y se añade a las mezclas de áridos triturados.

Metales: Normalmente, el acero de forjado utilizado en cimentaciones, losas y pavimentos se recupera y se vende a los comerciantes de chatarra. "Los residuos provenientes de la estructura de hormigón armado, son de fácil separación mediantes métodos electromagnéticos o correcto almacenamiento en un contenedor durante la obra, teniendo gran posibilidad de reutilización en la misma o en otras edificaciones diferentes en caso de tener una calidad óptima. En caso contrario se puede valorizar como chatarra"[9].

Con base a lo anterior se puede afirmar que los escombros en la actualidad son utilizados para la construcción de carreteras y otras actividades más viables en la protección del medio ambiente. En zonas donde el material de escombro se combina con residuos domésticos, la posibilidad del reciclaje es la solución más viable, ya que ayudaría a mejorar la calidad de vida de la comunidad que habita las regiones perjudicadas con el mal uso de los residuos sólidos.

Muchos de los impactos negativos pueden evitarse mediante el diseño apropiado y las prácticas de construcción y mantenimientos adecuados. La mayoría de los impactos negativos relacionados directamente con las actividades de construcción de una escombrera, por ejemplo, pueden ser mitigados, para evitar o reducir el daño ambiental. La ubicación correcta, el diseño adecuado, la buena operación de un sitio de tratamiento o disposición final de escombros, junto con el monitoreo y vigilancia, son aspectos fundamentales que se deben considerar para evitar impactos ambientales adversos.

---

[9] RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, Op. Cit. P.19

4.1.4 Impactos sobre el medio ambiente natural. La importancia de los impactos ambientales asociados a los residuos sólidos dependen de las condiciones particulares de la localización, geomorfología, y demás característica de los medios físicos, biótico y antrópico, así como las características de los materiales desechados.

De una manera general el manejo de los escombros puede producir impactos sobre las aguas (si se mezclara escombros con material orgánico), el aire, el suelo, la flora, la fauna y al propio ecosistema. Algunos de los principales impactos ambientales específicos y sus respectivas medidas de mitigación pueden ser:

- **Contaminación de recursos hídricos:** El vertimiento de residuos sólidos en escombreras sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas usadas para el abastecimiento público, además de ocasionar inundaciones por obstrucción de los canales de drenaje y del alcantarillado. La contaminación de las aguas superficiales se manifiesta en forma directa con la presencia de residuos sobre los cuerpos de agua, incrementando de esta forma la carga orgánica con la consiguiente disminución de oxígeno disuelto, producción de lixiviados, incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos que imposibilitan usos del recurso hídrico y comprometen severamente su aspecto estético.

- **Contaminación atmosférica:** Los principales impactos asociados a la contaminación atmosférica son la generación de material particulado, los olores molestos (esto si los escombros se mezclan con material orgánico), además la contaminación visual de los escombros es altamente molesta y generadora de vectores en algunos cosas.

- **Contaminación del suelo:** La descarga y acumulación de escombros en sitios urbanos o rurales producen impactos estéticos y polvos irritantes el aplacamiento de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión pueden causar derrumbes, además el suelo que subyace los desechos depositados a un botadero a suelo abierto se contaminan con microorganismos patógenos (**ver fotografía 2**).

Fotografía 2. Escombros arrojados en la vía Aguaclara – Tuluá Valle del Cauca.

Fuente: la Autora 2013.

- **Amenazas a flora y fauna:** Los impactos ambientales directos sobre flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de la operación inadecuada de un sistema de disposición.

- **Alteraciones del medio antrópico:** El aspecto socio cultural tiene un papel crítico en el manejo de los residuos, uno de los principales problemas es la falta de conciencia colectiva y/o conductas ambientales por parte de la población para la disposición final de los escombros (**ver foto 3)**. Esto genera deterioro de las condiciones del paisaje comprometiendo a la estética y al medio ambiente.

  Por otro lado, la degradación ambiental conlleva costos sociales y económicos tales como la devaluación de propiedades, perdida de turismo, y otros costos asociados, tales como, la salud de los trabajadores y de sus dependientes. Impactos positivos pueden ser la generación de empleos, el desarrollo de técnicas autóctonas, de mercados para reciclables y material de reúso.

Fotografía 3. Escombros arrojados en Carrera 40– Tuluá, Valle del Cauca.

Fuente: la Autora

4.1.5 Modelo de un buen manejo de material de escombro. Para tener un esquema claro de cómo se debe manejar una estación de transformación con un adecuado manejo de escombros, se debe establecer un plan de manejo y gestión capaz de cumplir con las necesidades de una creciente civilización; es así como

se debe entablar unas prioridades en donde las autoridades gubernamentales se comprometan de forma directa a hacer cumplir las normas legales del manejo y disposición final de escombros.

Lo que se debe hacer para un mejor manejo y control de los escombros es:

- Construcción de estaciones de transformación, dotadas de un diseño mecánico, arquitectónico y estructural funcional y apto para recibir y almacenar temporalmente volúmenes significativos de escombros.

- Selección de sitios de disposición final para recibir los escombros de las estaciones de transformación y de todas las demás actividades constructoras (vías, servicios públicos, edificaciones) que sirvan como escombreras y a la vez se conviertan en eco parque al término de su vida útil.

- Expedición de un estatuto legal a nivel de municipios que reglamente la actividad y defina los procedimientos de operación, tarifa, y régimen de sanciones.

- Reutilización y reciclaje de escombros para convertirlos en nueva materia prima.

- Campaña educativa y publicitaria para el uso del sistema de recolección y disposición de escombros.

- Programa de reposición de vehículos de tracción animal incorporando automotores utilitarios.

- Realizar un esquema económico, financiero y administrativo para la materialización del proyecto.[10]

4.1.6 Manejo integral de escombros. El proyecto de manejo integral de escombros de construcción, es la articulación de varios elementos, que deben funcionar o servir de forma simultánea, para que sea efectivo y rentable como operación ambiental, industrial y comercial.

Para llevar a cabo un proyecto de este tipo, se debe contar tener en cuenta los siguientes ítems:

4.1.7 Infraestructura física compuesta por.

- Estaciones de transformación (EDT) localizadas dentro del área urbana del municipio para la recepción temporal de pequeñas cantidades de escombros.

- Sitios de disposición final (SDF), localizados fuera del área urbana, con capacidad mínima de diez años y que sirven para recepción final de escombros provenientes de la EDT, obras de infraestructura vial, edificaciones y viviendas, instalación de servicios públicos y de los escombros generados por eventos catastróficos.

- Sistema de recolección transformación y confirmación final de escombros. (vehículos de tracción animal, camionetas, volquetas, contenedores, tolvas, bandas transportadoras, buldócer, vibro compactador).

---

[10] BANCO INTERAMERIANO DE DESARROLLO. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales. 1997. P.11-13

4.1.8 Estructura organizacional.

- Sistema administrativo
- Programa educativo y publicitario.

4.1.9 Soporte institucional. Reglamentación local para la operación, uso y continuidad de servicio. Todos estos elementos son indispensables para la prestación del servicio, pero tal vez el más importante es la voluntad ciudadana de utilizar el servicio en forma integral. Por consiguiente cada vez que se generan escombros, será posible encontrar quien facilite el servicio de recolección, a copio, disposición final, con la absoluta garantía de que no se generaran nuevos problemas ambientales para la ciudad**.**

Además seria optimo que se dieran rebajas tributarias a las personas o entidades que fabrique o utilice elementos con material de reciclaje, quien disponga para áreas de EDT y para sitios de disposición final de material no reciclable; igualmente sería conveniente determinar un método gratuito de traslado de escombros con el objetivo de incentivar a los usuarios a contar con el servicio de la estación de transformación , con el fin de evitar el arrojo de los escombros a las zonas verdes del municipio de Tuluá y otros municipios donde se presenta esta problemática.

4.1.10 Fabricación de bloques de concreto a partir de escombros. Se conoce como mampostería al sistema de elementos apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar, con el fin de conformar muros que posean hasta cierto punto, las características de sus elementos.

El desarrollo de la mampostería se inició con el empleo de rocas apiladas de manera ordenada, originalmente sin labrar y sin ningún material ligante entre ellas. Posteriormente se utilizaron rocas labradas, colocadas al tope o unidas con argamasa, lo que se conoce como mampostería de piedra. De manera semejante se aprovecharon las características “pétreas” de la arcilla endurecida (arcilla cocida) y de la arcilla sin cocer para elaborar los elementos de la mampostería, especialmente en aquellos lugares donde no se disponía de rocas en forma abundante, lo cual se ha denominado mampostería de arcilla.

A mediados del siglo XIX apareció el cemento Portland y posteriormente el concreto, materiales que revolucionaron los métodos de construcción y que desplazaron a otros tradicionalmente utilizados.

En un principio se trató de imitar, con este material, la mampostería de piedra, produciendo elementos macizos en concreto y uniéndolos con morteros de cemento; pero los primeros bloques huecos de concreto aparecieron a principios del siglo XX; esto dio origen a la mampostería en concreto. La mecanización de los procesos de fabricación le dio un gran impulso, permitiendo la fabricación en serie de piezas con dimensiones uniformes, con alto rendimiento y bajo costo. La mampostería de concreto combina las bondades de un antiguo sistema constructivo, con las ventajas de un nuevo material resistente y durable.

A continuación se presentan los principios fundamentales que se deben seguir para la fabricación de bloques de concreto a realizado a partir de escombros, mediante procesos manuales o mecanizados, y se incluye los requisitos para el almacenamiento de los materiales, la dosificación de la mezcla, la elaboración de los bloques, su curado y manejo.

Estos principios son aplicables para la fabricación de bloques macizos o perforados (huecos o aligerados); sin embargo se hará un mayor énfasis en los segundos por ser de mayor utilización.

- **MATERIALES**

Cemento. En general se utiliza cemento Portland tipo I, el cual debe cumplir con las normas ICONTEC aplicables.

Agregados. Los agregados desempeñan un parámetro importante en la determinación de las propiedades y características finales de los bloques, tales como la durabilidad, resistencia, uniformidad y sus propiedades térmicas y acústicas. Los agregados deben ser limpios y estar libres de materia orgánica e impurezas.

Granulometría. La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas que conforman los agregados, la cual está representada por la curva granulométrica que obtiene haciendo pasar una muestra de los agregados por una serie de tamices normalizados y graficando estos resultados.

Para la elaboración de estos bloques se debe utilizar agregados con granulometrías continuas, para poder obtener una mayor densidad en la mezcla y lograr piezas con superficies serradas de superficie fina.

Agua. En principio el agua debe ser potable o agua de acueducto; no debe contener materia orgánica, azucares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad o la resistencia del bloque.

El agua de mar ocasiona los mismos efectos de la arena de mar en la aceleración del fraguado, en la disminución de la resistencia y en la generación de eflorescencia en la superficie del bloque, debido a su contenido de sal. Para no aumentar el problema se aconseja que si se va a emplear arena de mar no lavada, hacer la mezcla con agua dulce, con el fin de no llevar la concentración de sal hasta niveles muy altos.

- **FABRICACIÓN**

Generalidades. Los bloques de concreto se elaboran según diferentes modalidades que van desde una producción manual, hasta una fabricación totalmente automatizada mecanizada.

Los diferentes tipos de equipos que se emplean para la fabricación de bloques se pueden clasificar, según su rendimiento, así:

Rendimiento bajo, para equipos manuales o artesanales con producciones de un bloque por ciclo (aproximadamente 300 bloques por día).

Rendimiento medio, para equipos con sistemas mecánicos, eléctricos o hidráulicos, cuya producción por ciclo es de varios bloques (producciones diarias entre 500-2400 bloques).

Rendimiento alto, para grandes plantas con producción de mezcla y manejo integrado de los productos (producción diaria de 2400 bloques o más).

Los equipos también se pueden clasificar según su funcionamiento, así:

Equipo móvil, pudiendo ser moldes individuales o maquinas ponedoras.

Equipo estático, que incluye algunos tipos de máquinas mecánicas o hidráulicas y las grandes plantas de producción.

El proceso de fabricación, aun cuando es variable en función del equipo y de las condiciones del medio, debe permitir obtener productos que tengan las condiciones mínimas de calidad aceptables (resistencia, apariencia, durabilidad, etc.), según la norma correspondiente.

Condicionantes del lugar de fabricación. El espacio para la fabricación de bloques debe brindar unas condiciones básicas que permitan garantizar la obtención de buenos productos. Así pues, debe ser un lugar cubierto para proteger del sol, la lluvia y el viento, el área de elaboración del producto, la de curado, e inclusive, una parte, al menos, de la del almacenamiento.

El piso debe ser una superficie pareja, preferiblemente de concreto, tanto en el área de trabajo como en las zonas de almacenamiento, y debe servir como aislante de la humedad del suelo.

El tamaño de la planta depende básicamente de la escala o tamaño de la producción, del tipo de maquinaria y del curado de que se disponga.

Para un perfecto desarrollo de una planta de producción de bloques, y en general de prefabricados, e independientemente del tamaño de la misma, se deben identificar claramente tres sectores o zonas a saber:

1. La zona de materiales (recepción y almacenamiento).
2. La zona de producción.
3. La zona de almacenamiento y despacho del producto.

Zona de materiales. Es la zona destinada a la recepción y almacenamiento del cemento, los agregados, el agua y los aditivos.

Recepción de los materiales. El lugar de recepción debe ser amplio, para permitir que los camiones que transportan los materiales puedan maniobrar fácilmente, sin interferir con el tráfico aledaño a la planta. Se debe disponer del espacio y los métodos para el control de las características de los materiales recibidos verificando su procedencia, calidad y cantidad.

Almacenamiento de cemento. El cemento se puede almacenar en sacos o granel, pero siempre protegiéndolo de la humedad. Cuando se usan cementos en sacos, estos se deben almacenar sobre unas tarimas de madera que los aíslen de la humedad del piso, en arrumes con una altura máxima de 15 bultos, cubiertos por plásticos o telas impermeables.

Los arrumes se deben disponer de tal manera que siempre se pueda sacar el cemento más antiguo. Se recomienda en el caso del cemento ensacado no utilizar cemento con más de tres meses de almacenamiento, siendo ideal no pasar de 45 días.

Almacenamiento de los agregados: Los agregados se deben almacenar separados según sus tamaños, bien sea en arrumes o silos. Mientras están almacenados se debe evitar la contaminación de los agregados con elementos perjudiciales (desperdicios, aceite, combustible, polvo, etc.) y la mezcla de los diferentes tamaños de estos.

Se recomienda mantener los agregados almacenados durante un periodo mínimo de dos días, para que homogenicen su contenido de humedad.

En zonas muy lluviosas o en épocas de fuerte invierno, se recomienda proteger los agregados de la lluvia para evitar su saturación, que luego puede afectar la mezcla por aportarle más cantidad que el agua total requerida. Bien sea antes o después del almacenamiento, se debe someter el agregado a un proceso de tamizado para garantizar los requisitos de tamaño (granulometría y/o tamizado) y limpieza.

Almacenamiento de los aditivos. Los aditivos se almacenan siguiendo las recomendaciones del fabricante, evitando su posible contaminación.

Zona de producción. Comprende básicamente las áreas de dosificación, elaboración y curado, Es necesario, además, considerar las áreas destinadas a la circulación de los equipos y operarios encargados del transporte de los materiales y los productos. El tamaño de esta área depende del tipo y número de equipos disponibles.

Zona de almacenamiento y despacho de productos. Es la zona destinada al almacenamiento y despacho de los productos terminados.

- **PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES.**

  Para cualquiera de las modalidades de la fabricación de bloques (manual o mecanizada) las etapas son básicamente las mismas (Ver Anexo E):

  - Almacenamiento de los materiales.
  - Dosificación (medición y mezcla de las materias primas).
  - Transporte de la mezcla a la maquina
  - Colocación en el molde y compactación de la mezcla
  - Retiro de los bloques del molde
  - Periodo de reposo (fraguado)
  - Periodo de curado

- Almacenamiento del producto terminado

- **PROCESO DE FABRICACIÓN MANUAL**

Equipo. Existen dos categorías básicas de equipos para cualquier escala de producción móviles y estáticos (ver fotografía 4).

Fotografía 4. Bloquera (Laboratorio Universidad del Valle, Cali).

Fuente: la Autora

Para la escala de fabricación manual (artesanal), se utilizan los moldes móviles, que están diseñados para elaborar un bloque a la vez. La producción se hace mediante compactación manual de la mezcla y el desmoldado por volteo o desarme del molde, ubicando cada bloque en el punto donde se dejara fraguar. Por lo general, se cuenta con pocos moldes que se desplazan a lo largo y ancho

del área de fraguado. Para este tipo de moldes se tiene un gran número de diseños, siendo fabricados en madera, lamina de acero, fundición de aluminio, etc.

Los moldes son de fácil mantenimiento y su durabilidad está en función directa del manejo que se les dé como producto desmoldante se puede utilizar un poco de aceite auto-motor quemado aplicado con una brocha para conformar una capa muy delgada que cubra toda la superficie interior del molde. Si los moldes son de madera es preferible que esta permanezca bien cubierta con pintura a base de aceite (esmalte), que la proteja de la humedad, ayuda a un fácil desmolde y al mismo tiempo aumente la durabilidad de los moldes, pero también se debe utilizar el desmoldante. Cualquiera que sea el material de los moldes, estos se deben limpiar al final de cada jornada de trabajo, retirando la mezcla que se haya adherido a sus paredes, tanto internas como externas. Si son metálicos, después de lavarlos con un cepillo de fibras fuertes y agua, se deben dejar secar, buscando que se evacue o evapore la mayor cantidad de agua posible para evitar su corrosión.

Los moldes para fabricas estáticas, también producen un bloque por ciclo, pero este sale de la maquina apoyado en una bandeja (tabla o estiba), que luego es trasladada a la zona de fraguado. Puesto que este tipo de maquina tiene ayuda mecánica, se les denomina semimanuales y, por lo tanto, requieren que se mantengan engrasadas sus partes móviles para asegurar un buen funcionamiento

Por lo general estos moldes y maquinas semimanuales que producen un solo bloque por operación (**ver fotografía 5**), logran producciones cercanas a trescientas unidades por jornada.

Fotografía 5. Trituradora de mandíbula (Lab. Univalle, Cali).

Fuente: la Autora

- **SELECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES.** La selección de los materiales se realiza por simple observación, pero teniendo en cuenta algunos aspectos que pueden ser importantes para la obtención de productos de buena calidad.

  La selección de los materiales correctos es un paso fundamental en el proceso de fabricación de los bloques; deben cumplir con las características ya descritas tales como: limpieza, buena gradación, etc. Al mismo tiempo se debe tratar de garantizar una fuente de suministro constante para poder producir bloques de características uniformes.

Dosificación. En cuanto sea posible toda dosificación se debe realizar por peso las dosificaciones por volumen solo se deben hacer cuando las condiciones técnicas así lo obliguen.

Mezcla. El proceso de mezcla se puede realizar de manera manual, pero es preferible hacerlo en una mezcladora que garantice su homogeneidad.

Para iniciar la mezcla manual se mide la cantidad necesaria de cemento, se riega o se distribuye sobre una superficie limpia, rígida y no absorbente, de concreto o de madera. Una lista se le agrega la cantidad de material de escombro indicada y se mezcla hasta obtener una uniformidad satisfactoria. Por último, se le incorpora poco a poco el agua que sea necesaria, desde el punto de vista de fabricación, mezclando continuamente.

Por lo general la mezcla debe tener la cantidad de agua suficiente para poder formar una pequeña bola con las manos sin que se desmorone pero que no chorree agua. Para agregar agua con precisión es preferible utilizar una regadora o aspersor con el fin de poderla distribuir uniformemente en pequeñas cantidades por toda la mezcla y controlar su cantidad total mediante recipiente; no utilizar directamente una manguera porque fácilmente se puede exceder la cantidad necesaria.

Vaciado de la mezcla. Antes de proceder a vaciar la mezcla, se debe verificar que los moldes cumplan con las condiciones necesarias; como ya se había dicho, los moldes, de metal o de madera, deben estar limpios, libres de óxido y preferiblemente recubiertos internamente con un líquido desmoldante.

Los pasos que se siguen en la elaboración de bloques con moldes móviles son:

A. Colocar el mortero de tal manera que el molde quede completamente lleno y retirar el material sobrante.

B. Aplicar vibración con el fin de expulsar el aire y acomodar la mezcla mediante golpes sucesivos de martillo de caucho sobre las paredes del molde o golpeando el molde sobre una masa elástica (caucho, madera) agitándolo lateralmente o aprisionando la mezcla.

C. Colocar nuevamente más mezcla para llenar el espacio que haya quedado libre después del vibrado y retirar el material sobrante.

D. Repetir la operación de vibrado y compactación de manera manual.

E. Desmoldar el bloque con sumo cuidado, Evitando los golpes que afecten su forma final y solidez. Algunos de los moldes poseen una base deslizante en el fondo, que facilita la expulsión del bloque.

Fraguado. Cuando se han desmoldado los bloques, estos deben permanecer en reposo, en un sitio protegido del sol, las lluvias y los vientos fuertes, para evitar la evaporación del agua y su secado prematuro. Si no son desmoldados directamente en este sitio, se deben transportar allí, con cuidado, sobre bandejas de madera. Los bloques deben permanecer en reposo un tiempo de aproximadamente 8 horas, de modo que se pueda llevar a cabo su fraguado inicial. Después de esto, los bloques pueden ser retirados de las tablas o tomados del piso y colocados en arrumes, de no más de 4 bloques, dejando espacio de 2 cm entre ellos para que circule el aire.

Curado. La finalidad del curado es garantizar, durante los primeros días después del fraguado, la temperatura y el contenido de humedad necesarios para que se puedan desarrollar la resistencia y demás propiedades deseadas.

Se puede emplear diferentes métodos para producir un fraguado a temperatura ambiente. Los bloques deben ser roseados con agua de manera que no se sequen en ningún momento, o se puedan cubrir con telas de fique o algodón, que sean humedecidas permanentemente y que ayuden a conservar la humedad, o con láminas de plástico para crear una cámara hermética que evite que la humedad se escape.

El curado se debe hacer mínimo durante tres días, pero se recomienda extenderlo a siete días y para mejores resultados los bloques deben estar protegidos del sol directo y de los vientos.

Fotografía 6. Ladrillos producidos a partir de escombros sin curar (Laboratorio Universidad del Valle, Cali).

Fuente: la Autora

- **ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS.** La última etapa del proceso consiste en almacenar los productos ya almacenados en arrumes que tengan una altura adecuada según el sistema de manejo.

  La capacidad de almacenamiento de una planta debe ser suficiente para guardar la producción de varias semanas, y de al menos los días necesarios para que los bloques alcancen la resistencia especificada, por lo general los 21 días de edad.

- **PROCESO DE FABRICACIÓN A MEDIANA Y GRAN ESCALA**

Equipo. Algunos tipos de equipo presentan características particulares especialmente en cuanto a áreas de trabajo, transporte de los materiales, utilización de elementos auxiliares, etc.

Las maquinas móviles reciben el nombre de ponedoras y las demás se conocen como estáticas o fijas, y en general se conocen como bloqueras. Cuando la bloquera es estática presenta la ventaja de poder estar adosada a la mezcladora permitiendo un rendimiento muy alto de producción, libre del problema de suministro de la mezcla. En este caso son los bloques los que deben ser trasladados sobre bandejas, desde la bloquera hasta la zona de fraguado.

Por el contrario, si se dispone de una maquina ponedora, está colocará los bloques directamente en la zona de fraguado, en este caso no se utilizaran bandejas disminuyendo los daños debidos al manejo de los bloques. Pero la maquina ponedora presenta problemas de suministro, pues requiere de un sistema de transporte de la mezcla desde la mezcladora al lugar donde se

encuentre y de una gran área para extender los bloques, lo cual debe ser cubierta, ocasionando un extra costo considerable.

Selección y almacenamiento. En la fabricación a mediana y gran escala, las etapas de selección y mantenimiento de los materiales se llevan a cabo, generalmente, con el auxilio de equipos.

Si los materiales granulares se manejan mediante tolvas, estas deben tener sistemas de descarga controlables para poder extraer solamente la cantidad necesaria.

Dosificación. La dosificación de la mezcla se debe hacer teniendo en cuenta la resistencia que se busca, la textura deseada, la procedencia de los materiales y el factor económico.

Una planta de producción de bloques debe contar con una balanza para pesar correctamente los materiales, con una capacidad entre 30 y 50 Kg., una precisión de 100 gr. y, de ser posible unas balanzas pequeñas que permitan calcular los contenidos de humedad de los agregados.

Mezcla. La mezcla para bloque, por ser muy seca, debe prepararse con una mezcladora de acción forzada bien sea de eje vertical u horizontal que garantice su homogeneidad y evite que esta se pegue a la mezcladora.

Para mezcladora de eje vertical se recomienda que durante el segundo mezclado se den al menos 8 vueltas en un periodo no menor de 30 segundos.

Elaboración de los bloques. Los pasos que se dan para elaboración de bloques en una máquina son:

a) Llenado de la tolva con mezcla.

b) Colocación de la bandeja (en las máquinas estáticas).
c) Bajada del molde sobre la bandeja.
d) Llenado del molde por primera vez.
e) Aplicación de la vibración.
f) Llenado del molde por segunda vez.
g) Limpieza de la superficie superior del molde.
h) Bajada de los martillos compactadores.
i) Aplicación de la vibración hasta alcanzar el tope
j) Retirada del molde.
k) Retirada de los martillos
l) Remoción de las bandejas con los bloques

Las operaciones de manejo de la máquina y los sistemas de vibro compactación presentan grandes diferencias según el tipo de máquina que se dispongan, por lo cual el procedimiento anterior se debe aplicar a cada caso. Ver anexo D.

Llenado de la tolva: La mezcla sale de la mezcladora y casi siempre es elevada hasta una tolva que permite alimentar la maquina productora de bloques, se debe evitar la segregación de la mezcla (separación de las partículas más gruesas de las más finas) durante todo el proceso de mezcla, transporte y deposito en la tolva de almacenamiento, así mismo, se debe buscar que el material depositado en esta se consuma de manera uniforme, sin que quede parte de él adherido a las paredes, etc.

Colocación de la bandeja: Las bandejas son elementos muy importantes pues actúan como soporte de los bloques durante su elaboración. Pueden fabricarse en madera contra chapada (triples) o madera común y, si los recursos lo permiten de metal.

En cualquier caso se debe buscar que queden lo más ajustadas posibles a los espacios o guías dispuestas para ellas dentro de la maquina con el fin de que no

vibren durante la compactación de los bloques, que pueden causar la fisuración de los mismos. Esto es especialmente crítico cuando los apoyos de las bandejas no están al mismo nivel o no está en el plano del molde.

Si las bandejas se hacen de madera se debe buscar que este bien seca y que las tablas se cepillen antes de armar las bandejas, con el fin de que no se deformen posteriormente, no se encojan o se tuerzan, reduzcan la adherencia del concreto y tengan una durabilidad mayor.

Si las tablas se tuercen, quedaran espacios entre ellas y el molde, por el cual se saldrá el mortero o pasta, lo que generara una rebaba perjudicial para la buena apariencia y el manejo eficiente del bloque ya elaborado.

Las tablas de madera se deben recubrir inicialmente con una pintura a base de aceite (esmalte) para prevenir cuanto sea posible la entrada de la humedad y la adherencia de la mezcla de concreto.

Si se hace de madera contra chapada es indispensable tomar algún tipo de medida para proteger los bordes de estas, tanto durante el manejo como por el ataque de la humedad. Para esto último se recomienda una pintura sellante.

Desde el punto de vista del almacenamiento, es indispensable que las bandejas se mantengan sin ningún concreto adherido. Para esto se debe limpiar periódicamente y recubrirlas con un material que impida la adherencia, como el aceite motor quemado, o una mezcla de aceite y parafina. Esta labor se debe ejecutar cada dos o tres días.

En aquellas maquinas donde la tolva alimentación corre sobre el molde, es de primordial importancia que las tablas tengan todas el mismo espesor y que este sea el adecuado, según el diseño de la máquina, con el fin de que no se presenten

escalonamientos en el corrido de la tolva, generando disparidad en la distribución de la mezcla a una gran cantidad de mezcla sobrante sobre la cara superior del molde (molde mal enrasado).

Bajada del molde: Es muy importante que el molde este a plomo y alineado con los martillos compactadores y que su cara inferior sea paralela a la bandeja a la cual se vaya a apoyar con el fin de evitar daños en las piezas producidas.

Con el tiempo los moldes sufren desgaste de sus paredes y de los martillos compactadores por lo cual habrá tendencia a que se presenten escurrimientos de pasta o mortero por entre el molde y los martillos o entre el molde y la bandeja, generando una rebaba como ya se indicó.

Llenado del molde por primera vez: En el llenado del molde es importante que todas las celdas queden con igual cantidad de material para que todos los bloques fabricados en cada ciclo tengan una densidad y, por lo tanto, una calidad uniformé. Para esto es conveniente observar la manera cómo opera el sistema o tolva de alimentación y tomar las medidas necesarias para lograr lo ya dicho.

Se debe tratar de colocar la mayor cantidad posible de mezcla en el molde, para que el bloque quede con una buena densidad, lo que dará mayor resistencia. Si el bloque no está bien compactado y es poco denso, por más cemento que lleve la mezcla su resistencia será insuficiente.

Aplicación de un poco de vibración: Con las alturas de molde corrientes y la diferencia que pueda existir entre unas y otras mezclas, casi nunca es suficiente con llenar el molde una sola vez.

Por lo general el molde se llena dos veces. Después de la primera llenada, la mezcla se pre compacta empleando la vibración que opera sobre el molde. Esta

se debe aplicar por el tiempo mínimo necesario para que la mezcla se acomode mejor dentro del molde y reduzca así su volumen, pero tiempos demasiado largos de aplicación generan la segregación de la mezcla, que hará que el bloque quede con una apariencia regular, como si tuviera dos capas.

Llenado del molde por segunda vez: Esta segunda operación garantizará que se coloque la cantidad adecuada y suficiente de mezcla dentro del molde para obtener la densidad y resistencia máxima.

Limpieza de la superficie: Se aconseja antes de continuar, inspeccionar si las caldas del molde que se llenan de últimas, están debidamente llenas o si no lo están se debe terminar de hacerlo con otra pequeña pasada o en forma manual.

Luego de esto, con una regla o cepillo se retira la cantidad de mezcla que haya quedado sobre la cara superior del molde, con el fin de que haya menos desperdicios y que no queden trozo de agregados grueso al borde de las celdas que obstaculices el descenso de los martillos compactadores, o que dañen el borde superior del molde o de los martillos.

Bajada de los martillos compactadores: Esta es la operación critica, pues siempre se deben bajar antes de aplicar la vibración con el fin de que por el impacto que causan hundan las partículas gruesas del agregado que haya quedado en la superficie de la mezcla y eviten la segregación que ocurriría si se apicara la vibración antes de bajar los martillos. El peso de la fuerza con que estos se bajen es importante, pues es un factor fundamental que combinado con la vibración lleva a cabo la compactación de la mezcla.

Aplicación de la vibración: En el proceso de aplicación de la vibración es importante observar con cuidado dos aspectos: la operación de la máquina y la duración de la vibración.

La operación es esencialmente delicada en aquellas maquinas en las cuales la vibración se aplica por medio de un pedal que acciona un embrague mecánico. Este solo se debe accionar ligeramente hasta que se transmita la vibración. Si se le continua aplicando una fuerza mayor, la vibración no aumentara y se estará forzando el motor de la maquina lo que puede dañar sus rodamientos.

Desde el punto de vista de la duración de la vibración, esta debe estar entre tres y cinco segundos, tiempo necesario y suficiente para que la mezcla alcance su mayor grado de compactación y los martillos alcancen el tope determinado para que los bloques queden siempre de la misma altura.

Si el molde queda poco lleno (por ejemplo si se llena una sola vez) los martillos alcanzaran inmediatamente el tope. Si se llenan demasiado, puede ser imposible que lo alcance, por más tiempo de vibración que se les aplique.

De todas maneras, durante el proceso de vibro compactación los martillos deben llegar siempre hasta el tope para que la altura de los bloques sea siempre constante, por lo cual es necesario ensayar para definir cuantas veces y cuanto se necesita llenar el molde de manera que la cantidad de mezcla colocada sea la necesaria para cumplir con una densidad deseada pero que no sea tanta que no permita que los martillos lleguen a su tope.

A medida que aumenta el tiempo de vibración se presenta escurrimiento de pasta o de mortero por entre el molde y la bandeja y tiende a aparecer segregación pues las particular finas tienden a bajar y las gruesas quedan en la parte superior del concreto.

Por lo anterior puede aceptarse como principio que se debe colocar en el molde tanta mezcla como sea posible compactar durante un tiempo razonable, sin que se presenten escurrimientos de pasta o de mortero ni rebote de los martillos.

Fotografía 7. Bloquera, proceso de compactación (Laboratorio Universidad del Valle, Cali).

Fuente: la Autora

Retirada del molde: La remoción del molde hacia arriba manteniendo los martillos en contacto con los bloques, permite extraer los bloques. Esta labor se debe hacer con una velocidad uniforme durante todo su recorrido, es decir, de una sola vez, para que no presenten escalonamientos o marcas en las paredes del bloque.

Retirada de los martillos: Por lo general los martillos se retiran automáticamente una vez ha terminado de subir el molde y con esto quedan los bloques completamente libres, colocados sobre las bandejas.

En este momento se debe hacer una evaluación visual y rápida de los bloques producidos para determinar si salieron del molde en buenas condiciones y pueden continuar el proceso de fraguado y curado. Si uno o varios bloques presentan defectos que atenten contra su calidad estética y/o estructural se deben retirar de la bandeja (con ayuda de palustres) y devolver el material a la tolva o al arrume de la mezcla para evitar el desperdicio de bloques terminados, pues la mezcla se puede reutilizar.

Remoción de las bandejas con los bloques: Las bandejas, con los bloques que salgan en buen estado, se llevan a un lugar cubierto donde se dejan fraguar y adquieren una resistencia suficiente para ser manipulados.

Nunca se podrá apilar bandejas con bloques, sobre bloques frescos, por lo cual las tablas se colocaran en solo tendido sobre el piso, a no ser que se cuente con repisas.

Fraguado: Los procesos que se suceden después de la elaboración del bloque tienen grandes diferencias de acuerdo a la escala de la producción y al equipo disponible.

El primer proceso es el fraguado, endurecimiento inicial y que permite que los bloques se puedan manipular con cuidado, sin que se dañen, y puedan ser llevados al lugar donde van a ser sometidos al curado.

Si se tiene una maquina ponedora, los bloques permanecerán en el sitio donde fueron elaborados durante el tiempo de fraguado y posiblemente, durante el periodo de curado.

Cuando se opera con bandejas, el periodo de fraguado debe ser el mínimo posible para permitir la reutilización de las bandejas; por lo general está entre cuatro y ocho horas (media a una jornada de trabajo), aunque lo recomendable es que sea de un día para otro.

Si se tienen sistema de curado en cámara húmeda, esta se iniciara inmediatamente, por lo cual, el periodo de fraguado hará parte del de curado (generalmente sobre bandejas).

Durante el fraguado se deben garantizar unas condiciones ambientales propicias para que los bloques no se resequen, por lo que el recinto debe estar bajo techo protegido del viento y, de ser posible, con un suministro ocasional de humedad, bien sea ambiental o por riego, después de unas cuatro horas.

Otra medida consiste en tapar los bloques con películas plásticas que ayuden a prevenir la evaporación del agua.

Curado: El proceso de curado tiene como objeto mantener unas condiciones suficientes de humedad y temperatura para que se pueda llevar a cabo la reacción química del cemento con el agua y, por lo tanto, la ganancia de resistencia del concreto.

El sistema de curado más frecuente es el que se hace mediante el riego de agua sobre los bloques o cubriéndolos con películas plásticas, de manera que se genere un ambiente hermético que evite que se evapore el agua de la mezcla.

Este proceso se debe prolongar de tres a siete días después del fraguado de los bloques, tiempo durante el cual deberá permanecer en las mismas condiciones de protección de la acción de sol y del viento que durante el fraguado.

Comúnmente, después del fraguado se retiran los bloques de las bandejas y se conforman arrumes de no más de nueve niveles, dejando siempre espacio entre las paredes verticales de unos y otros bloques para que circule fácilmente el aire, les llegue humedad y no se adhieran entre sí.

Las plantas más sofisticadas usan sistemas de curado en cámaras de vapor a presión atmosférica o en autoclaves con alta presión y temperatura, que aceleran la ganada de resistencia del bloque en relación con la obtenida mediante curado convencional.

Lo más frecuente es que, para estos métodos alternos de curado, los bloques salgan de las maquinas montados sobre bandejas, y éstas sobre estantes móviles, para poder ser desplazados luego a las cámaras donde permanecen entre cuatro y diez y seis horas para curado con vapor y un tiempo máximo de diez y seis horas para el curado en auto clave.

Fotografía 8. Ladrillos producidos a partir de escombros curados (Laboratorio Universidad del Valle, Cali).

Fuente: la Autora

Almacenamiento. Una vez se ha terminado el curado, los bloques se llevan al patio o bodega de almacenamiento hasta el momento de su despacho. Durante este periodo la resistencia continua aumentando y puesto que la calidad del bloque se controla con ensayos de bloques enteros, la resistencia solicitada dependerá ampliamente del tiempo que permanezcan en curado y almacenados en el patio.

El espacio de almacenamiento debe ser preferiblemente cubierto, para evitar que se mojen los bloques, debido a que el producto en el momento de entrega no debe tener una humedad que sobrepase el 40 % del nivel de absorción de humedad aceptado.
Es muy importante que los bloques después de un tiempo de almacenamiento reduzcan su contenido de humedad lo más posible para que no presenten problemas de encogimiento una vez colocados en los muros, por lo cual, en condiciones de lluvias intensas se recomienda que el almacenamiento se haga bajo techo.

El manejo de los bloques en el patio se hace con arrumes construidos a mano o mediante estibas las que permiten el manejo de un cargador, de un volumen considerable de bloques, en una sola operación, que pueden ser despachados de esta manera sobre un camión de plataforma.

Comúnmente las estibas se hacen de madera, con dos tendidos de tablas separadas por unos trozos de madera o con bloques defectuosos, para lo cual se requiere modificar los tenedores del cargador.

Es muy importante mantener perfectamente identificada durante el proceso de fabricación y almacenamiento la procedencia de cada lote, es decir el día de fabricación y el tipo de mezcla u otras características en el caso de que sean especiales.

La disposición de los arrumes en el patio o bodega de almacenamiento, debe ser tal que siempre se tenga acceso a cada lote de bloque para poder tomar muestra de la producción y disponer de ella en el momento que se debe.

Defectos de fabricación: En la fabricación de bloques es frecuente que aparezcan piezas defectuosas las cuales podrían ocasionar serios inconvenientes

en su posterior utilización. Es conveniente identificar claramente las posibles causas de los posibles problemas para tomar las medidas correctivas.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

La problemática ambiental que genera la producción de escombros por parte de las actividades humanas cada vez es más creciente a nivel mundial, esto debido al crecimiento demográfico y a pocas tecnologías que ayuden a tratar estos residuos de una forma adecuada; también la falta de sitios que puedan recibir estos residuos como las denominadas escombreras, son uno de los agravantes para esta situación, pues en nuestro medio existen pocos sitios para estas actividades y la prioridad es encontrar zonas para la expansión urbana y comercial, antes que la del fin descrito.

Son muy pocos los trabajos que se ha realizado por parte de los municipios en tarea de escombros, hasta hoy no se ha formulado una solución integral que ataque de forma eficaz el problema generado por el material de escombro aunque exista una legislación a nivel nacional y local que trata este tipo de residuos especiales; para el caso de Tuluá y su zona de influencia, la falta de una estructura, una organización y espacios adecuados para el manejo y disposición final de esta clase de residuos han generado hoy en día la proliferación de toneladas de escombros en zona de uso público y privado, las cuales generan problemas ambientales y de salud pública en las áreas donde se generan. Aunque Tuluá cuente con un circuito de zonas de escombrera, la problemática no disminuye, pues esta zona se encuentra en el corregimiento de AguaClara, la cual queda lejos de la zona urbana sur de la cuidad y otras, lo que hace que los transportadores de escombros no vayan hasta este circuito de escombreras para disponer finalmente este tipo de residuos, haciéndolo en lotes, mangones, orillas del rio Tuluá, y otros lugares que no son los dispuestos para esto. Por lo tanto el

problema no es sólo el de no tener una escombrera autorizada, va más allá, y es hacer que todos los actores involucrados en la generación, transporte y recepción estén concientizados acerca de los problemas ambientales que se generan con esta situación. Por otro lado, el tener un sitio adecuado no termina del todo el control de la problemática, pues llegará un día en que estas escombreras estés llenas y cumplan su ciclo de vida, y habrá que encontrar otros sitios, situación que hoy día es compleja y para unos años posteriores será aún más.

Por las anteriores razones, es necesario que se creen y propongan alternativas para transformar estos residuos especiales y así se disminuya la presión al ambiente que estos ejercen al generarse y ser mal dispuestos, pues con este tipo de propuestas se lograría aumentar su vida útil, se crearían a partir de estos nuevos elementos para la industria de la construcción y otras aplicaciones que harían más atractivo su adecuada disposición final y tratamiento para todos los actores relacionados con esta problemática, así como para las autoridades ambientales y policivas encargadas de la vigilancia y control de estos.

4.3 ESTADO DEL ARTE

Como bien se sabe la problemática de los escombros no es una situación que enmarca nada más a Colombia, ni es un fenómeno que apenas viene a surgir. Esto nace desde tiempos antiguos y cada vez va en aumento, debido al crecimiento de la población. Por ello se presenta a continuación algunos estudios que se han llevado a cabo para enfrentar esta situación.

Título: Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia.

Autor(es): GUARÍN CORTÉS, Nataly Lorena, *et al.*

Año: s.d., Bogotá

Resumen: En este contexto se plantea la problemática que enmarca estos dos países, debido al mal manejo de los escombros, pues el crecimiento de sus poblaciones conlleva al uso sustancial de estos materiales, debido a que la construcción se ha convertido en una actividad rentable para los inversionistas. Por ello en algunos países la presencia de escombros es un factor común e inevitable, a tal puno de considerarse un problema ambiental y social para las ciudades, cuando los proyectos de infraestructura reflejan ausencia de gestión, control y correctivas, además de poca sensibilización. En la ciudad de Bogotá D.C. los procesos de expansión y desarrollo urbano, crecimiento demográfico, generaron en el año 2011, un volumen aproximado de escombros (hoy denominados Residuos de Construcción y Demolición – RCD) de 13 millones de t/año; correspondiente al material sobrante de las actividades de construcción y obras civiles. Esto ha permitido la manifestación del el reciclaje y reúso de toda clase de residuos, incluyendo los RCD, como el principal objetivo de los planes estratégicos, dirigidos a un manejo sostenible integral de los recursos.

Título: El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles

Autor(es): BEDOYA MONTOYA, Carlos Mauricio.

Año: 2003, Medellín

Resumen: Este trabajo comprende una serie de capítulos en donde se analizan la situación de la ciudad referente a esta problemática, posteriormente se detalla y se generalizan a nivel nacional e

internacional la participación de los residuos de escombros como material reciclable, concluyendo con un análisis profundo, detallado y sustentados mediantes pruebas de laboratorio, la utilización de este material como alternativa de construcción de viviendas urbanas sostenibles.

Título: Residuos de Construcción y Demolición.

Autor(es): s.d.

Año: 2006-2007, España

Resumen: **"**La generación de residuos de Construcción y Demolición (en adelante RCD) está íntimamente ligada a la actividad del sector de la construcción, como consecuencia de la demolición de edificaciones e infraestructuras que han quedado obsoletas, así como de la construcción de otras nuevas. El auge experimentado en este sector, ha implicado la generación de importantes cantidades de RCD, los cuáles, debido a la falta de planificación para una adecuada gestión final de los mismos, se han ido depositando en vertederos, en muchas ocasiones, de forma incontrolada. Al realizar estos depósitos de RCD, no sólo se está perdiendo o desaprovechando energía y material potencialmente reutilizable, reciclable o valorizable, sino que además, se afecta de manera muy negativa al entorno. Ante tal perspectiva, se están planteando medidas legales y económicas tendentes a la reutilización, reciclaje y correcta eliminación de RCD, sin embargo, aún resultan insuficientes, tanto que con respecto a

otros países europeos, ocupamos las últimas posiciones en materia de reciclaje y reutilización".[11]

Título: Aprovechamiento de escombros como agregado no convencionales en mezclas de concreto.

Autor(es): FERREIRA DIAZ, Juan Sebastián

Año: 2009, Bucaramanga

Resumen: "Durante este trabajo se desarrolló una metodología que permitió el aprovechamiento de escombros como agregado no convencional en mezcla de concreto. El material seleccionado estuvo conformado por arena extraída del rio Pescadero, luego fue triturado y posteriormente clasificado como escombro grueso (E_1), escombro fino (E_2) y muestra de ladrillo que fueron triturado manualmente y se parados por un tamiz en tamaño fino (E_3) y grueso (E_4). Con esto agregados se prepararon 4 tipos de mezclas (A, B, C y D) y una mezcla (E) considerada testigo. Esto permitió obtener valores de los escombro recuperados, E_2 = 2.45 y E_3 = 2.71), correspondiente al modo de finura para agregados finos de arenas, y es un valor cercano al valor de la arena proveniente del rio"[12].

Título: Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición.

---

[11] RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. Op. cit., p. 2.

[12] FERREIRA DIAZ, Juan Sebastián. Aprovechamiento de escombros como agregado no convencionales en mezclas de concreto. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías Trabajo de grado Ingeniero Civil. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: < http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/679/1/digital_18472.pdf>.

Autor(es): VELASCO LÓPEZ, Luis Miguel

Año: 2010, Pereira

Resumen: "Este trabajo tiene como objetivo principal proveer de un Plan de Gestión Ambiental para el Manejo y aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición, brindando la información necesaria, a partir de la descripción e interpretación de la Normatividad, de los principios fundamentales de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, teniendo en cuenta las alternativas tecnológicas para el desarrollo de los procesos de transformación, valorización y disposición de dichos residuos"[13].

Título: Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena – Colombia.

Autor(es): ELJAIEK URZOLA, Mónica, QUIÑONES BOLAÑOS, Edgar y MOUTHON BELLO, Javier

Año: 2011

Resumen: "El presente artículo presenta los resultados de una investigación que evaluó el aprovechamiento de escombros en la elaboración de bloques de concreto macizos y huecos no estructurales y como agregado grueso en la elaboración de concretos. Para ambos casos se realizaron diseños de mezclas adecuadas con los escombros procedentes de la demolición de placas de

---

[13] VELASCO LÓPEZ, Luis Miguel. Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición. UTP. Ciencias Ambientales, Administrador Ambiental. [En línea]. Citado el 11 de febrero de 2014. Disponible en: < http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1293/1/363737V433.pdf>.

pavimento de una vía principal de la ciudad de Cartagena, Colombia. Los escombros se utilizaron como material base y fueron sometidos a distintas etapas de trituración hasta obtener un estado propicio para su uso en cada caso. Para el concreto, se realizaron ensayos tales como resistencia a compresión y a flexión, peso unitario, densidad y absorción, determinando así la viabilidad técnica de los concretos. En el caso de los bloques con material reciclado se hicieron ensayos a la compresión, absorción y densidad, los cuales se compararon con las características de los bloques comerciales. Finalmente se seleccionó la mejor alternativa para concreto, que fue el concreto reciclado, el cual cumplió con todos los requisitos técnicos y de calidad”[14].

4.4 MARCO LEGAL

Este trabajo de grado y la temática tratada, se encuentra enmarcado bajo las normas legales vigentes, una de ellas, la Ley 99 de 1993, la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente con sus funciones, las corporaciones autónomas regionales, entre otros.

Las escombreras municipales se encuentran reglamentadas en la Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente, donde se regula el cargue, descargue,

---

[14] ELJAIEK URZOLA, Mónica, QUIÑONES BOLAÑOS, Edgar y MOUTHON BELLO, Javier. Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena – Colombia. [En línea]. Citado el 15 de febrero de 2014. Disponible en: < http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Aprovechamiento%20de%20los%20escombros%20generados%20en%20actividades%20de%20demolici%C3%B3n%20de%20placas%20de%20pavimento%20en%20Cartagena%20-%20Colombia.pdf>.

transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación; así como los criterios básicos de manejo ambiental son definidos en su artículo 4.

Las emisiones de material particulado generadas en el proceso de generación y transporte de escombros y adecuación y operación de las escombreras municipales, se encuentra normalizadas en el decreto 948 de 1995 con respecto a las descargas atmosféricas, que son las de mayor afectación en el caso concreto de este trabajo de grado, donde se controla la calidad del aire y los niveles de inmisión de material particulado y gases en fuentes móviles y fijas especialmente durante el proceso de transporte y descargue de escombros en el sitio de disposición final; en el capítulo II del decreto 948 de 1995 se hacen las disposiciones generales sobre normas de calidad de aire, niveles de contaminación, emisiones contaminantes y de ruido; el artículo 36 controla la emisión de sustancias en fuentes móviles terrestre y el artículo 38 regula la emisión de vehículos Diesel. El capítulo V de este mismo decreto se especializa en la generación y emisión de ruido, particularmente el artículo 55 que restringe el ruido en zonas residenciales y artículo 56 que reglamenta la operación de equipos de construcción en zonas residenciales. El artículo 33 prohíbe las emisiones riesgosas para la salud humana aunque se contempla establecer planes de contingencia en el artículo 94 y en el artículo 112 las visitas de verificación de emisiones.

En el artículo 10 del decreto 1180 del 2003 del Min Medio Ambiente, habla de los proyectos, obras y actividades que no requieren de licencia ambiental, siempre y cuando exista un plan de ordenamiento territorial.

Resolución D:G No 338 de 2002 por la cual se otorga una licencia ambiental al municipio de Tuluá, para la construcción y operación del circuito de escombreras

municipales en terrenos ubicados en el corregimiento de Aguaclara, jurisdicción del municipio de Tuluá en el departamento del Valle del Cauca.

La resolución 610 de 2010, por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, hace alusión al material particulado PM (PM_{10} y PM $_{2.5}$) y partículas suspendidas totales PST y describe los valores que debe ser cumplidos en el territorio nacional, ajustándolos cada lugar a su norma local de calidad de aire NLCA.

Igualmente es aplicable la ley 1259 de 2008, la cual es de orden nacional e instaura en todo el territorio nacional el comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; cabe anotar que para el municipio de Tuluá, esta ley se adopto mediante el acuerdo del honorable concejo del municipio 033 de 2010.

4.4.1 Concepto de localización favorable de la zona de transformación y escombrera. Dentro del Plan de Ordenamiento territorial del Municipio se tienen los tres suelos de protección, de los cuales uno de ellos es el de aprovisionamiento de servicios públicos, como aparece en el plano No 1 tomado del P.O.T. y que nos da además una ubicación general del proyecto, también es de tener en cuenta que en el documento del P.O.T. concertado con la C.V.C. Cali, queda consignado que la recuperación ambiental del Corregimiento de Aguaclara es inminente y se hará con la puesta en marcha de escombreras en el lugar allí demarcado; por tal razón la localización del área de estudio se encuentra avalada para tal fin no solo por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, sino también por la Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca.

4.5 MARCO GEOGRÁFICO

Este trabajo de grado se realizó en el municipio de Tuluá, ubicado en el departamento del Valle de Cauca, el cual está ubicado entre la cordillera central y el océano pacifico. La superficie del departamento del Valle del Cauca es de 22.140 Km^2; cuenta con una población de 3.158.299 habitantes los cuales se dividen en 42 municipios, 88 corregimientos y 531 inspecciones de policía.

De estos municipios se tomaran para el estudio el municipio de Tuluá principalmente; también se describe su área de influencia, la cual está comprendida por los municipios de Buga, Andalucía, Bugalagrande, Trujillo y Riofrío, por ser municipios que hasta el momento no tienen escombreras municipales autorizadas por la autoridad ambiental, es decir, cuentan con concepto favorable y licencia ambiental para esta actividad.

4.5.1 Municipio de Tuluá: fundada el 24 de agosto de 1619 por Juan de Lemus Aguirre, se considera municipio desde el 30 de agosto de 1825; con una altura de 973 msnm, su temperatura promedio es de 24 grados centígrados, posee una extensión de 853 Km2 y una población de 203.000 habitantes.
Sus límites son: al norte con Andalucía y Bugalagrande, al oriente con Sevilla, al sur con San Pedro y Buga y al occidente con Riofrío.

Situado en el centro del Valle del Cauca a los 4 grados, 0.5 minutos de longitud norte y 76 grados, 12 minutos de longitud oeste de Greenwich. En el territorio municipal se distingue una región plana o ligeramente ondulada ubicada al occidente y que hace parte del fértil valle del Río Cauca y una zona montañosa al oriente que corresponde a la vertiente occidental de la cordillera central de los

andes. En su parte más alta se encuentran los páramos de Barragán y Santa Lucia, que alcanzan alturas de 4000 msnm. Por lo variado de la topografía goza de diversos climas distribuyendo sus pisos térmicos en cálido 130Km^2, medio 272Km^2, frío 373Km^2 y páramo 129Km^2. Numerosos ríos y quebradas descienden de la cordillera central que tributan sus aguas al Cauca que limita al municipio por el occidente. Entre ellos se destacan el Bugalagrande, El Tuluá, el Morales, el San Marcos, y el Sabaletas. Forman parte del municipio los corregimientos de Barragán, Santa Lucia, La Marina, La Moralia, en la parte montañosa; Nariño, Aguaclara, Bocas de Tuluá, y tres esquinas, en la parte plana; y las inspecciones de policía de Campoalegre, El Picacho, el Retiro, Frazadas, Jícaramata, la Begonia, la Norcasia, la Diadema, La Iberia, Altaflor, La Palmera, Los Caímos, San Rafael, Tochecito, Venus y Monteloro.

En cuanto a los servicios públicos, Tuluá fue el primer municipio de Colombia en adoptar el agua potable a 36 regiones rurales además, posee alcantarillado, energía eléctrica, para la ciudad y el campo; telecomunicaciones, planta de teléfonos, correos, aeropuerto, terminal de transportes, buses urbanos, e intermunicipales, plaza de mercado cubierta, pabellón de carnes, central de sacrificio y beneficio animal, plaza de ferias, hospitales, centros de salud, casa del anciano, radio difusoras, clubes sociales, hoteles, restaurantes, estaderos, parques recreacionales, campos deportivos y universidades.

Su economía, está representada por la agricultura, la ganadería, un intenso comercio, y algunas industrias, en las que se destacan el Ingenio azucarero San Carlos, la fábrica nacional de levaduras Levapan, Productora de Jugos S.A, Industria de Harinas Tuluá, Parque industrial, talleres de mecánica industrial, electromecánicos, buenas trilladoras de café, arroz, maíz, todas las cuales ocupan un gran número de trabajadores. Como centro ganadero, Tuluá posee un destacado lugar tanto por el número de hatos como por la gran variedad de razas

vacuna. En su ciudadela agropecuaria que por sus características es una de las mejores del país, se celebra anualmente la feria agropecuaria, industrial y de especies menores que atrae una gran cantidad de visitantes de diversas partes del país. La agricultura también es de gran interés y notable desarrollo; sobresalen cultivos de café, cacao, tabaco, maíz, fríjol, soya, sorgo, uva, cebolla, yuca, arracacha, plátano, frutas, y legumbres. En general cuenta con grandes recursos naturales, como oro, plata, yeso, caolín, etc.

4.5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MUNICIPIOS QUE SE ENCUENTRAN EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL MUNICIPIO DE TULUÁ.

4.5.2.1 Municipio de Buga: Situada en el centro del Calle del Cauca, en su jurisdicción se encuentran los corregimientos de Zanjón Hondo, Chambimbal, La Habana, El Rosario, El Vínculo, Monterrey.

Su fundación fue en el año de 1554 por Girdaldo Gil Estupiñán, municipio desde 1857 cuando era municipio del Cauca.

Altura 969 msnm, temperatura de 23 grados centígrados, con una población aproximada de 98.645 habitantes, y una extensión de 876Km2.

Sus límites territoriales son al norte San Pedro y Tuluá, Al oriente con el departamento del Tolima, al sur con Cerrito, Ginebra y Guacari, y al occidente con Yotoco.

Es una de las principales ciudades del departamento, debido al gran auge turístico religioso manifestado por la basílica del Señor de los Milagros.

Esta bañada por los siguientes ríos: Cauca, Guadalajara, Loro y Tuluá. Cerca del río Cauca se encuentran la ciénaga de Sonso y el Chidral

4.5.2.2. Municipio de Andalucía: fundada en 1813 por Nicolás Lozano Santa Cruz, municipio desde el 16 de enero de 1884, por Ordenanza 9 del municipalidad

de Tuluá altura 995 msnm, temperatura 23 grados centígrados, según el censo de 1993 la población de Andalucía es de 16.411 habitantes, inspecciones en el municipio: Alta flor, Campoalegre, El Salto, Pardo, Sabaletas. Está situada en el centro del Valle del Cauca. Distancia a Cali 110 Kilómetros

4.5.2.3. Municipio de Bugalagrande: Fundada en 1662 por Diego Rengifo Salazar, municipio desde 1864, altura 950 msnm, temperatura 23 grados centígrados, población 21.270 habitantes, extensión 395Km2 Limita con al norte con Zarzal, al oriente con Sevilla y Tuluá al sur con Andalucía y al occidente con Riofrio y Trujillo. Y posee los siguientes corregimientos: Ceilán, Chorreras, Galicia, Paila arriba, La morena, Voladero, Uribe, Mestizal, El Guayabo, Overo y San Antonio.

4.5.2.4. Municipio de San Pedro: Situado en el centro del departamento, fundado en 1795 por el español Francisco de Espinoza, es municipio desde 1888 por Ordenanza 33. Su altura es de 980 msnm, temperatura 23 grados centígrados, cuenta con una extensión de 249 Km2 según el censo de 1993 San Pedro tiene una población de 10025 habitantes, sus límites son: al norte con Tuluá, al sur con Buga y al occidente con Yotoco y Río Frío.

Hacen parte del municipio las inspecciones de policía Angostura, Buenos Aires, La Esmeralda, Los Chancos, Naranjal, Platanares, Presidente, San José y Todos Santos. Distancia de Cali 88 Kilómetros.

4.5.2.5. Municipio de Riofrío: Situada en la parte centro occidental del departamento fundado en 1567 por Pedro Marmolejo. Municipio desde 1923 según Ordenanza 31 del 3 de Abril su altura es de 969 msnm según el censo de 1993 la población de Riofrío es de 15985 habitantes.

Hacen parte del municipio las inspecciones de policía El Rubí, Fenicia, La Cuchilla, La Zulia, Madrigal, Piedras, Portugal y Salónica.

Sus límites son: al norte con Trujillo, al oriente con Andalucía, Tuluá y San Pedro, al sur con Yotoco y Calima (Darién) y al occidente con el departamento del Choco. Distancia de Cali 112 Kilómetros.

4.5.2.6. Municipio de Trujillo: Fundado en 1924 por Leocadio y Rafael Salazar; fue municipio desde 1930 por Ordenanza 19, su altura es de 1260 msnm la temperatura es de21 grados centígrados, la extensión es de 230Km2, según el censo de 1993 Trujillo cuenta con una población de 15563habitantes, sus límites son al norte con Bolívar, al oriente con Bugalagrande y Andalucía, al sur con Riofrío y al occidente con el departamento del Choco.

Hacen parte del municipio los corregimientos de Huasanó, Andinápoles, Robledo, La Cuchilla y Pueblo nuevo.
Baña sus tierras sus ríos Cáceres, Cuancua y Frio. Distancia de Cali 108 Kilómetros.[15]

---

[15] PAREDES CRUZ, Joaquin. El Valle Del Cauca Historia Y Realidad. 1998

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

Para cumplir con cada uno de los objetivos planteados en este trabajo de grado, se contó con el apoyo logístico y económico de la empresa Pisos & Acabados, en la cual se realizó la práctica ambiental, logrando una buena integración de ambas partes. Dicha empresa colaboró con el 30 por ciento de la parte económica, además de brindar la facilidad de participar en foros y seminarios dictados por la Cámara de Comercio de la ciudad de Santiago de Cali.

El trabajo consta de un 80 por ciento de trabajo de campo y pruebas de laboratorio en donde se analizaran los resultados obtenidos para llegar a una conclusión lógica y viable, la cual permitió cumplir con los objetivos trazados. El otro 20 por ciento fue destinado a la recolección de información bibliográfica y a la redacción del documento final.

Para ejecutar con éxito el trabajo propuesto y alcanzar cada uno de sus objetivos, se requirió la siguiente secuencia a desarrollar:

5.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se obtuvieron antecedentes de otras investigaciones similares y se recopiló información, la cual logró desarrollar las bases para la realización de las pruebas de laboratorio y demás actividades que se llevaron a cabo. Además se buscó información en documentos, revistas, bases de datos electrónicas y se consultó con profesional especializado en el tema.

5.3 ESTUDIO PRELIMINAR

Ubicación y delimitación de la zona de trabajo: En esta zona de estudio se tiene en cuenta la comunidad, y se delimitó para facilitar el trabajo y así poder dar un concepto más amplio del espacio en el cual se desarrolla el trabajo de grado. Asimismo se escogió un lugar clave para el estudio dentro del municipio de Tuluá, el cual arrojará resultados que permitieron desarrollar los objetivos del trabajo de grado propuesto. Este lugar para la toma y caracterización de materiales de escombros es la escombrera municipal ubicada en el corregimiento de Aguaclara.

5.4. TRABAJO DE CAMPO

Este trabajo consta de dos secciones principales, las cuales son: La determinación de la cantidad y la caracterización de escombros que se producen en Tuluá, partiendo del estudio de la CVC para la escombrera de Tuluá.

Este trabajo de campo fue acompañado con programas de educación ambiental con la comunidad en general y en especial con las personas encargadas de manipular el material de escombro, desde su origen, transporte, manejo y disposición final.

Con los datos obtenidos se logró desarrollar un diseño preliminar de un centro de transformación para el manejo de los escombros.

Debido a la escasa información suministrada por todas las entidades a las cuales les compete este tema, en los municipios de la zona de influencia fue imposible realizar un cálculo preciso de la condición actual de los niveles de escombros generados en cada una de estas ciudades: El único dato preciso es el de la ciudad

de Tuluá por esta razón nuestro proyecto se enfocará de acuerdo a los resultados obtenidos por estudios preliminares elaborados por la CVC para este municipio.

5.5. TRABAJO DE LABORATORIO

Para esta fase del trabajo de grado se contó con el apoyo de la Universidad del Valle en su facultad de ingeniería, sede Meléndez, el cual está dotado con la infraestructura y maquinaria necesaria para realizar las pruebas que el proyecto requiere, además de la información que este centro superior a través del programa tiene acumulada de años de investigación sobre el tema. Entre los estudios de laboratorio se encuentran pruebas de absorción, compresión y resistencia del material de escombros, las cuales son de vital importancia determinar la viabilidad técnica de su uso y para el trazo de las conclusiones finales.

5.6. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la Universidad del Valle del trabajo de laboratorio y de la información obtenida por parte de instituciones gubernamentales de la zona de estudio tales como: Planeación Municipal, Curadurías Urbanas, Secretarias de Agricultura y Medio Ambiente, Secretarias de Gobierno, CVC, SENA, Empresas Recolectoras de Basuras, y entidades privadas como: Compañías Constructoras, Asociaciones de Ingenieros & Arquitectos y Maestros de Obra, se elaboraron las conclusiones pertinentes, las cuales se espera, que además de aplicarse, sean positivas para la comunidad en general.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE ESCOMBROS EN EL MUNICIPIO DE TULUÁ.

6.1.1. Metodología de caracterización de residuos.

La Caracterización de los residuos sólidos especiales – Escombros_ del Municipio de Tuluá contempló la selección de muestras desde el foso No 1 del circuito Municipal de escombrera debido a la necesidad de determinar las características del residuo y la cantidad generada en un periodo de cinco meses.

6.1.2.2. Determinación de tamaño y cantidades de muestras.

Con el objetivo de determinar un número de muestras necesarias para representar el área de la escombrera Municipal en el foso No 1 el cual está activo en este momento se determinan tres sectores, los cuales fueron muestreados mediante tres transectas desarrolladas en sentido perpendicular al eje principal de la caseta o puesto de control, se definió según la cobertura de residuos acumulados en cada sector ya señalado, dentro de cada transecta se definió a su vez 4 puntos de muestreo desde los cuales se tomó finalmente una muestra representativa de los escombros acumulados en este punto de muestreo. Cada una de las muestras obtenidas consistió en recolectar un total de un metro cuadrado de residuos acumulado hasta alcanzar el suelo del sitio, generando así un volumen variable dependiendo del espesor de la capa de escombro muestreada.

Cada uno de los volúmenes recogidos como muestra se colocó en un balde plástico de 35 litros, el cual se sometió a un proceso de homogenización mediante la técnica de cuarteo simple, la cual permite ecualizar materiales de distribución heterogénea otorgándole una mejor representatividad. Se obtuvieron 12 muestras en total.

El procedimiento de toma de muestras contempló el trabajo de un equipo compuesto por 3 personas, los cuales se distribuyeron en la tesista (autora del trabajo de grado) y dos ayudantes, los cuales realizaron el trabajo de pesar el material y realizar las correspondientes anotaciones.

Todo el personal que estuvo en contacto directo con los residuos sólidos especiales escombros en el foso contó con los elementos de protección personal requeridos para este tipo de trabajo (buso manga larga, guantes de goma, anteojos, máscara de protección facial, tapabocas para el polvo, y casco de seguridad), realizándose antes de comenzar el trabajo una inducción en seguridad y salud en el trabajo, con el objetivos de prevenir un accidente laboral.

El trabajo de colecta desarrollados en los diferentes sectores se ejecutó utilizando herramientas manuales (palas, contenedores plásticos, bolsas, lámina de trabajo de polietileno para selección de componentes). Los residuos separados en cada categoría fueron pesados en una balanza conocida como reloj con una capacidad para 100 Kg.

6.1.2.3 Separación de los residuos por categorías

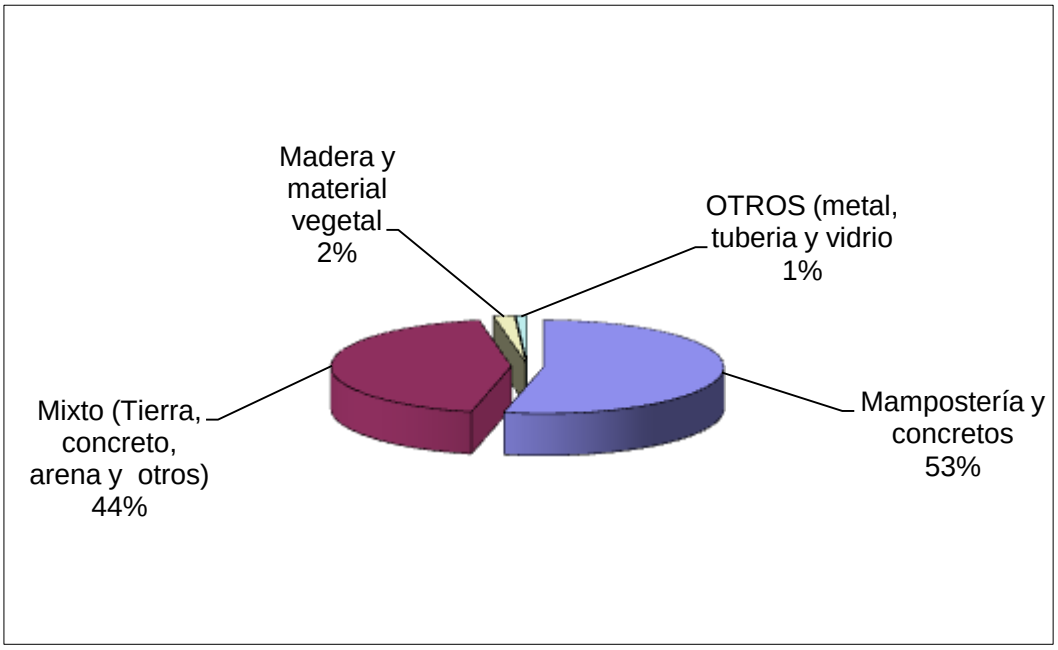
Una vez preparadas las muestras, se procedió a clasificar los residuos que la componían, separándolos según las clases definidas en la tabla 3.

Tabla 3. Caracterización de material de escombro encontrado en la escombrera del municipio de Tuluá, año 2013.

PRODUCTO	CANTIDAD	
Mampostería y concretos	1620	Mt3
Mixto (Tierra, concreto, arena y otros)	1320	Mt3
Madera y material vegetal	56	Mt3
OTROS (metal, tubería y vidrio	30	Mt3
TOTAL	**3026**	**Mt3**

Fuente: autora

Gráfico 1. Caracterización porcentual de los materiales de escombros en el municipio de Tuluá.



Fuente: autora.

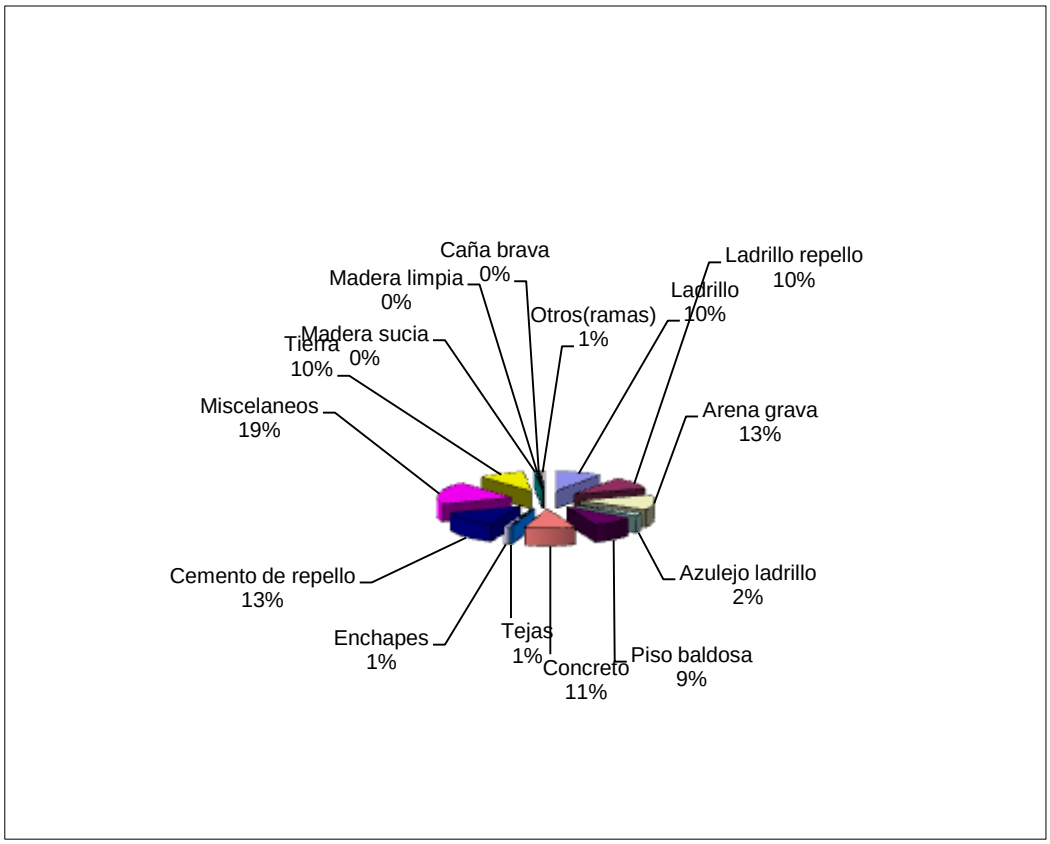
Teniendo en cuenta la cantidad de residuos sólidos y su composición se puede determinar cuáles de ellos pueden ser recuperables según su composición física y química establecida en la tabla 4.

Tabla4. Determinación de materiales de escombros reciclables en la escombrera del municipio de Tuluá, año 2013.

PRODUCTO	CANTIDAD		MIXTO	RECICLABLE	MATERIAL VEGETAL
		Mt3			
Ladrillo	300	Mt3		X	
Ladrillo repello	313	Mt3		X	
Arena grava	380	Mt3		X	
Azulejo ladrillo	60	Mt3		X	
Piso baldosa	273	Mt3		X	
Concreto	332	Mt3		X	
Tejas	18	Mt3		X	
Enchapes	29	Mt3	X		
Cemento de repello	393	Mt3	X		
Misceláneos	575	Mt3	X		
Tierra	303	Mt3	X	X	
Madera sucia	10	Mt3		X	X
Madera limpia	7	Mt3		X	X
Caña brava	8	Mt3		X	X
Otros(ramas)	25	Mt3		X	X

Fuente: autora.

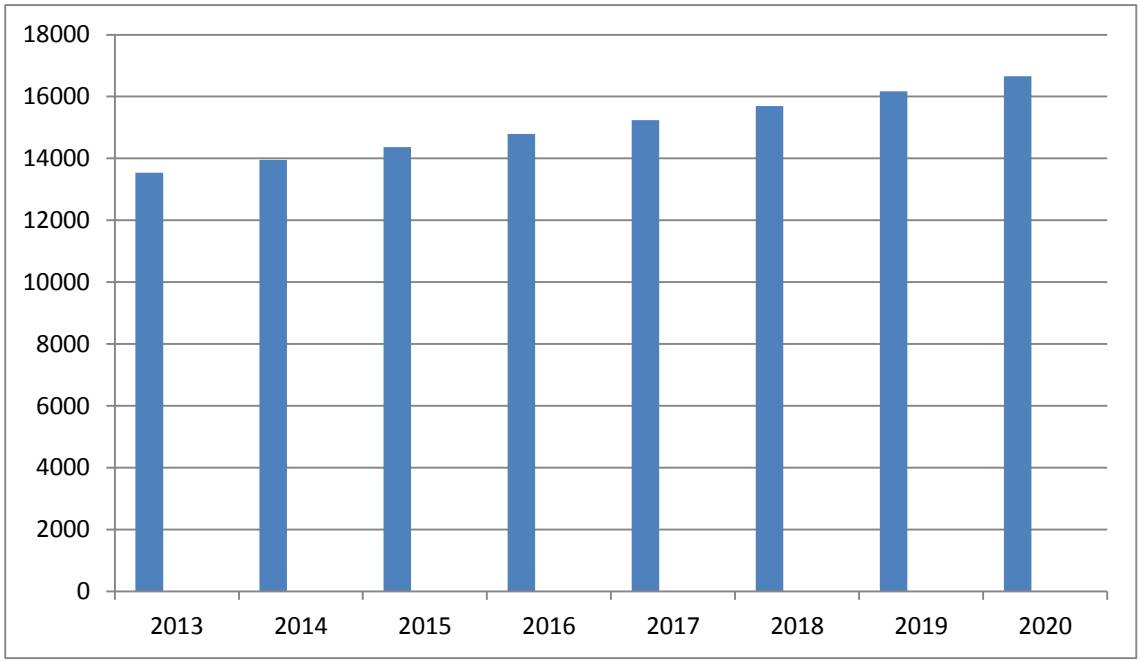
Gráfico 2. Caracterización porcentual de materiales de escombros reciclables en el municipio de Tuluá.



Fuente: la autora.

Como datos complementarios y válidos en la obtención de información que establezca que la producción de escombros en el municipio de Tuluá es significativa y que amerita el establecimiento de una zona de establecimiento de alternativas para su transformación, a continuación en la tabla 5, se puede observar las proyecciones de generación de materiales de escombros realizadas por la autoridad ambiental para el municipio de Tuluá.

Figura 1. Proyección CVC del volumen de escombros desde el año 2013 al 2020 en el municipio de Tuluá, en metros cúbicos (m3) por cada año proyectado.



Fuente: Corporación autónoma regional del Valle del Cauca. 2013.

Por otro lado, se tienen los siguientes datos recolectados en la escombrera municipal del municipio de Tuluá, en la cual se recibieron en total las siguientes cantidades de escombros en los meses descritos a continuación en la tabla 5 y tabla 6 durante el 2013 y lo que va del 2014.

Tabla 5. Cantidad de material de escombro recibido por la escombrera municipal de Tuluá, ubicada en el corregimiento de Aguaclara durante el año 2013.

MESES DEL AÑO 2013	CANTIDAD EN METROS CÚBICOS m³
Mayo	269.5
Junio	315
Julio	584
Agosto	536
Septiembre	687
Octubre	702
Noviembre	737
PROMEDIO	**547.2**
TOTAL	**3830.5**

Fuente: formato de registro de recepción de material de escombros ficha técnica relación de material recepcionado y depositado en el circuito de escombrera municipal de Tuluá (Valle del Cauca). SEDAMA 2013.

Tabla 6. Cantidad de material de escombro recibido por la escombrera municipal de Tuluá, ubicada en el corregimiento de Aguaclara, durante el año 2014.

MESES DEL AÑO 2014	CANTIDAD EN METROS CÚBICOS m³
Enero	320
Febrero	445
Marzo	510

Fuente: formato de registro de recepción de material de escombros ficha técnica relación de material recepcionado y depositado en el circuito de escombrera municipal de Tuluá (Valle del Cauca). SEDAMA 2013.

Con los datos anteriores y las proyecciones realizadas por la autoridad ambiental CVC frente a la generación de escombros en el municipio de Tuluá, se observa que las cantidades de escombros dispuestas en la escombrera municipal son mucho menores a las proyectadas; esto se puede presentar por subregistro o inadecuada forma de realizar la cuantificación de estos materiales; la disposición de estos materiales de escombros en múltiples fosos de predios privados en el mismo corregimiento de Aguaclara, la cual es una zona de ladrilleras y tejares, que extraen arcilla de estos suelos y generan un impacto ambiental como lo es la pérdida de su estructura natural y composición, creando en estos predio huecos o fosos que se rellenan con escombros que ingresan en carretillas, volquetas y camionetas; también la inadecuada disposición de estos materiales en zonas prohibidas como las orillas de los ríos, lotes vacíos, zonas rurales, orillas de calles y carreteras, orilla del ferrocarril, entre otros. Por lo tanto, se puede establecer que las cantidades de materiales de escombros pueden ser muy cercanas a las proyectadas por la autoridad ambiental si te tienen en cuenta los factores anteriormente mencionados. Igualmente se deben tener en cuenta para determinar la viabilidad de establecer una zona de transformación en el municipio de Tuluá, a partir de su real generación, pues se debe tener el suficiente material de escombros para procesar y generar materiales reciclados a partir de estos en cantidad y calidad que justifique su adopción en el control de esta problemática.

Por otro lado, se sabe y se tiene establecido por la autoridad ambiental que el circuito de escombreras en el municipio de Tuluá está compuesta por 4 fosos, que quedaron reducidas a 3, pues uno de estos fosos se estableció como humedal por la misma autoridad ambiental (foso 3), pues se encontró en este características que lo acreditaban como dicho ecosistema, por lo tanto se procedió a su encierro y protección por parte del municipio de Tuluá en cabeza de la SEDAMA. El circuito de escombreras entonces quedó conformado por los siguientes fosos y se tiene determinado su vida útil como se muestra en la tabla 7.

Tabla7. Fosos del circuito de escombrera en el municipio de Tuluá, capacidad de recepción de materiales de escombros y vida útil.

N° FOSO	SUPERFICIE (m^2)	CAPACIDAD (m^3)	VIDA ÚTIL (años)
1	17.557.45	29.278	3.5
2	9512.41	21.873	1.5
4	6.147.40	12.335	0.80

Fuente: Resolución 388 de 2002 expedida por la CVC.

Como se puede observar, la vida útil de estas escombreras es muy corta, y teniendo en cuenta la dificultad para encontrar sitios adecuados para establecer tanto escombreras como rellenos sanitarios, se hace viable promover e implementar tecnologías que permitan aumentar la vida útil de estos sitios a partir de la disminución de la presión ejercida sobre estos

6.2 PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS AL MATERIAL RECICLADO DE ESCOMBROS PARA DETERMINAR SUS PARÁMETROS TÉCNICOS EN LA ELABORACIÓN DE MATERIALES A PARTIR DE ESTOS.

A nivel ambiental son más que obvios los beneficios de la transformación de materiales de escombros en materiales reciclados para construcción, pues esta práctica ayuda y contribuye a disminuir la presión sobre zonas verdes, laderas de ríos, paisaje, disminución de roedores y vectores generadores de problemas en la salud pública, conservación de recursos naturales, entre otros.

No obstante, se debe determinar la viabilidad técnica de este tipo de materiales reciclados, a partir de análisis o pruebas de laboratorio que establezcan que estos cumplen con los parámetros para este fin establecidos por la normas de sismoresistencia en nuestro país NSR 98, numerales C y D sobre concretos y mampostería, para lo cual se requiere una capacidad de resistencia al esfuerzo de la compresión a los 28 días de edad de este concreto.

A continuación se muestran los análisis acerca del comportamiento físico y mecánico de un concreto cuyos agregados (arena, grava, etc) han sido reemplazados en su totalidad por agregados transformados de materiales de escombros. El procedimiento que se empleó para este fin se describe a continuación:

A. Selección de tres tipos de escombros:

- Concreto resultante de una demolición de una casa.
- Ladrillo y mortero de pega resultante de una demolición de una casa.
- Materiales cerámicos tales como baldosas, azulejos, etc.

Luego se procedió a triturarlas por separado, empleando una máquina trituradora de quijadas graduada para un tamaño máximo de 3/8” de trituración. Una vez se trituró el material se separó dependiendo su tamaño en grueso y fino, tomando como agregado grueso aquel que queda retenido en la malla tamiz N° 4 y como fino el material que pasa por la misma malla tamiz, según los parámetros técnicos de agregados para concreto NSR 98. Seguidamente se realizaron las pruebas correspondientes tanto de los agregados reciclados como para el del cemento (control). El cemento que se utilizó para este trabajo fue cemento Portland tipo 1 que se adquiere en cualquier ferretería de la ciudad.

6.2.1. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS.

- **Objetivo:** establecer el método para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso y fino.

- **Definiciones.** Para los efectos se establecen las siguientes definiciones:

Densidad nominal: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado. Con exclusión de sus poros saturables y no saturables

Densidad aparente: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, incluyendo sus poros saturables y no saturables.

Peso unitario del agregado saturado y de superficie seca: Relación entre el peso, en el aire, de el volumen formado por las partículas del agregado con sus poros saturados de agua, y el peso de igual volumen de agua destilada, libre de gas a la misma temperatura.

Absorción: Cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido durante 24 horas en ésta, expresada como un porcentaje de la masa seca.

Peso específico aparente seco: Relación entre el peso en el aire del agregado seco y el volumen de las partículas incluyendo sus poros naturales

- **Materiales**

Balanza: Debe tener una capacidad mínima de cinco kilogramos o más y permitir la medida de la masa con una aproximación.

Canasta de alambre: Debe ser construida con malla de alambre de aberturas comprendidas entre 2mm y 4mm. Sus dimensiones aproximadas deben ser 200mm de diámetro y 200 mm de altura. Debe tener un dispositivo adecuado para que pueda ser suspendida del centro del platillo de la balanza.

Recipiente para la inmersión de la canasta: Debe tener forma y dimensiones adecuadas para la inmersión total de la canasta en el agua.

- **Preparación de la muestra.** Se toma aproximadamente 5000 gr. del agregado y por el método de cuarteo se selecciona de 500 a 1000gr.

Método de cuarteo: Este método se puede realizar de dos formas; una manual y otra con máquina de cuarteo. Para la elaboración de este laboratorio se realizó de la segunda forma, la cual consiste en una máquina que está dividida en varias secciones y que permite que la muestra se fragmente en dos, quedando homogénea.

- **Procedimiento.** Se lavan cuidadosamente los componentes de la muestra para eliminar el polvo o el material adherido a sus superficies y se sumergen en agua durante 24 horas. Luego se saca la muestra del recipiente y se envuelve en una toalla hasta que sean eliminadas las películas visibles de agua en las superficies de los componentes de la muestra, teniendo en cuenta que los componentes grandes deben secarse individualmente. Durante el secado debe evitarse la evaporación.

Después de medir la muestra, esta se coloca en el estado de saturación interna y seca superficialmente en la canasta de alambre y se determina su peso sumergida en agua, a una temperatura de 20 a 25 ^{o}C.

Se introduce la muestra a un horno a una temperatura entre 100 ^{o}C y 110 ^{o}C hasta que su masa sea constante. Se deja enfriar hasta la temperatura ambiental entre 20 y 25 ^{o}C y se determina su masa.

A continuación se muestran los resultados más relevantes de los ensayos practicados a los agregados reciclados y los agregados naturales para la mezcla que sirvió como control.

6.2.1.2 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS

Muestra	% de absorción
Control	3,75
Concreto reciclado	7,21
Mortero y ladrillo reciclado	5,65

Fuente: Pruebas realizadas en el laboratorio Univalle.

6.2.1.3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS

Muestra	% de absorción
Control	1,86
Concreto reciclado	5,91
Ladrillo y mortero reciclado	14,97

Fuente: Pruebas realizadas en el laboratorio Univalle.

Como se observa en los valores obtenidos en la pruebas los agregados finos reciclados tienen una menor densidad aparente seca comparada con el agregado de control (arena). También se observa una mayor absorción de agua por parte de los agregados finos reciclados en comparación con el agregado control.

Los agregados gruesos reciclados tienen un porcentaje de absorción muy elevado respecto al agregado de control (grava), notándose en las partículas de la mezcla de ladrillo y mortero de pega los más altos porcentajes; por otra parte, estos agregados reciclados presentan gran porosidad, lo cual es lógico pues al presentarse esta situación tiene más poder de absorción.

6.2.1.4. RESULTADOS DE LAS MEZCLAS AL ESFUERZO DE LA COMPRESIÓN

Se prepararon varias mezclas con una relación agua/cemento (A/C) de 0,488 por resistencia (norma de sismoresistencia NSR98). Luego, estas mezclas fueron secadas para observar el comportamiento de la mezcla fresca y la concordancia con los elevados porcentajes de absorción presentados por los agregados reciclados. En ninguna de las mezclas se utilizaron agentes inclusores de aire, ya

que se trata de preparar concretos lo más estándar posible en el campo de la construcción, donde los aditivos especiales son usados con poca frecuencia. Para el análisis económico se trabajó una relación A/C de 0,45.

En todas las mezclas, a excepción de la de control, tanto el agregado fino como el grueso fueron sustituidos en su totalidad por material agregado reciclado.

6.2.1.5. RESISTENCIA AL ESFUERZO DE COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES DE OS AGREGADOS

Muestra	7 días (MPa)	28 días (MPa)
Control	14,12	21,56
Reciclado concreto	13,90	21,53
Reciclado ladrillo y mortero	10,24	17,45

Fuente: Pruebas realizadas en el laboratorio Univalle.

6.3 DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DE ESCOMBROS.

De acuerdo a todo lo planteado anteriormente, se procede a presentar la alternativa más viable, que implantada de manera eficiente, ayudará a solucionar la problemática de escombros que vive el municipio de Tuluá y si se adopta este modelo en su área de influencia como lo es Buga, Riofrío, Bugalagrande, Andalucía, Trujillo, entre otros.

6.1.1 Estaciones de transformación (EDT). Las estaciones de transformación EDT son edificaciones diseñadas arquitectónicamente para construirse en cualquier sitio de la ciudad, técnicamente equipadas y dotadas de controles ambientales para ruido y material particulado, donde los escombros son llevados por vehículos de mediana capacidad (menor o igual a una tonelada), para ser almacenados temporalmente, procesar el material reciclable y ser transportados en vehículos de mayor capacidad hacia los sitios de disposición final. **Ver anexo G**.

La estación de transformación se debe ubicar sobre el área urbana en caso de ciudades grandes o medianas; para este trabajo el municipio debe tener una EDT para lograr los siguientes objetivos:

- Facilitar el acopio de escombros residenciales acortando distancias de recolección.
- Disminuir el tránsito de tracción animal sobre vías principales y en horas de alto tráfico vehicular.
- Evitar los impactos ambientales generados por la diseminación de escombros sobre la ciudad.
- Aumentar la eficiencia en la recolección de escombros (mejor servicio).
- Normalización y normatización de los mecanismos de recolección y transporte.

- **Criterios de elección de sitios de EDT.** Para le elección de sitios de EDT se deben de tener en cuenta los siguientes factores[16]:

  - Área disponible
  - Trazado del lugar (geometría)
  - Vías de acceso e impactos sobre el tráfico.
  - Zonificación (área a servir)
  - Tenencia del lote
  - Uso actual y potencial del suelo según plan de ordenamiento territorial POT del municipio.

Imagen 1. Vista de una planta de transformación de materiales de escombros.

Fuente: Una visión ambiental para beneficiar los escombros de construcción. Muestra de construcción sostenible. Biocasa. Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. Santiago de Cali 2010.

---

[16] ALCALDÍA SANTIAGO DE CALI; DAGMA; ESCALI. Manejo y control de escombros en Santiago de Cali. Pág. 18

- **Caracterización de las estaciones de transformación.** Las EDT para un municipio como Tuluá, cubren un área mínima de 1500mts^2 equipadas de la siguiente manera:

- Fachada de entrada.
- Bahía de acceso de vehículos de carga
- Caseta de control de entrada.
- Oficinas
- Baterías sanitarias
- Zona de recepción de escombros o área de descargue
- Zona de bandas transportadoras.
- Zona de almacenamiento y trituración de material vegetal (madera)
- Zonas de cargue (tolvas)
- Zona de almacenamiento de materiales como vidrio, papel, hierro, latas de pintura, etc.
- Zona de primeros auxilios
- Zona para maniobra de volquetas
- Zona de parqueo para vehículos automotores pequeños
- Zona de parqueo alimentación de equinos y almacenamiento de estiércol.
- Herramental.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Cubierta o techo (la EDT es un sitio cerrado)
- Filtro de mangas para control de polvo.
- Zonas de aislamiento temporal.
- Planta eléctrica de emergencia.

- **Operación de una EDT.**

Cuadro 3. Clasificación de materiales que recibe una EDT.

MOMPOSTERIA	MATERIAL MIXTO	OTROS
Concreto, ladrillo, baldosa, azulejo, mortero, tejas, cerámica.	Mezcla de tierra, arena, grava, pedazos pequeños de ladrillo, azulejo, cerámica.	Pedazos de PVC, madera, baldosas de cemento, cables, vidrio, hierro, aluminio, caña brava, tarros de pintura, bolsas de cemento.

Materiales que no se incluyen en este listado no serán recibidos en la EDT ni en el sitio de disposición final y será responsabilidad del usuario su adecuada disposición.

- **Operación interna.** Los vehículos de tracción animal o motor que recogen los escombros fueron adecuados para operar dentro de la EDT. Una vez el vehículo sale a recoger un viaje de escombros en los horarios establecidos y por rutas alternas a las vías principales en su zona de operación, el transportador cargará su vehículo haciendo una selección previa. Una vez llega a la EDT, esta posee cinco puertas de recepción de escombros (dos para material mixto, una para material reciclable o de mampostería limpia, una para material vegetal y maderas y una para tierra).

- **identificación del vehículo recolector de escombros.** Los vehículos transportadores se identificaron de la siguiente manera:

La carretilla estará pintada con los colores establecidos por la secretaría de tránsito y transporte de la ciudad. Cada carreta portara una placa de identificación en la parte trasera.

La volqueta y la carretilla llevaran conos o señales de tránsito y prevención de colores reflectivos, que deberán usar en el lugar donde realice el cargue de los escombros indicando que se está desarrollando una labor.

El vehículo recolector deberá cumplir con la resolución 541 de 1994 del Ministerio de Desarrollo con respecto al cargue y descargue de escombros.

Fotografía 1. Descargue de escombros en el corregimiento de Aguaclara (Tuluá).

Fuente: la Autora

- **Identificación del carretillero o volquetero como transportador de la EDT.** Todo empleado de la EDT antes de ejecutar una acción de recolección debe:

- Presentarse ante el usuario mostrando un carnet que los acredita como transportador de la EDT, el carnet tendrá una fotografía y sello de la empresa.

- El carretillero usara uniforme y chaleco reflectivo.
- Las volquetas y en general los vehículos automotores deberán tener en la parte trasera una señal reflectiva o una luz roja.

➢ **Horarios de recolección.** Las carretillas no están autorizadas para la recolección de escombros en las horas de la noche, por lo tanto se considera prestar el servicio en los siguientes horarios.

Lunes a Viernes: de 8:30 - 11:30 AM y de 2:30 - 5:00 PM

Sábados: de 8:00AM,- 2:00PM

➢ **Operación externa o de usuarios.** Para obtener los servicios de estación de transformación y escombros se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Llamar a la línea de información donde el usuario dará su información, con ella la cantidad aproximada de escombros que se debe disponer.

2. Una operadora contestara e informará el número del vehículo que irá a efectuar la recolección, el tipo de vehículo dependerá del volumen de escombros a disponer.

3. El usuario podrá identificar el vehículo transportador (carretilla, camioneta, volqueta) pues el conductor utilizará el uniforme y portará como distintivo un carnet, adicionalmente la carretilla tendrá los colores autorizados por la oficina de tránsito y transporte.

4. El carretillero solicitará al usuario firmar la autorización donde se indicará el número de viajes realizados. Si el usuario no firma la autorización el servicio no será prestado. Cumplido este requisito procederá al paso siguiente.

5. El encargado de la recolección procede a cargar los escombros separadamente. Para ello la carreta podrá ser dividida en varias partes y así evitar la mezcla de los residuos. La carreta cumplirá con lo establecido en la resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente.

Lista de algunos elementos de la construcción que se pueden realizar a partir de escombros

En general se puede elaborar cualquier tipo de elementos siempre y cuando no estén sometidos a un gran peso.

Alguno de los elementos que pueden hacerse a partir de escombros transformados son:

- Agregados para la construcción
- Losas suaves
- Elementos Prefabricados: bloques, tejas, tubos, lavaderos, sillas, etc.
- Partes de cerámica
- Andenes
- Monumentos
- Bases para carreteras
- Cementantes, adiciones activas o inertes y estucos.
- Adobes estabilizados, ladrillos sílicocalcareos, ladrillos cerámicos
- Se recuperan madera, metales, papel, plásticos y vidrio

Imagen 2. Materiales reciclados a partir de transformación de escombros.

Fuente: Fuente: Una visión ambiental para beneficiar los escombros de construcción. Muestra de construcción sostenible. Biocasa. Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. Santiago de Cali 2010.

Imagen 3. Bloques de construcción a partir de materiales transformados de escombros.

Fuente: Fuente: Una visión ambiental para beneficiar los escombros de construcción. Muestra de construcción sostenible. Biocasa. Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. Santiago de Cali 2010.

Imagen 4. Gravas recicladas a partir de materiales de escombros transformados utilizadas en caminos de parques.

Fuente: Fuente: Una visión ambiental para beneficiar los escombros de construcción. Muestra de construcción sostenible. Biocasa. Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. Santiago de Cali 2010.

Imagen 4. Materiales recuperados de ladrillos transformados de materiales de escombros.

Fuente: Fuente: Una visión ambiental para beneficiar los escombros de construcción. Muestra de construcción sostenible. Biocasa. Ing. Alejandro Salazar Jaramillo. Santiago de Cali 2010.

7. CONCLUSIONES

- La ciudad de Tuluá enfrenta en la actualidad un deterioro progresivo de algunos espacios públicos como lo son zonas verdes, cuerpos de agua, lotes vacíos de engorde, parques, carreteras, zonas aledañas a vías férreas y ecosistemas naturales terrestres y acuáticos, entre otros, causado por la indiscriminada disposición final inadecuada de materiales de escombros.

- La disposición final de los escombros en el municipio de Tuluá es realizada principalmente por carretilleros y volqueteros, los cuales cobran por este servicio a los generadores de escombros como lo son las demoliciones, remodelaciones y construcción de viviendas, locales comerciales, bodegas, entre otros.

- Los principales materiales de escombros que componen este tipo de residuo en el municipio de Tuluá son fragmentos de tejas, partes de concreto demolido como morteros, ladrillos, repello, azulejos, caña brava, tubería de PVC, tierra, arena, grava y en menor cantidad adobe, bahareque y enchapes.

- La producción de escombros promedio mensual en el municipio de Tuluá durante los meses que se obtuvo registros en la escombrera municipal en el año 2013 y sólo el primer trimestre del año 2014 es de 450 metros cúbicos; este valor no coincide con las proyecciones realizadas por la autoridad ambiental CVC para el año 2013, la cual es de 12.000 metros cúbicos; probablemente esto se debe al subregistro que existe pues existen muchos sitios donde se disponen escombros que no están autorizados como lo son terrenos privados que sus propietarios quieren rellenar, lotes vacíos, orillas de carreteras y ríos, zonas verdes, parques, entre otros.

- Los escombros son un material de bajo costo y apropiados técnicamente para incrementar los niveles de la construcción de viviendas de interés social y otro tipo de obras en los cuales se han utilizado satisfactoriamente, además de presentar valores de resistencia aceptados por la norma nacional de sismoresistencia NSR98.

- Los registros de generación de escombros aportados por la SEDAMA y CVC demuestran la elevada producción de escombros en la ciudad de Tuluá y la necesidad de disminuir los volúmenes de escombros y aprovechar este material como una fuente de recursos.

- La utilización de material de escombros en la elaboración de productos para la construcción es una alternativa viable ya que tanto como técnica y económicamente pueden competir en el mercado con los materiales convencionales. Desafortunadamente en nuestro medio son muy pocas las obras, proyectos o entidades tanto públicas como privadas que hacen transformación de estos.

- En nuestro medio y más concretamente son muy escasas las plantas de transformación de materiales de escombros y la realización de estudios que indaguen y hagan pruebas exhaustivas cada vez más completas acerca de la transformación y usos de este tipo de residuos sólidos especiales.

- Las estaciones o centros de transformación de materiales de escombros son una alternativa viable a nivel ambiental y económico, pues la inversión económica que se debe realizar es poca frente al impacto ambiental que se genera tras la gestión de estos residuos sólidos especiales, por lo cual se deben tener como alternativas para municipios y autoridades ambientales.

8. RECOMENDACIONES

- En el municipio de Tuluá y su área de influencia, se deben implementar alternativas de transformación de materiales de escombros, pues esta problemática no se soluciona sólo con tener un circuito de escombreras municipales autorizadas por la autoridad ambiental, puesto que la generación de escombros cada día se hace más intensa; por lo tanto los procesos de transformación son más viables a nivel ambiental, económico y de planeación urbana.

- Para el manejo y control integral de los escombros en Tuluá y su zona de influencia se propone a los municipios implementar modelos de gestión basados en Sistemas de Estaciones de transformación, E.D.T. En estas E.D.T permanecerán disponibles los vehículos recolectores para atender el llamado de los usuarios y acudir a recoger a domicilio, eliminando el continuo deambular de carretillas que se observa hoy día por toda la ciudad. Así mismo, las E.D.T. están dotadas de un área de procesos donde los escombros son separados y seleccionados, dejándose listos para su reutilización, reciclaje o destinación última.

- Es deber primordial de cada municipio realizar estudios que permitan verificar la situación actual ambiental en cuanto a la producción y posterior disposición final de escombros, con el fin de establecer un diagnóstico que ayude a encontrar una solución viable y adecuada a este grave problema ambiental.

- Es necesario una organización y programación de las demoliciones, remodelaciones, construcciones, entre otros, en todos los municipios, planeando las actividades y promoviendo una selectividad, inspección y

selección de los materiales según sus características. Esto elimina la probable contaminación de los agregados, disminuye el tiempo de separación y es una muy buena alternativa para evitar la contaminación por medio de escombros.

- Se deben generar campañas más amplias a nivel de todos los actores involucrados en la generación de escombros por parte de los municipios, pues se observa que sólo se mira a los carretilleros como el gran problema, cuando este realmente empieza desde la generación de estos en las obras de construcción, demolición, adecuación, entre otros.

- Antes de utilizar cualquier producto elaborado a partir de escombros se debe realizar un estudio de durabilidad de los concretos, morteros, bloques, entre otros, con el fin de prever el comportamiento de estos durante su vida útil ya que la durabilidad y calidad esperada en una obra es cada vez más importante.

- Se recomienda a los municipios rebajas tributarias a los que utilicen y fabriquen elementos con material de reciclaje, quienes dispongan de áreas para estaciones de transformación y para sitios de disposición final de material no reciclable.

- Se deben realizar por parte de los municipios y sus instituciones ambientales, autoridades ambientales, universidades y centros de investigación tanto públicos como privados, más estudios sobre materiales de escombros y la generación de agregados a partir de estos, pues los estudios que existen en nuestro medio no son profundos y exhaustivos y no incluyen todo el universo de variables y situaciones diversas en esta temática tratada.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, Fernando. Reciclaje de pavimentos flexibles con adición de cemento. [En línea]. CONSTRUDATA. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en:< http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/reciclaje_de_pavimentos_flexibles/reciclaje_de_pavimentos_flexibles.asp>.

- ALCALDÍA MUNICIPAL SANTIAGO DE CALI. Manejo integral de escombro. 1998. 15 p.

- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND. Datos estadísticos 2012. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en:< http://anuario2012.afcp.org.ar/index.php?IDM=19&mpal=4&alias=>.

- BANCO INTERAMERIANO DE DESARROLLO. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales. 1997. ll-13p

- CAMARASA CANO. ROSA. Manual Práctico de Reciclaje. Barcelona. Natural S: A.2000.143-150p.

- ELJAIEK URZOLA, Mónica, QUIÑONES BOLAÑOS, Edgar y MOUTHON BELLO, Javier. Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena – Colombia. [En línea]. Citado el 15 de febrero de 2014. Disponible en: < http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Aprovechamiento%20de%20los%20escombros%20generados%20en%20actividades%20de%20demolici%C3%B3n%20de%20placas%20de%20pavimento%20en%20Cartagena%20-%20Colombia.pdf>. 2011.

- FERREIRA DIAZ, Juan Sebastián. Aprovechamiento de escombros como agregado no convencionales en mezclas de concreto. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías Trabajo de grado Ingeniero Civil. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: < http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/679/1/digital_18472.pdf>. 2009.

- GUARÍN CORTÉS, Nataly Lorena, *et al.* Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_17.pdf>.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación: Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Sexta actualización. Bogotá D.C: ICONTEC, 2008.

- LORA, FEDERICO y MIRO, Juan. Técnicas de Defensa del Medio Ambiente. Madrid: Cabor S: A, 1978.613.625p.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Decreto 357.1996. 27 p.

- MUÑOZ T, Adolfo L. y Cortes C, José M., Reciclaje de Escombros de Construcción y Residuos Industriales, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 1995.

- PADILLA HERNÁNDEZ. Eduardo, Tratado de derecho ambiental. Santa fe de Bogotá. Librería del profesional S: A, 1999. 172p.

- Resolución 541 de Diciembre 14 de 1994, Ministerio del Medio Ambiente, Santafé de Bogotá, 1994.

- RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. [En línea]. Citado el 10 de febrero de 2014. Disponible en: < http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>. 2006-2007.

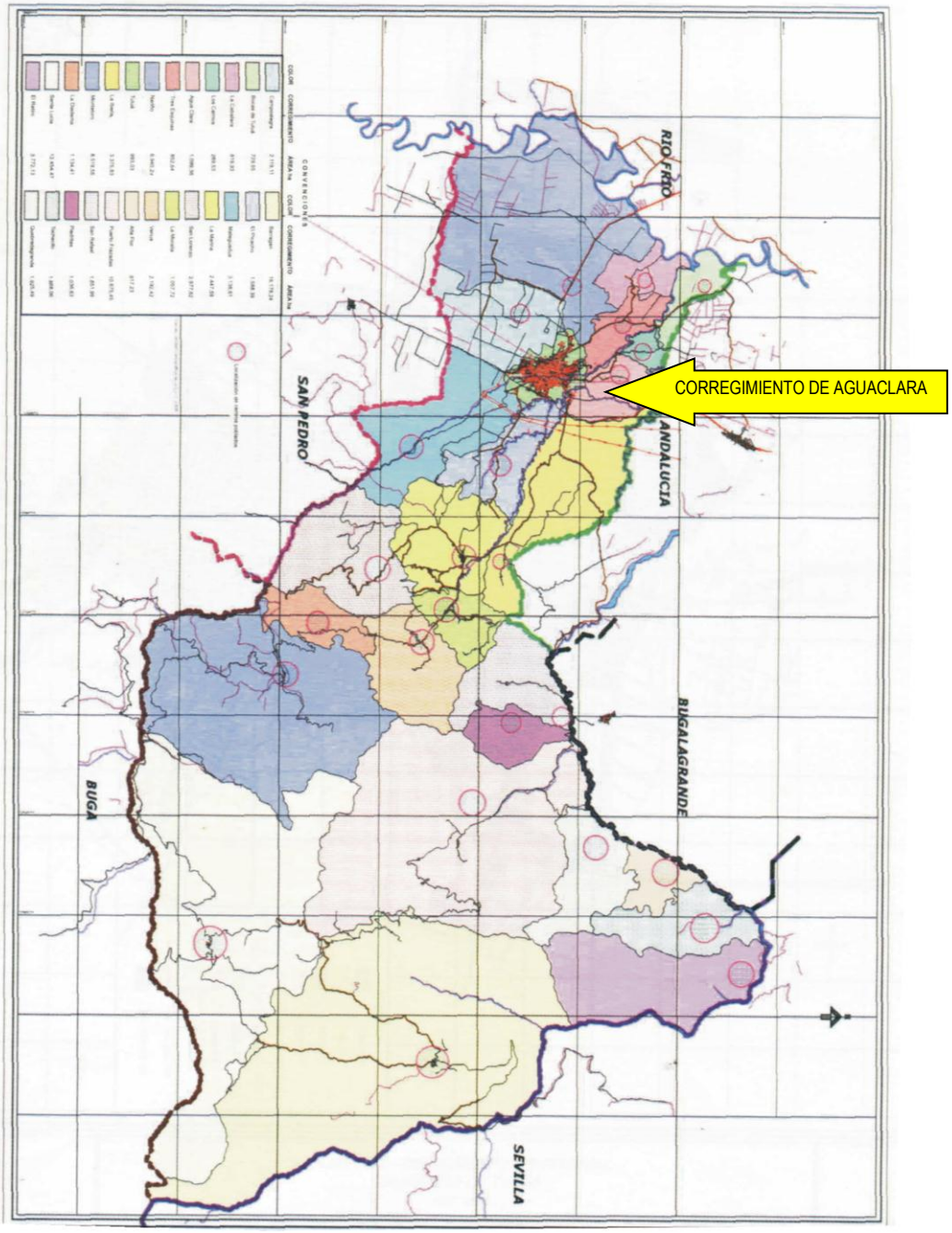
- SABINO. CARLOS A. Como hacer una Tesis y Elaborar toda Clase de Trabajos Escritos, Santa Fe de Bogotá: editorial Panamericana, 1996. 106 - 112 p.

- TCHOBANOGLOUS. George. THEISEN, Hilary.VIGIL, Samuel Gestión Integral de Residuos Sólidos. Madrid. Me Graw Hill, 1994.p 848-849.

- VELASCO LÓPEZ, Luis Miguel. Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición. UTP. Ciencias Ambientales, Administrador Ambiental. [En línea]. Citado el 11 de febrero de 2014. Disponible en: < http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1293/1/363737V433.pdf

ANEXOS

Anexo A. Ubicación del corregimiento de Aguaclara donde se encuentra establecido el circuito de escombreras del municipio de Tuluá.



Fuente	Escala	Año	Contiene:
Planeación Municipal	1 - 100.000	2000	MAPA POLITICO ADMINISTRATIVO DE TULUA

Anexo B. Tabulación del análisis granulométrico en laboratorio.

Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Materiales

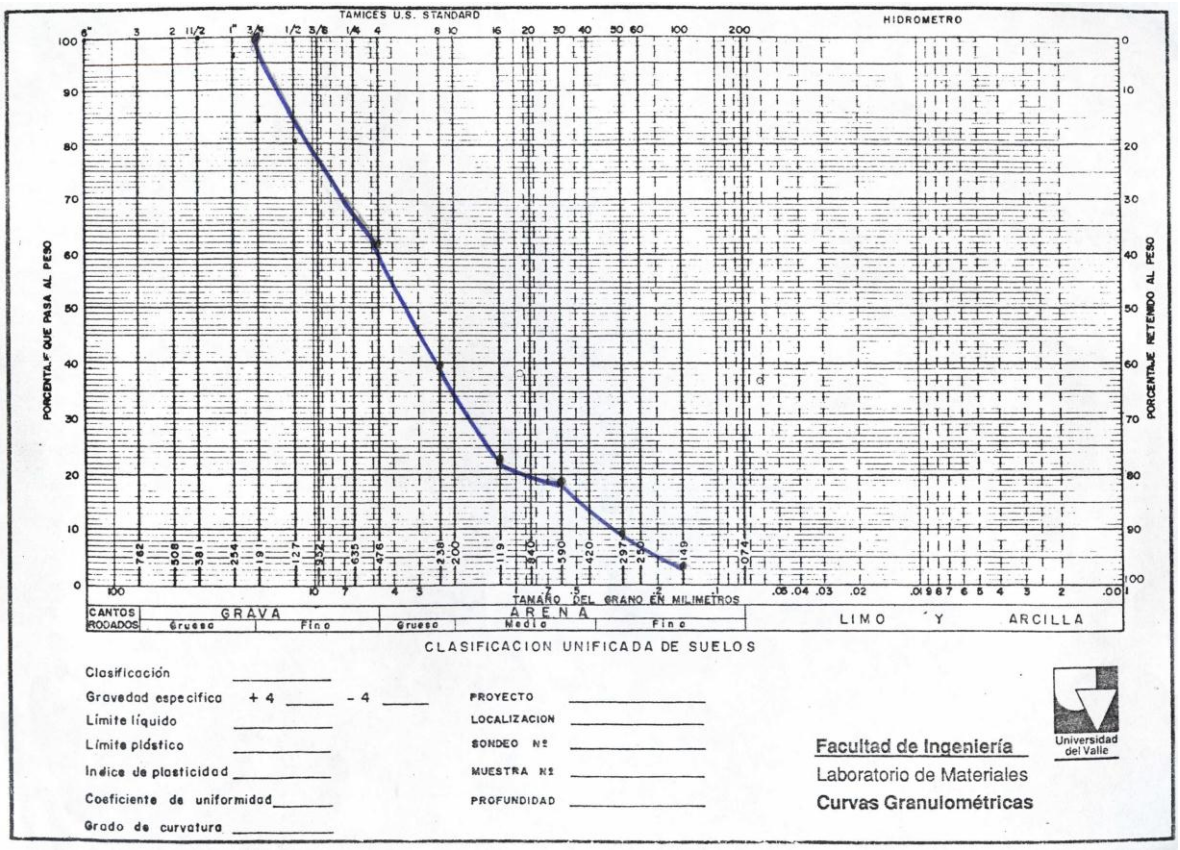
Universidad del Valle

A N Á L I S I S G R A N U L O M É T R I C O

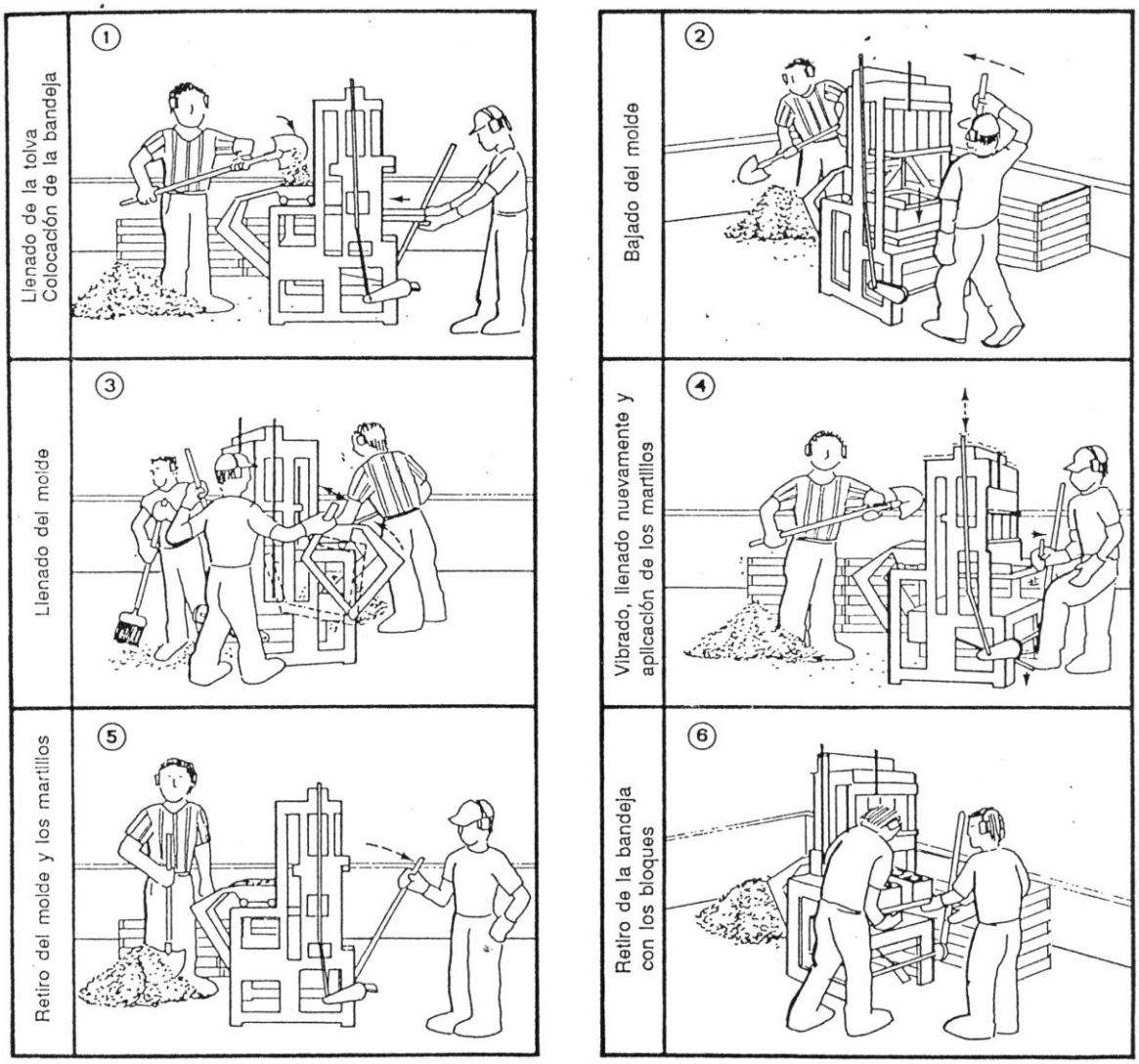
TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3 / 8	0	0	0	100
4	261.8	38.6	38.6	61.1
8	181.1	26.8	65.4	34.3
16	79.55	11.7	77.1	22.64
30	54.34	8.04	85.14	14.6
50	46.40	6.87	92.01	7.73
100	30.14	4.46	96.47	3.27
Fondo	22.1	3.27	99.74	0

Muestra tomada de la fabricación del bloque Universidad del Valle

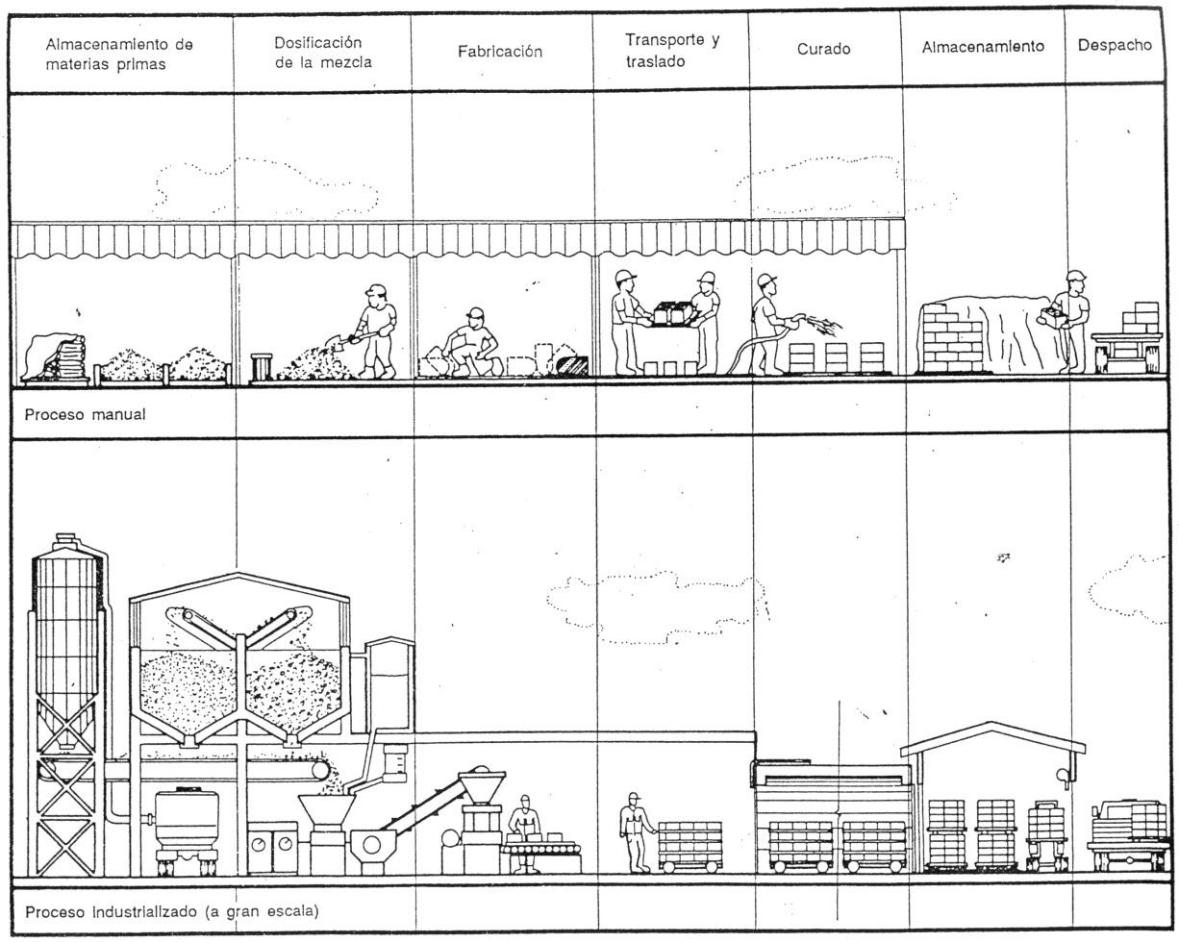
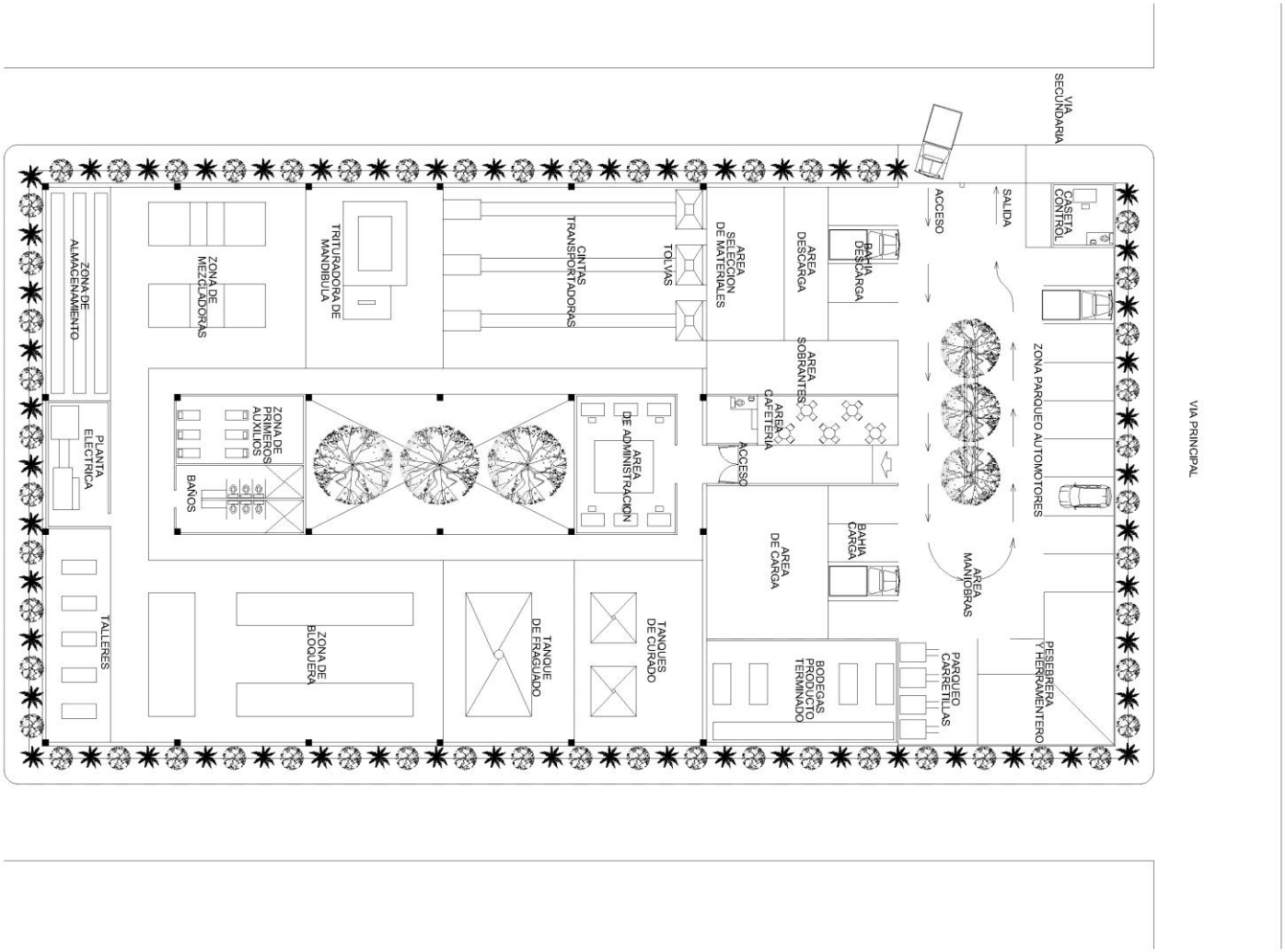
Anexo C. Gráfico Análisis Granulométrico



Anexo D. Pasos a seguir en la Elaboración de Bloques



Anexo E. Esquema comparativo de los procesos de fabricación de bloques



Anexo F. Esquema tipo de centro de transformación del material de escombro para el Municipio de Tuluá.