

DESARROLLO DE PROTOTIPO DE ADOQUÍN DE USO VIAL Y/O PEATONAL QUE INCORPORA ESCOMBRO TRITURADO COMO AGREGADO FINO

Miguel Ángel Morales Ackinson (noveno semestre de la carrera Ingeniería Civil)^{1*}; Edgar Josué Carmona Pérez (noveno semestre de la carrera Ingeniería Civil)²; Marcos González Martínez (séptimo semestre de la carrera Ingeniería Civil)³; Martín Martínez Fombona (décimo semestre de la carrera Ingeniería Civil)⁴; José Gabriel Vargas Salcedo (profesor)¹, Miguel Ángel Figueras Corte (profesor)²

¹Universidad Iberoamericana Puebla, México, mikema@live.com.mx; ²Universidad Iberoamericana Puebla, México, carmona.ej@gmail.com; ³Universidad Iberoamericana Puebla, México, marcosgonzalez0898@gmail.com; ⁴Universidad Iberoamericana Puebla, México, fom_345@hotmail.com

Resumen

En la actualidad se produce una gran cantidad de escombros de construcción en remodelaciones, demoliciones o de material que no cumple las especificaciones para su uso, y este escombros no se aprovecha y solo ocupa espacio en bancos de material. Este proyecto busca darle un uso a este escombros generado por la construcción y aplicarlos específicamente a la elaboración de adoquín de uso peatonal y para tránsito de vehículos, cumpliendo las especificaciones geométricas y de comportamiento mecánico de la norma que corresponda. Finalmente se logró generar un prototipo que geométrica y metodológicamente cumple con los lineamientos de la norma, pero cuya propiedad de resistencia a la compresión debe corroborarse utilizando un equipo de ensayo con más alcance, ya que alcanza una resistencia sin fallar de 208 kg/cm², contra un mínimo de 250 kg/cm² que pide la norma.

Palabras clave: Desechos, Construcción, Prototipo, Adoquín, Escombros y Reciclar

Introducción

En las obras de construcción se produce mucho escombros que necesita ser retirado por ley; a este escombros no se le da un uso y es considerado como basura que a las constructoras se les complica mover ya que están enfocados en la construcción misma; es por esto que este proyecto parte de la idea de utilizar ese escombros basura, procesarlo, y transformarlos en adoquín para su venta. Por esta razón este proyecto busca desarrollar un prototipo de adoquín de uso vial y/o peatonal que incorpore escombros triturado como agregado fino. Como antecedente, este tema se ha investigado, pero no se ha diseñado un prototipo para su revisión en contra de la norma. Este proceso de fabricación de adoquín utilizando escombros como agregado produce piezas de alta calidad a un menor costo, lo que ayuda a competir en el mercado, además de que ofrece una opción para obtener materias primas a un menor costo y reciclar el material que ya fue utilizado y no puede ser almacenado por las empresas de construcción, dando así una solución sustentable al problema de la acumulación de residuos y su desecho en depósitos de escoria ilegales.

Metodología

En esta primera etapa del proceso, se recopiló información acerca de la norma que regula la calidad de las piezas de adoquín, la cual es la “NMX-C-314-2014” [1] para tener parámetros de resistencia, así como saber la metodología para analizar las propiedades del adoquín. Además, se obtuvo un manual llamado “GUÍA DE PRÁCTICAS

AMBIENTALES ADOQUINERAS Y BLOQUERAS ARTESANALES” [2] para la gestión de residuos y el equipo de seguridad que se requiere para la producción del adoquín.

Selección de materiales

Para la elaboración de este producto se requieren tres agregados: agregado fino (arena), agua y aglutinante (cemento) como lo dice en [3]

Se optó por seleccionar escombros triturado como agregado fino, ya que ofrece propiedades similares a las de la grava, además de que en la construcción representa un problema por su acumulación y, por otra parte, representa un problema medioambiental ya que muchas empresas constructoras optan por verter el escombros en depósitos no autorizados.

Diseño del prototipo

Se optó por tomar como modelo geométrico para el prototipo, el tipo más común de adoquín para uso vial, el cual tiene medidas de 10 cm x 20 cm x 6 cm., esto para facilitar su introducción al mercado una vez que se comercialice. [4]

Proceso de fabricación

Para el proceso de elaboración de adoquín se toman los siguientes pasos:

- Materia prima del adoquín

Se debe tratar la materia prima sin humedad (máximo un 18%) para obtener un curado en condiciones perfectas.

- Mezcla de agregados

Se procura una mezcla de 1:5, donde corresponden cinco partes de agregado fino, que en este caso es el escombros triturado, por cada parte de cemento Portland de resistencia normal.

Este proceso se lleva a cabo con la ayuda de una mezcladora automática de agregados (operada por un obrero capacitado), que se incluye en la compra del sistema de fabricación de adoquín.

- Vibro compactación

Una vez teniendo la mezcla y al verificar que esta es completamente homogénea, se procede a verter el mortero en los moldes, los cuales pasan posteriormente a colocarse en la mesa vibro compactadora para así asegurarnos que no hay oquedades y tener una geometría exacta.

- Curado del adoquín

Se procede al fraguado en el que se acomodan los moldes con las piezas aún frescas en una superficie plana, limpia, aislada de contaminantes y que cuente con una muy buena exposición al sol. Es importante recalcar que los moldes que contienen el adoquín no sean apilados, ya que esto interfiere con el proceso de fraguado.

Posteriormente se hidratan las piezas en periodos de 12 horas por dos días para que alcancen la resistencia máxima.

- Forma y tonalidad del adoquín

Debido a que solo debe tener una cara como superficie de acabado es posible moldear y conseguir formas y, con la ayuda de colorantes especiales para concreto si así se desea, tonalidades diferentes para el diseño del adoquín

- Suministro del adoquín

Todo adoquín debe ir perfectamente identificado y debe demostrar su cumplimiento con las normas.

La entrega del adoquín se hará mediante un camión Torton de 7m3 de capacidad.

Análisis de costos

El siguiente costeo de producción se realizó tomando en cuenta una pieza de 10x20x6 cm.

793 PZAS DE ADOQUIN				
Materia Prima Directa	793 PZAS	793 PZAS	CADA ADOQUIN	
CEMENTO	0.383	\$ 1,034.10	\$	1.30
ARENA	0.404	\$ -	\$	-
AGUA	0.131	\$ 1.88	\$	0.00
GRAVA	0.474	\$ -	\$	-
TOTAL MPD		\$ 1,035.98	\$	1.31
Mano Obra Directa	793 PZAS	793 PZAS	CADA ADOQUIN	
Operario maquina bloquera	2.72 h	\$ 97.92	\$	0.12
Peon que acarrea	2.72 h	\$ 65.28	\$	0.08
Mezclador de agregados	2.72 h	\$ 65.28	\$	0.08
TOTAL MOD		\$ 228.48	\$	0.29
Cargos Indirectos Prod.	272 PZAS	272 PZAS	CADA ADOQUIN	
Diesel para trituradora	l	\$ 2.55	\$	0.00
Luz para mesa vibradora	kw/h	\$ 1.11	\$	0.00
Velador	6 h	\$ 180.00	\$	0.23
TOTAL CIP		\$ 3.66	\$	0.00
TOTAL COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN			\$	1.60
COSTO UNIT. DEL PRODUCTO			\$	1.60
COSTO POR M2			\$	79.96
COSTO POR 10 M2			\$	799.57

Figura 1: Análisis de costos de adoquín con escombros

793 PZAS DE ADOQUIN				
Materia Prima Directa	793 PZAS	793 PZAS	CADA ADOQUIN	
CEMENTO	0.383	\$ 1,034.10	\$	1.30
ARENA	0.404	\$ 103.89	\$	0.13
AGUA	0.131	\$ 1.88	\$	0.00
GRAVA	0.474	\$ 169.29	\$	0.21
TOTAL MPD		\$ 1,139.86	\$	1.65
Mano Obra Directa	793 PZAS	793 PZAS	CADA ADOQUIN	
Operario maquina bloquera	2.72 h	\$ 97.92	\$	0.12
Peon que acarrea	2.72 h	\$ 65.28	\$	0.08
Mezclador de agregados	2.72 h	\$ 65.28	\$	0.08
TOTAL MOD		\$ 228.48	\$	0.29
Cargos Indirectos Prod.	272 PZAS	272 PZAS	CADA ADOQUIN	
Luz para mesa vibradora	kw/h	\$ 1.11	\$	0.00
Velador	6 h	\$ 180.00	\$	0.23
TOTAL CIP		\$ 1.11	\$	0.00
TOTAL COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN			\$	1.94
COSTO UNIT. DEL PRODUCTO			\$	1.94
PRECIO POR M2			\$	97.02
PRECIO POR 10 M2			\$	970.20

Figura 2: Análisis de costos de adoquín convencional

Al remover el costo de la arena resulta en una reducción de \$0.40 contra una producción convencional que si usa arena y grava.

Resultados y discusión

Este proyecto sobresale ya que es único en su forma de producción de adoquín, es decir, usar un material reciclado que a la vez proviene de un servicio de recolección o de la descarga de este por las empresas que necesiten librarse del escombros, dentro de las instalaciones.

Se logró llegar a una resistencia máxima de 208 kg/cm², pero la pieza no falló al llegar a dicha resistencia, más bien fue a causa de la limitante de que la máquina usada sólo llega a las 25 toneladas, haciendo imposible analizar su comportamiento más allá de este esfuerzo.

Para hacer más claro el contraste de precios [5], se llamó a cuatro casas de materiales distintas y se preguntó el precio de un adoquín con las mismas medidas que el propuesto, en seguida se presentan los resultados:

Fábrica De Block Y Adoquín La Esmeralda. \$7.00 por pieza

Adoblocks AR. \$8.50 por pieza

TEJAS EL ÁGUILA. \$80.00 por pieza

La Única. \$8.00 por pieza

Comparativa con un costo de producción que incluye arena en lugar de escombros

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Como conclusión, el equipo pudo desarrollar un prototipo de adoquín de uso peatonal que incorporó el escombros triturado como agregado fino y que cumple con las especificaciones de geometría y agregados, pero cuya resistencia obtenida (208 kg/cm²) debe analizarse más a fondo con un equipo más capaz. El hecho de que se omita la arena y la grava como agregado, representa una disminución en el costo de producción como se pudo constatar en los costos anteriores, resultando dicha omisión en una reducción de \$0.40 contra una producción convencional que sí usa arena y grava.

Referencias

- [1] ONNCE. (2014). INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-MAMPOSTERIA-ADOQUINES PARA USO EN PAVIMENTOS-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO. 19/09/2017, de NMX Sitio web: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5380967&fecha=05/02/2015
- [2] Gobierno de Ecuador. (2008). GUÍA DE PRÁCTICAS AMBIENTALES: ADOQUINERAS Y BLOQUERAS ARTESANALES. 19/09/2017. Sitio web: [www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/15-marco-](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/15-marco-normativo%3Fdownload%3D265:adoquineras+&cid=1&hl=en&ct=clnk)

normativo%3Fdownload%3D265:adoquineras+&cid=1&hl=en&ct=clnk

- [3] Instituto de productores de cemento. (1986). Fabricación de adoquín de concreto. 19/09/2017, de ICPC Sitio web: <http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Adoquines%20de%20Concreto/Fabricacion%20de%20Adoquines%20de%20Concreto.pdf>
- [4] FORTACRETO. (2015). Ficha técnica del adoquín. 19/09/2017, de AP ADOCRETOS Sitio web: <http://adoretosdepuebla.com/ficha-tecnica.php>
- [5] Inmobiliaria impulsora de Tlaxcala. (2013). Adoquín. 19/09/2017, de ITISA Sitio web: http://www.itisa.com.mx/inicio-grupo_itisa/iit/adoquines/