

ESTUDIO PARA LA CREACIÓN DE UNA FÁBRICA DE ADOQUINES ELABORADOS CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN CALDERÓN

D. Molina

Escuela Politécnica del Ejército - Unidad de gestión de postgrados

Palabras clave: escombros, hormigón, adoquines

RESUMEN: El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) hasta el año 2010, tenía definido 31.809 ha como suelo urbano, las cuales se encuentran detalladas por el ordenamiento urbanístico del Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) vigente, este incluye vías, redes públicas de servicios e infraestructura y/o posibilidades de abastecimiento para habilitación de urbanización.

Se han emitido las Ordenanzas 146 y posteriormente la 213, que permiten regular las entidades encargadas para el manejo de los residuos sólidos en todas sus etapas, para de esta manera reducir y tratar de solucionar la generación de estos.

Al implementar estas ordenanzas se crea gestores de residuos para solucionar la creciente generación de residuos sólidos urbanos peligrosos, no peligrosos y especiales que pueden ser recuperados en la ciudad de Quito.

Los residuos de la construcción mayormente son constituidos por materiales provenientes de la demolición total o parcial de edificios, vivienda. Estos residuos son retirados de las obras por personas que dan este servicio, y llevados a los botaderos establecidos por el Municipio como rellenos, generalmente son llamados "escombros".

Este proyecto realiza el estudio de factibilidad para crear una empresa que elabora adoquines, utilizando como materia prima los residuos de la construcción, y serán utilizados para áreas verdes, comunales y peatonales de los conjuntos habitacionales.

ABSTRACT: The Metropolitan District of Quito (DMQ) until 2010, had defined 31,809 ha as urban land, which are detailed by urban planning Use Plan and Land Cover (fists) in place, this includes roads, networks public infrastructure and services and / or supply possibilities for enabling development.

Ordinances were issued 146 and then the 213, which can regulate the entities responsible for the management of solid waste at all stages, to thereby reduce and try to solve the generation of these.

By implementing these ordinances waste managers is created to solve the growing generation of hazardous, non-hazardous and special municipal solid waste that can be recovered in the city of Quito.

The construction wastes are mostly made of materials from the total or partial demolition of buildings, housing. These residues are removed from the works by people who give this service and taken to landfills established by the Municipality as fillers, are usually called "rubble."

This project takes a feasibility study to create a company that makes pavers, using waste as raw material of construction, and will be used for green, communal and pedestrian areas of housing complexes.

I.- INTRODUCCIÓN

La intención del presente artículo es proponer una alternativa para la disposición final de los escombros que se producen en la ciudad, por lo que se plantea el estudio, para conocer si es factible o no realizar adoquines con este tipo de desechos, para varios usos.

La elaboración de los adoquines se basa de acuerdo a la normas NTE INEN 1488:87; y para realizar las pruebas de acuerdo a la norma NTE INEN 1485:87.

En la ciudad a diario se construye y se realizan demoliciones de obras, por esta razón se genera escombros de los materiales rotos o desperdiciados en obra; y, de las demoliciones de estructuras nuevas y usadas. Lamentablemente no existen políticas para el manejo integral de escombros, ni el incentivar el reciclaje o generar una recolección selectiva, por estas razones la sociedad los asemeja como desechos inservibles y no pueden ser usados en un nuevo ciclo de producción.

Los escombros encierran un gran potencial como materia prima para la elaboración de nuevos productos de uso frecuente en la construcción a través del reciclaje, también como material para ser reutilizado en rellenos de terrenos y bases de vías.

II.- METODOLOGÍA

De la investigación de mercado se determinó que el 64% de las constructoras se encuentran interesadas por adquirir adoquines elaborados con materiales reciclados. Por esta razón la fábrica enfocará sus esfuerzos y recursos al desarrollo e introducción de este nuevo producto innovador en el medio.

Para la elaboración de los adoquines se consideran las normas establecidas para la elaboración de adoquines los mismos que se detallan a continuación:

- Espesor de los adoquines debe ser de 6 cm para pavimentos de tráfico liviano y de 8 cm para calles, patios industriales, muelles y aeropuertos.
- Forma de los adoquines puede ser variada, pero es preferible que su figura no tenga cambios bruscos. La forma más ventajosa es la rectangular.
- Dimensiones no es fácil señalar las dimensiones de estas piezas, pero los valores que se presentan en la siguiente hoja sólo indicativos de uso normal.
Espesor de 100 mm (\pm 3mm) tolerancias
Ancho 125 mm (\pm 2mm)
Largo máximo 220 mm (\pm 2mm)
- Color de los adoquines puede ser el de todo el arco iris, siempre y cuando el aditivo colorante no altere las propiedades del concreto, pero se recomienda que el color del adoquín debe ser neutro, es decir, un color gris oscuro.
- Textura de los adoquines debe ser fina para ser impermeables. El agregado usado, por tal motivo debe ser fino, con algo de material retenido en una malla número 4.
- Resistencia al desgaste los adoquines deben tener una adecuada resistencia al desgaste, la cual se consigue al usar un agregado adecuado y una buena cantidad de cemento Portland.
- Resistencia a la flexión, los adoquines, igual que en las losas de concreto de pavimentos, el esfuerzo crítico es el de flexión. Por lo tanto, lo más conveniente es especificar una resistencia a la flexión, o módulo de ruptura mínimo, determinado en un adoquín entero, rectangular o cortado con disco de diamante, es de 42 Kg/cm².

Este Módulo de Ruptura es aproximadamente un 15% de la resistencia a la compresión determinada:

- Resistencia a la compresión, los adoquines debe ser de 300 Kg/cm², determinada en probetas cúbicas, obtenidas cortando las mitades de la prueba de flexión, o de un adoquín entero.

Con el reciclaje de los escombros y el cumplimiento de las normas descritas el adoquín propuesto tendrá una resistencia y durabilidad para cualquier fin propuesto.

III.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los proyectos inmobiliarios se utiliza a los adoquines principalmente en las caminerías y las vías interiores de circulación vehicular de las urbanizaciones.

De los resultados obtenidos se observa que los constructores ejecutan varios trabajos con el uso del adoquín, en su mayoría utilizan el adoquín para aceras peatonales, cuyo porcentaje está en el orden de 32% y el 31% para vías.

La clasificación se realiza por la resistencia a flexión, de acuerdo a las especificaciones técnicas.

- Adoquín tipo 1. Es el adoquín que se utiliza como superficie de rodamiento en caminos, carreteras, calles y estacionamiento de todo tipo de vehículos, con un espesor mínimo de 8 cm.
- Adoquín tipo 2. Es el adoquín que se utiliza como superficie en andenes peatonales y ciclovías.
- Adoquín especial: Es el adoquín que se utiliza para casos especiales según requerimientos de diseño.

En la investigación de mercado se determina que la demanda del adoquín tradicional para el año 2013 está en 21 875 000 unidades; sin embargo, tenemos que la demanda de adoquines a base de escombros estaría alrededor 15 750 000 unidades.

Además se determina que no existen empresas dedicadas a la producción de adoquines a base de escombros de la construcción; por lo tanto se puede decir que al no haber oferta la demanda es igual a la demanda insatisfecha. Debiendo señalar que la capacidad de producción de este proyecto está en el orden de 1 040 000 adoquines al año, que corresponde el 6,60% de la demanda insatisfecha. Del análisis y estudio realizado del producto frente al adoquín tradicional tenemos que determinar de una viabilidad de nuestro producto frente a la competencia existente.

Nuestro producto en función de calidad y precio es competitivo, por esta razón la capacidad de producción de la fábrica estará en el 6,60% de la demanda insatisfecha, lo que quiere decir y demostrar que el presente proyecto es viable, como se lo puede apreciar en el siguiente cuadro.

**Cuadro 5 Demanda Insatisfecha
ADOQUÍN A BASE DE ESCOMBROS**

AÑO	DEMANDA	OFERTA	DEMANDA INSATISFECHA
2013	15750000	336000	15414000
2014	16411500	350112	16061388
2015	17100783	364817	16735966
2016	17819016	380139	17438877
2017	18567415	396105	18171310
2018	19347246	412741	18934505
2019	20159830	430076	19729754
2020	21006543	448140	20558404
2021	21888818	466961	21421857
2022	22808148	486574	22321575
2023	23766091	507010	23259081

Agregados

Los escombros provienen de la demolición y comprende de ladrillo, bloque, mortero y hormigón. Se propone realizar hormigones para adoquines con este tipo de materiales, y de esta manera poder evaluar la influencia de las impurezas del escombro sobre el comportamiento de los hormigones con él elaborados.

Los escombros provendrán de las construcciones en ejecución de la ciudad de Quito. Así se logrará tener la muestra en función de la oferta en el mercado. Se puede observar la gran variedad de materiales y dimensionales, tales como ladrillo, bloques, hormigón, piedra, cerámica, restos de mortero suelto y/o adherido a otras partículas; y un considerable porcentaje de polvo.

A fin de caracterizar los residuos como agregados se debe realizar análisis granulométricos, donde se determina el peso unitario seco y compactado, la densidad aparente y la absorción de agua por inmersión. Para estas dos últimas determinaciones, dada la dificultad derivada de la flotación de las partículas en la determinación de los volúmenes por métodos con recipientes aforados o balanza hidrostática, se utilizara el método del picnómetro propuesto por la norma ACI 211, Apéndice A.

Clasificación

El Instituto Nacional de Normalización (INEN) clasifica a los adoquines por su forma y uso en:

Tipo	Forma
A	Dentados que se unen entre sí por los cuatro lados
B	Dentados que se unen con el otro solamente en dos de sus lados
C	Rectangulares

Tipo de uso	No. de vehículos por día mayores a 3t brutas	Equivalente total de repeticiones de eje estándar después de 20 años de servicio	Forma recomendada de adoquín	Resistencia característica (MPa) compresión a los 28 días
Peatonal	0	0	A, B, C	20
Estacionamiento y calles residenciales	0 – 150	$0 - 4,5 \times 10^5$	A, B, C	30
Caminos secundarios y calles principales	150 – 1500	$4,5 \times 10^5 - 4,5 \times 10^6$	A	40

Fabricación

El proceso de elaboración de los adoquines comprende de los siguientes pasos:

Dosificación

La dosificación depende del tipo de adoquín a fabricarse, en razón de que debe cumplir con la resistencia característica a la compresión a los 28 días, por lo que varía la cantidad de cemento y aditivos a ser utilizados los que ayudan a aumentar la resistencia.

Mezclado del material

Para mezclar los materiales, se transporta los materiales desde el lugar de almacenamiento a través de una cargadora a la máquina mezcladora, donde los materiales se los mezcla por un tiempo mínimo de 4 minutos.

Conducción

Luego que el material está completamente mezclado, se debe transportar a la máquina de vibro compactación, este procedimiento se lo puede realizar manual o mecánicamente.

Vibro-Compactación

La máquina de vibro-compactación se encuentra equipada con un molde de las dimensiones del adoquín que se va a fabricar con su respectiva prensa.

Secado al aire Libre

Luego de que los adoquines son desmoldados, se los transportados al área de secado sobre unos tableros.

Curado

Los adoquines se los debe curar a partir del día siguiente de ser fabricados, por medio de un sistema que humedezca a los mismos simulando una lluvia ligera, para que se encuentren siempre mojados.

IV.- TRABAJOS RELACIONADOS

La industria de la construcción, es una de las actividades que tiene mayor importancia en el desarrollo de una ciudad, sin embargo, es una de las actividades que más impacto produce en el medio que lo rodea.

Este es un aspecto que preocupa por la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD), generados de proyectos nuevos, obras, demoliciones y remodelaciones de estructuras viejas. Este desarrollo en los métodos de construcción y el progreso tecnológico han originado un incremento continuo y no controlado del volumen de estos residuos que se generan particularmente en el entorno urbano.

En el medio actual, la costumbre sobre este tema, es que estos desechos en su gran mayoría sólidos se los considera parte de la basura; y, por eso son descartados y sacados del mismo sin recibir tratamiento previo ni interesar su disposición final.

Actualmente, se recicla una cantidad muy limitada de estos residuos de construcción. La mayoría se deposita o se usa como relleno sin utilizar métodos para evitar la contaminación medioambiental. Desde que las cantidades de residuos se han incrementado constantemente, existen razones económicas y financieras para centrarse en el desarrollo de valores más altos en el reciclaje.

Se puede realizar una clasificación aproximada de los RCD, por el tipo de actividad y objeto de la obra que los produce, de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro 1.- Clasificación de los RCD de acuerdo con el tipo de actividad.

ACTIVIDAD	OBJETO	COMPONENTES PRINCIPALES	OBSERVACIONES
Demolición	Viviendas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas	Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios
	Otros edificios:	Recientes: ladrillo, hormigón, hierro, acero, metales y plásticos	Los materiales dependen mucho de la edad y el tipo de infraestructura a demoler. No es una actividad frecuente.
	Obras públicas	Industriales: hormigón, acero, ladrillo, mampostería	
		Servicios: Hormigón, ladrillo, mampostería, hierro, madera.	
		Mampostería, hierro, acero, hormigón armado	
Construcción	Excavación	Tierras	Normalmente se reutilizan en gran parte.
	Edificación y Obras Públicas	Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no férreos.	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.

Reparación y mantenimiento	Suelo, roca, hormigón, productos bituminosos.	Generación de residuos poco significativa en el caso de edificación.
Reconstrucción y rehabilitación	Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo.	
	Otro: hormigón, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.	

Fuente: Artículo reciclado de material de construcción; Alfonso Aguilar

La recuperación, reutilización o transformación de los RCD es una alternativa que cada vez más se pone en práctica en todo el mundo y países como: España, Portugal, Francia, Alemania, Colombia, Brasil entre otros. En estos países se han elaborado varias investigaciones dedicados al diagnóstico y diseño de planes innovadores que tienen como finalidad optimizar el procesamiento de los residuos sólidos, estos “deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologías de alternativa que representen una solución efectiva y ajustada a cada realidad”. (Sztern y Pravia 1999).

V.- CONCLUSIONES

1. La puesta en marcha de este proyecto, es el estudio previo que dio a conocer la ventaja competitiva del producto en el mercado, toda vez que es nuevo, e innovador y único, de una calidad sobresaliente y con un valor agregado como el acabado del mismo que resalta las construcciones en las que será utilizado.
2. El proyecto, va a generar efectos positivos en las comunidades aledañas por generar divisas y empleo; además tendrá un factor importante en el desarrollo de la ciudad al reducir la producción de escombros para los botaderos. Se debe tomar en cuenta que esta actividad también va a producir otros efectos en las áreas ambientales, sociales, culturales y socio económicos de la población, los que deben ser contemplados en la planificación y ejecución del mismo.
3. La creación de una empresa que elabora adoquines a base de escombros va a permitir fomentar la productividad a todo nivel en la zona que va estar ubicada, aprovechando a los explotadores de las escombreras, y de las minas aledañas, los mismos que también van generar más mano de obra, La población se verá beneficiada económica y técnicamente para un manejo adecuado de la zona.
4. Un gran número de especialistas en la construcción como son los Arquitectos e Ingenieros Civiles, constructoras se van a beneficiarse de este nuevo producto que se pretende producir. Del estudio de mercado, se desprende la existencia de demanda insatisfecha, y que de acuerdo al tamaño del proyecto nos permitiremos satisfacerla en un 6,6%, para lo cual se dispondrá de maquinaria sofisticada.
5. En el estudio de ingeniería del proyecto se determinó la distribución de las áreas en producción, administrativas, con espacios amplios para la carga y descarga de la materia prima, productos elaborados. Esto permite un uso adecuado y eficiente de los recursos utilizados en la producción.

VI.- RECOMENDACIONES

1. Luego de los estudios respectivos por el cual se determinó la viabilidad y rentabilidad es ejecutarlo inmediatamente.
2. Que los Gobiernos Autónomos Descentralizados y Municipios, sean socios estratégicos por sus competencias con este tipo de proyectos productivos.
3. Los prefabricados que se van a producir deben cumplir con las especificaciones técnicas detalladas por los normas del INEN, esto nos da una garantía de calidad de los productos para los consumidores y la consolidación de la fábrica.
4. El proyecto debe realizar la planificación integral de la producción de adoquines, considerando: los aspectos técnicos, económicos y financieros, así como el plan de manejo ambiental, para así tener un contacto continuo con la comunidad a través de actividades educativas y de apoyo que se pretenderá brindar en un futuro.
5. Al ser una fábrica nueva e innovadora de adoquines a base de escombros, en la etapa de introducción al mercado, se debe realizar al inicio una agresiva promoción a través de espacios publicitarios en medios impresos, radiofónicos y en lo posible televisivos. También se debe realizar un acercamiento con las Cámaras y Colegios de Ingenieros y Arquitectos de las ciudades para ofertar los productos directamente a los consumidores.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1484:87 Adoquines, Muestreo, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1485:87 Adoquines, Determinación de las pruebas de compresión, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1486:87 Adoquines, Determinación de las dimensiones, área total y área de superficie de desgaste, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1488:87 Adoquines, Requisitos, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

ASTM, Editores Klieger P. y J. F. Lamond, Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials, pp. 630, 1994.

Gordillo T., Diseño y Construcción de Calles Urbanas, Revista Vial, Volumen 46, Noviembre-Diciembre, 2005.

Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. 2008. Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.