



Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra

**Yeimmy Rocío Martínez Ussa
Johan Enrique Poveda**

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Bogotá, Colombia
2015

Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra

**Yeimmy Rocío Martínez Ussa
Johan Enrique Poveda**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Arquitecto

Director:

Arquitecto José Alcides Ruiz

Línea de Investigación:

Hábitat Tecnológico y Construcción

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Ciudad, Colombia

2015

Lema

“Invierte en conocimiento. Si tienes un momento muerto, aprende algo nuevo y habrá cobrado vida.”

Anxo Pérez

Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias, porque fueron ellos los garantes incondicionales en el transcurso estudiantil, con los que logramos sobrepasar todas las dificultades, y así finalmente alcanzar nuestra meta académica de ser profesionales, devolviendo todo este esfuerzo material e inmaterial a estos maravillosos seres humanos que nos dieron la mano durante estos años, ya que gracias a su compañía y apoyo encontramos la iluminación que nos guio por el camino de la sabiduría-

Resumen

El tema central de la investigación es el reciclaje, clasificación, y posterior reutilización de los residuos de construcción y Demolición (RCD), para la elaboración de un prototipo de adoquín que funcione dentro de un proyecto arquitectónico como un elemento no estructural, cumpliendo con los requisitos mínimos tomando como base la normatividad vigente como es la a Norma Técnica Colombiana (NTC 2017), las cuales dará las pautas de resistencia y demás propiedades con las que debe cumplir tal elemento.

El desafío será implementar un sistema de aprovechamiento dentro de la obra sin entorpecer tareas paralelas, en donde se puedan realizar la mezcla de escombros, aglutinantes y aditivos para la elaboración de un prototipo de adoquín que cumpla con las condiciones físicas óptimas de resistencia, durabilidad e impermeabilidad, y que al mismo tiempo sea de fácil elaboración para posteriormente ser utilizado en vías de paso peatonal, franjas divisorias de espacios y zonas comunales etc; Es de anotar que la intención inicial es el mejoramiento de nuestro hábitat, disminuyendo la degradación ambiental mitigando los daños ocasionados por mal tratamiento de los escombros pero también facilitar a los constructores un método de tratamiento y post-aprovechamiento de estos elementos sólidos en la fabricación basada en los lineamientos ambientalmente sustentables de un adoquín hecho con escombros de ladrillo y hormigón evitando de este modo gastos en cuanto a transporte y tratamiento de tales residuos de construcción.

Palabras clave: Escombros, reciclaje, reutilización, RCD (residuos de construcción y demolición), NTC 2017 (Norma Técnica Colombiana), proporción, degradación ambiental

Abstract

The main topic of this investigation is the recycling, classification and eventual reuse of the residuals from construction and demolition to create a paving stone prototype, which works within an architectural project as a non structural element, meeting the minimum requirements up to date established by the Standard Technical Colombiana (NTC2017), which will define the resistance and other properties that such element must meet.

The challenge is to implement a productive system within the work place without hindering parallel activities which can allow the mixture of debris, rubbish, binders and additives to the elaboration of a paving stone prototype which must meet the physical conditions of resistance, durability, and waterproofness, and at the same time such prototype must be easy elaborated so that it can be used on pedestrian roads, divisor stripes, and communal zones etc. Note that the main intention is the bettering of our habitat, diminishing the ambience degradation, mitigating the damaged caused by the handling of debris and rubbish but also to give constructors a practical method for the handling and post exploitation of these solid elements in the fabrication based on the environment sustainable guidelines of a paving stone made out of debris from bricks and concrete, meanwhile avoiding transportation and handling costs of these construction residuals.

Keywords: Debris, recycling, reuse, RCD (construction and demolition waste), NTC 2017 (Standard Technical Colombiana), proportion, environmental degradation.

Tabla de contenido

	Pág.
Lista de gráficas	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de imágenes	1
Introducción	4
Antecedentes.....	6
Formulación.....	8
Justificación	10
Análisis nacionales	10
Bogotá como área de investigación	11
Definición de un adoquín	11
Referentes internacionales en el uso de RCD.....	12
Caracterización general de los escombros de construcción.....	12
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	17
General.....	17
Específicos	17
Metodología.....	18
1. Marco conceptual.....	19
1.1 Las tres Rs	19
1.2 Residuos de construcción y demolición – RCD- susceptibles de aprovechamiento.	20
1.3 Beneficios de utilizar RCD.....	21
1.4 Sistema de aprovechamiento en obra	22
1.5 Tratamiento de los RCD	22
1.6 Composición de un adoquín estándar	23
2. Marco Normativo	26
3. Marco Teórico.....	31
3.1 Basura Cero: artículo 30.....	31

3.2	Colombia y los RCD.....	32
3.3	Definición de RCD	33
3.4	Clasificación de lo RCD	34
3.4.1	RCD de tipo II: escombros.....	34
3.5	Alternativas de disposición de RCD	35
3.6	¿Por qué la fabricación de un adoquín?.....	35
3.7	¿Por qué utilizar residuos de hormigón y ladrillo?	37
3.7.1	Capacidades físicas de los RCD (ladrillo y concreto)	37
4.	Adoquín hecho con escombros mediante un sistema de aprovechamiento en obra.....	40
4.1	Tratamiento en obra.....	40
4.2	Visita de campo	40
4.2.1	ECOMAT S.A	45
4.3	Análisis de áreas para la aplicación en obra	46
4.4	Caracterización y separación	47
4.5	Tratamiento.....	49
4.5.1	Triturado.....	49
4.5.2	Granulometría	52
4.6	Mezcla y proporción	58
4.6.1	Referentes.....	58
4.6.2	Primeras probetas realizadas	62
4.6.3	Pruebas mezcla No. 1	63
4.6.4	Prueba mezcla No. 2.....	65
4.7	Conglomerantes	69
4.7.1	Cemento Portland	69
4.7.2	Cal hidratada.....	70
4.7.3	Características de las mezclas con Cal	71
4.8	Modulación	71
4.8.1	Partes de un adoquín	71
4.8.2	Tipos de adoquín.....	73
4.9	Modulación propuesta.....	77
4.10	Maquina Vibrocompactadora	77
4.11	Fraguado y curado.....	79
4.11.1	Repisas de secado.....	79
4.11.2	Curado de adoquines	80
4.11.3	Curado del adoquín mediante un sistema de reciclaje de agua.....	81
4.12	Análisis de costos	83
	CONCLUSIONES	86
	Recomendaciones	88
	Bibliografía	89

Lista de gráficas

Grafica 1.- Caracterización de RCD.....	7 ...
Grafica 2.- Producción de RCD en Bogotá.....	30
Grafica 3.- Alternativas de Disposición Final para los Residuos.....	33
Grafica 4.- Capacidad a compresión del concreto.....	38
Grafica 5.- Proceso de fabricación Ecomat.....	45
Grafica 6.- Curva granulométrica concreto reciclado.....	53
Grafica 7.- Curva granulométrica escombro aleatorio.....	55
Grafica 8.- Resistencia del Eco-ladrillo vs. % Cal.....	61
Grafica 9.- Resistencia prueba a compresión.....	68
Grafica 10.- Resistencia prueba a flexotracción.....	69

Lista de tablas

Tabla 1.- Requisitos físicos del adoquín en concreto para espacio público en Bogotá.....	21
Tabla 2.- Resistencias del adoquín NTC 2017.....	22
Tabla 3.- Resultados de ensayos investigación de Juan Ferreira.....	50
Tabla 4.- Granulometría concreto reciclado.....	52
Tabla 5.- Granulometría escombros aleatorio.....	54
Tabla 6.- Resultados a compresión de las mezclas que obtuvieron mejor resistencia investigación Ferreira.....	58
Tabla 7.- Mezclas recomendadas de Ferreira.....	59
Tabla 8.- Dosificaciones ECOMAT.....	60
Tabla 9.- Tipos de cemento Portland.....	68
Tabla 10.- Análisis de materiales para 1m ² de adoquín al por mayor.....	83
Tabla 11.- Análisis de materiales para 1m ² de adoquín al por menor.....	84
Tabla 12.- M ² adoquín reciclado.....	85
Tabla 13.- M ² adoquín comercial (CICLOMAT).....	85
Tabla 14.- Mano de obra.....	85

Lista de imágenes

Imagen 1.- Adoquín estandar.....	18
Imagen 2.- Espesor de un adoquín.....	18
Imagen 3.- Trama de pavimentos en adoquín.....	35
Imagen 4.- Visita de campo OIKOS Hayuelos.....	40
Imagen 5.- Visita de campo OIKOS Hayuelos.....	40
Imagen 6.- Visita de campo OIKOS Hayuelos.....	40
Imagen 7.- Residuos de demolición de obras existentes.....	41
Imagen 8.- Residuos de demolición de obras existentes.....	41
Imagen 9.- Residuos de demolición de obras existentes.....	41
Imagen 10.- Residuos de demolición de obras existentes.....	41
Imagen 11.- Áreas óptimas para el montaje de maquinaria y producción de material.....	43
Imagen 12.- Áreas óptimas para el montaje de maquinaria y producción de material.....	43
Imagen 13.- Áreas óptimas para el montaje de maquinaria y producción de material.....	43
Imagen 14.- Reciclaje propicio de escombros en obra.....	44
Imagen 15 : Proceso de fabricación en obra.....	45
Imagen 16.- Separación y caracterización de materiales: Concretos y morteros.....	46
Imagen 17.- Separación y caracterización de materiales: Concretos y morteros.....	46
Imagen 18.- Material aleatorio: ladrillo de mampostería y recortes.....	47
Imagen 19.- Material aleatorio: ladrillo de mampostería y recortes.....	47
Imagen 20.- Ciclommat: Trituradora Industrial.....	48
Imagen 21.- Ciclommat: Arenadora.....	48

Imagen 22.- Ciclomat: Banda transportadora.....	48
Imagen 23.- Ciclomat: Malla de tamizaje.....	48
Imagen 24.- Trituradoras comerciales.....	49
Imagen 25.- Muestras de escombros aleatorio y concreto.....	51
Imagen 26.- Muestras de escombros aleatorio y concreto.....	51
Imagen 27.- Muestras de escombros aleatorio y concreto.....	51
Imagen 28.- Agregados a utilizar según disposición granulométrica.....	56
Imagen 29.- Reciclados gruesos: Aleatorio grueso.....	56
Imagen 30.-Reciclados gruesos: Concreto reciclado.....	56
Imagen 31.- Reciclados finos: Aleatorio fino.....	57
Imagen 32.- Reciclados finos: Concreto reciclado fino.....	57
Imagen 33.- Moldes artesanales para encofrar mezclas.....	62
Imagen 34.- Mezcla 1 en molde.....	62
Imagen 35.- Adoquín con mezcla No. 1.....	63
Imagen 36.- Adoquín con mezcla No. 1.....	63
Imagen 37.- Prueba a compresión de la mezcla No. 1.....	63
Imagen 38.- Prueba a compresión de la mezcla No. 1.....	63
Imagen 39.- Resultado a compresión en Kn.....	64
Imagen 40.- Adoquín fracturado	65
Imagen 41.- Probeta mezcla No. 2: Encofrado	65
Imagen 42.- Desencofrado a las 24 h	66
Imagen 43.- Prueba a compresión: Peso del cilindro.....	66
Imagen 44.- Ubicación en la maquina	66
Imagen 45.- Resistencia en Kn	66
Imagen 46.- Rotura del cilindro	67
Imagen 47.-Prototipos de adoquín: Mezcla 2.....	67

Imagen 48.- Prototipos de adoquín: Mezcla 3.....	70
Imagen 49.- Prueba a compresión.....	72
Imagen 50.- Después de la prueba a compresión.....	72
Imagen 51.- Prueba de Flexotracción.....	73
Imagen 52.- Partes de un adoquín	73
Imagen 53.- Tipos de adoquín.....	73
Imagen 54.- Tipos de adoquín	73
Imagen 55.- Vista en planta trama tipo linterna	73
Imagen 56.- Vista en planta trama tipo lego	73
Imagen 57.- Isométrico tipo linterna	75
Imagen 58.- Planta tipo leggo	75
Imagen 59.- Isométrico tipo lego	76
Imagen 60.- Canales en cara de apoyo	77
Imagen 61.- Maquina vibrocompactadora moldeadora de adoquines	78
Imagen 62.- Rendimiento de la maquina	78
Imagen 63.- Repisas de reposo del adoquín	78
Imagen 64.- Repisas comerciales	78
Imagen 65.- Fraguado y curado recomendado.....	78
Imagen 66.- Curado del adoquín mediante un sistema de reciclaje de agua.....	82

Introducción

Los proyectos arquitectónicos actuales refieren continuamente el concepto de sustentabilidad de sus obras, resaltando métodos de incorporación del medio ambiente que los rodea con la obra en curso, es decir una armonía cooperativa entre la edificación y la naturaleza, esto con el fin de la conservación de los nichos existentes y la recuperación de los perdidos, pero lo que no se observa es que estos procesos son importados de lugares en donde se tiene una conciencia más sana y positiva en la aplicación de dichos sistemas, es por eso que se decide tomar como base de la presente investigación la implementación de campañas sencillas que de un modo u otro han tenido la aceptación de la sociedad en general.

Pues bien la metodología a la que se refiere dicho proyecto es el reciclaje de RCD (residuos de construcción y demolición) de los cuales después de un análisis de producción y posterior caracterización se redujo al grupo de los áridos inertes entendiéndose estos como los aprovechables dentro de los escombros dejados en obra, dentro de este grupo se encuentran los residuos cerámicos como fragmentos de ladrillo, y por otro lado los escombros de concreto, tales materiales son óptimos en el ciclo de aprovechamiento enmarcado dentro de las “3Rs”, recolección, reciclaje y reutilización, de productos que son transportados a escombreras, que en muchos casos no vuelven a un nuevo ciclo de vida.

Lo que se quiere lograr es que los constructores visualicen las capacidades de materiales elaborados con tales escombros, de modo que además de contribuir con la disminución en cuanto a generación de RCD, sin la necesidad que tengan que salir de sus obras, simplemente con un sistema de reaprovechamiento que consta de un procedimiento clásico de reciclaje como es la separación y descontaminación del material reciclado,

recuperación mediante una trituración, mezcla y modulación para finalizar con un elemento útil como lo es el adoquín, atrayendo beneficios económicos, ambientales y legales al proyecto, ya que se estaría primero disminuyendo gastos en transporte de estos a las escombreras autorizadas, en compra de material nuevo a fábricas, ambientalmente disminuyendo la explotación de recursos nuevos evitando así la contaminación visual y paisajística, y en lo normativo cumpliendo con la legislación actual a la que todo proyecto debe cumplir con leyes mínimas, decreto 2397 del 2011.

Es de resaltar los estudios realizados con anterioridad al presente proyecto las cuales fueron dirigidas tanto por profesionales en el tema, como de estudiantes que vieron la problemática que genera la producción y mal tratamiento que se le a estos escombros de construcción; Entre los referentes teóricos tenemos las investigaciones realizadas por el Arquitecto y académico Carlos Mauricio Bedoya Montoya, docente de la universidad Nacional en las sedes de Bogotá y Medellín, el cual fue uno de los primeros promotores en la reutilización de los RCD, resaltando sus capacidades dentro de obras de construcción, como por ejemplo en la elaboración de concretos reciclados, y sobre la construcción sostenible, estudios que se encuentran plasmados en diferentes publicaciones como lo son Construcción Sostenible para volver al camino en 2011, y El Concreto Reciclado con Escombros Como Generador De Hábitats Urbanos Sostenibles, 2003, entre otras como cátedras y múltiples artículos de investigación.

Para la presente investigación el producto final del sistema de reaprovechamiento de RCD, en obra será la fabricación de un prototipo de adoquín con una mezcla de concreto, en donde se reemplazaran los agregados finos y gruesos por un material reciclado selectivamente, para posterior mezcla y así obtener la resistencia requerida según lo establecido por las normas vigentes en este caso la NTC Norma Técnica Colombiana 2017, la cual establece parámetros mínimos acerca para el adoquín en concreto.



FORMA DESCENDENTE PARA QUE EN LA PARTE INFERIOR SEA RECUPERADA Y DESCONTAMINADA DE AGENTES GROSOS Y DE NUEVO SERREGRESADA MEDIANTE UNA BOMBA Y ASI SER REUTILIZADA

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	MANO DE OBRA	DIA 8 HORAS	2	35000	70000	70000
TOTAL						70000

UN METRO CUBICO SON APROXIMADAMENTE 1900 KG DE MEZCLA. DE LOS CUALES SE PUEDEN ELABORAR 816 ADOQUINES

ANGULO



