



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL ADOQUÍN CON LODOS PAPELEROS RESIDUOS DE LA FABRICACIÓN DEL PAPEL

David S. Reyes Cantor, Cristian S. Contreras Alfonso

Universidad Santo Tomás
Bogotá, Colombia

Resumen

El proceso y producción del papel genera aproximadamente 6 toneladas de desperdicio diario en Colombia, este lodo papelerero no tienen ninguna forma de reciclaje, por lo cual no es reutilizable y solo ocupada un porcentaje más en los rellenos sanitarios. Partiendo de la anterior, esta investigación se enfatiza en darle un uso al lodo papelerero de manera tal, que se busque dos condiciones esenciales, la primera mitigar el uso de los recursos naturales, en este caso la extracción de materiales arcillosos y segundo tener un cuidado con el medio ambiente quitándole este residuo a los rellenos sanitarios. Para cumplir con las dos condiciones mencionadas anteriormente, se busca caracterizar un adoquín que contenga porcentajes moderados de lodo de papel, teniendo en cuenta los estudios y pruebas de laboratorio son importantes para que cumpla con las propiedades físico-mecánicas que establece la NTC 5282 (adoquín de arcilla para tránsito pesado) y la NTC 3829 (transito liviano).

Palabras clave: adoquín; lodo papelerero; resistencia físico-mecánica

Abstract

The process and paper production generates approximately 6 tons of daily waste in Colombia, this sludge have no way to recycling, so it is not reusable and only occupies a plus percentage in landfills, on the above, this research want emphasize in give, an application to the papermaking sludge looking two conditions: mitigate the use of natural resource in the case the extraction of clay materials and take care of the environment removing of this residues in to the landfills. To comply with above, we seek to characterize a cobblestone that have moderate percentage of this mud, taking into account the studies and laboratory tests, to comply with the physical and mechanical

properties set by the Colombian Technical norm (NTC 5282) (clay pavers heavy traffic) and NTC (3829) (traffic light).

Keywords: *cobblestone; papermaking sludge; physical mechanical resistance*

1. Introducción

Los adoquines son utilizados como materiales para la construcción de pavimentos, destinados a soportar la circulación peatonal en andenes y el tráfico vehicular, instalados de manera que permiten una distribución de las cargas equivalente a la de una capa monolítica. Los pisos conformados con unidades de arcilla presentan excelentes características de durabilidad, impermeabilidad y resistencia, e igualmente le brindan a los proyectistas, amplias opciones de colocación y estéticamente muy agradables para la vista. Haciendo una reflexión en la fabricación más sostenible y ecológica del adoquín, se hará la caracterización del adoquín con porcentajes de lodo de papel, esto con el fin de mitigar el uso de los recursos, que el adoquín cumpla su papel a nivel ecológico y que aporte con el medio ambiente.

“En contraste, El *New York Times* (2008) hace una apreciación del residuo Lodo-Papel, teniendo en cuenta su procedencia. La cantidad de productos y de sus distintos derivados, hacen de éste uno de los productos con más producción a nivel mundial, trayendo como consecuencia una de las peores formas de manejo de residuos en el mundo. A través de análisis estadísticos se puede saber que el mayor productor de papel en el mundo es Estados Unidos con una producción de 80.8 toneladas diarias, y le siguen los países como China y Japón”.

Con la investigación llevada a cabo, se parte de la concepción del lodo de papel, siendo un residuo sólido, que en la actualidad es arrojado a los botaderos de basura. Con lo mencionado anteriormente se hace la apreciación la caracterización del material de las propiedades físicas, mecánicas y químicas. Siendo así un material que busca ser reutilizado de la manera más adecuada en la fabricación de adoquines, definiendo así una innovación en los materiales de la construcción.

Teniendo en cuenta que la fabricación del adoquín se da, a partir de un convenio que realizó la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás con la ladrillera san Joaquín ubicado en el municipio Nemocón de Cundinamarca, dicho convenio converge en que la ladrillera presta sus instalaciones para hacer procedimientos experimentales con la materia prima que maneja la fábrica, la cual se encarga de la recepción del desecho de lodo papelerero de la industria y su implementación en el sector agropecuario. La interacción de la ladrillera con la propuesta de investigación, se basa en la estimación de los porcentajes de lodo papelerero en el adoquín, para así considerarlo un material de construcción apto, que cumpla con todas las especificaciones físicas y mecánicas que requiera la norma para ser comercializado.

El adoquín con lodo papelerero deberá cumplir con la NTC 5282 (adoquín de arcilla para tránsito pesado) y la NTC 3829 (transito liviano). Se harán pruebas de laboratorio como

resistencia a la compresión, resistencias a la intemperie, resistencia al agua y resistencia a la abrasión.

Objetivos

1.1. General

Caracterizar el adoquín con porcentajes moderados de lodo paplero para que cumpla con la NTC 5282 (adoquín de arcilla para tránsito pesado) y la NTC 3829 (transito liviano).

1.2. Específicos

- Analizar los porcentajes de humedad del lodo de papel.
- Establecer las propiedades físico- químicas del residuo paplero.
- Mezclar la arcilla con porcentajes del 5, 10, 15, 20 del lodo paplero para su respectiva fabricación.
- Hacer las pruebas de laboratorio pertinentes como lo establece la NTC 5282 (adoquín de arcilla para tránsito pesado) y la NTC 3829 (transito liviano).
- Definir los porcentajes óptimos de residuo de papel en el adoquín, haciendo una comparación grafica de adoquín con porcentajes de lodo de papel vs resistencia a la compresión.

2. Marco de referencia

2.1. Residuo de lodo de papel

La guía de gestión de los residuos (fábricas de pasta, papel y cartón) ASPAPEL, (2008) hace referencia al desecho generado por la empresa dedicada a la producción de papel y afirma que a diferencia de otros desechos, este brinda propiedades de resistencia, pues todo lo que es inservible en la fabricación papel se junta, se homogeniza y deshumedece para finalmente almacenarse.

Sus características físicas son:

- Es un lodo gris.
- Presenta un alto porcentaje de agua.
- Contiene algunos puntos blancos y negros, los cuales se deben a los desechos ajenos a la celulosa.



IMAGEN 1: lodo paplero, tomada de la ladrillera San Joaquín (Imagen propia).

De las características nombradas anteriormente se destaca; El alto contenido de humedad, que es un claro reflejo de su capacidad de absorción agua, aun cuando antes de ser retirado de la planta es sometido a un sistema de secado.

El alto contenido de celulosa y hemicelulosa, que en su mayoría se encuentra constituido por fibras cortas, las cuales son usadas en la industria del papel para darle características de resistencia.

La presencia marcada de carbonato de calcio, principal fuente de óxido de calcio en el vidriado de ladrillos y parte de la composición del yeso.

2.2. Generalidades del adoquín

Partiendo del concepto del adoquín como un material cerámico, que por cientos de años ha estado vigente en la construcción de andenes, senderos, pavimentos articulados entre otros. Este material cuenta con múltiples ventajas entre las cuales, como se hace la distinción en el *catálogo de MALPESA* en la edición (2012,2013) son:

- Durabilidad: Su vida útil es aproximadamente de 30 años.
- Confort: Es como al tránsito y de igual forma mitiga en ruido de los vehículos.
- Posibilidades de diseño: Las múltiples colocaciones y formas al momento de la colocación teniendo en cuenta los parámetros del diseño.
- Idóneos para el tráfico rodado: Por su composición físico-mecánica tiene altas resistencias a la compresión y a la intemperie.
- Mínimo mantenimiento: Es de fácil colocación al momento te que por alguna razón de desprendió o fracturado.
- Acceso fácil y rápido a los servicios urbanos: Es funcional y estético.
- Cotos óptimos: el material de bajo costo y la mano de obra para la colocación no es especializada.

2.3. Propiedades físico-mecánicas

Para tener una idea clara de las propiedades físico-mecánicas se hará una descripción a partir de las normas NTC 5282 y la NTC 3829. Las normas en relación a los ensayos de laboratorio son; resistencia a la compresión, desgaste a la abrasión y reacción del material a la intemperie. Con los ensayos nombrados anteriormente se estable las dimensiones del adoquín, para que al momento del diseño del pavimento articulado cumpla con la condiciones requeridas de resistencia, confort, durabilidad entre otros.

3. Metodología

- **Etapa 1:** Se hace la caracterización del lodo residual, la cual se ejecutará a través de diversas pruebas químicas, físicas y mecánicas.
- **Etapa 2:** se establece los porcentajes de 5, 10, 15, y 20 ciento para hacer la respectiva mezcla con la arcilla. Esto se hace en la ladrillera san Joaquín, ya que se cuenta con un convenio para realizar la fabricación del adoquín. Se deja en firme que la fábrica no es de alta tecnología, entonces el secado se hace a temperatura ambiente, trascurrido 28 días se procede con el quemado en los hornos artesanales. La anterior apreciación se deja claro para tener en cuenta el tiempo en el cronograma de actividades de proceso investigativo.
- **Etapa 3:** teniendo en cuenta la NTC 5282 y la NTC 3829 se hacen las pruebas pertinentes para ver si cumple con las especificaciones escritas en la norma.
- **Etapa 4:** Se hace un estudio pertinente de relación con datos existentes de un adoquín estandarizado y los resultados obtenidos en los ensayos hechos al adoquín con porcentajes de lodo de papel.
- **Etapa 5:** Finalmente se hace se define los porcentajes óptimos de contenido de lodo en la arcilla para relacionar en una gráfica porcentajes de lodo VS resistencia a la compresión.

4. Avances

4.1. Caracterización química

Actualmente la investigación se encuentra en de la Etapa 1, la cual consta del proceso de la caracterización del material de lodo papelerero. Este objetivo se está llevando a cabo con el estudio físico-químico del material, con el fin de encontrar los rangos de humedad, los elementos y compuestos que lo conforman. La razón de este estudio es netamente técnico y se desarrolló en colaboración del Ingeniero Químico de la Universidad Nacional William Andrade, que desempeña la labor de docencia en el departamento de Ciencias Básicas en la Universidad Santo Tomás. Lo anterior se ejecuta en laboratorios de la facultad de ingeniería ambiental.

La siguiente tabla 1. muestra los resultados de la prueba de laboratorio crisol de humedad.

Tabla 1. laboratorio crisol de humedad			
condiciones	cantidad	observaciones	
peso de muestra en condiciones inalteradas (Kg)	0.23		
peso crisol (gr)	81.4983	peso obtenido de bascula	
peso crisol + muestra (gr)	93.1832		
temperatura ambiente °C	18		
temperaturas °C	61	tiempo (min)	4.5
	80		18
	105		19.7
después del calentamiento			
peso crisol + muestra (gr)	86.7058		
reacción con ácido nítrico	Si		

4.2. Visita a la ladrillera san Joaquín

La ladrillera San Joaquín S.A, ubicada en el municipio Nemocón de Cundinamarca, la cual se encarga de la recepción del desecho de lodo papelerero de la industria. En el transcurso de la visita, se observó todo el proceso de fabricación de elementos de mampostería, así como también la necesidad de implementar nuevas alternativas de materias primas para su elaboración, ya que es un proceso de que involucra grandes cantidades de material de cantera, recursos hídricos y la generación de emisiones nocivas para el medio ambiente.

En la siguiente imagen se evidencia la visita a la ladrillera san Joaquín, donde se destaca la arquitectura de los hornos y el material arcillo en su exposición con el medio ambiente.



IMAGEN 2: vista de la ladrillera san Joaquín, (imagen propia).

5. Conclusiones

En general los estudios pertinentes que se realizaron a la materia prima son esenciales, ya que este no estará en las condiciones apropiadas siempre, a causa de los cambios atmosféricos, pero da una aproximación de la temperatura de quemado y porcentajes óptimos de humedad.

Partiendo de que la ladrillera ha hecho ensayos de fabricación del adoquín con porcentajes errados de manera empírica y no ha resultado de la mejor manera, por lo tanto las condiciones físicas del adoquín ecológico no son aptas, porque cambian sus dimensiones estándares, el color del adoquín es verdoso, azulejo dependiendo de la temperatura al cual se queme. Esto se debe a que la temperatura de los hornos se controla manualmente y no es controlada, por último el adoquín evidencia fisuras; en condiciones de ventas no sería un material que cumpla con la norma NTC 5282 y NTC 3829, entonces procede con el desecho del mismo.

La academia se ve en la tarea de poner todos los procesos teóricos para poder solucionar los problemas que abordan esta investigación, de tal forma que se dé, de manera positiva el plan metodológico para llegar al fin último, que es tener la caracterización de un adoquín que contenga dos condiciones importantes como, la

mitigación de uso de los recursos naturales en la construcción y ser amigable con el medio ambiente.

6. Referencias

Artículos de revista

- BOJÓRQUEZ G, LUNA A, GALLEGOS R. (2000), "Sílice y lodo de papel, uso de residuos industriales como agregados en un concreto ligero". Revista de Temas de Ciencia y Tecnología. Vol. 4, No. 10, pp. 3-9.

Normas

- Norma técnica colombiana NTC 5282 y NTC 3829.

Fuentes electrónicas

- Catálogo de MALPESA. (2012,2013). Ventajas del adoquín cerámico, pp. 13-23.consultado el 23 de febrero de 2015 en <http://www.malpesa.es/>
- QUINCHÍA A. VALENCIA M., GIRALDO J. (2007, Julio). Uso de lodos provenientes de la industria papelera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción. Consultado el 23 de noviembre de 2014 en;
- http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200002&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- ASPAPEL. (2008). La guía de gestión de los residuos (fábricas de pasta, papel y cartón). Consultado el 20 de octubre de 2014 en;
- <http://www.aspapel.es/content/guia-de-gestion-de-residuos-fabricas-de-pasta-papel-y-carton-2008>

Sobre los autores

- **David S. Reyes Cantor:** Estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, Semillero de Vías y Transporte. davidreyesc@usantotomas.edu.co
- **Cristian S. Contreras Alfonso:** Estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, Semillero de Estructuras. cristiancontrerasa@usantotomas.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)