

## DISEÑO DE ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE

Francisco Alonso<sup>1</sup>, José Castellanos<sup>1</sup>, Josséph Mandujano<sup>1</sup>, Iveth Samayoa<sup>1</sup>, José Grajales<sup>1</sup>,  
Juan Cruz<sup>1</sup>, Jonathan Escobar<sup>2</sup>, Cesar Laguna<sup>2</sup>, Cristina Gordillo<sup>2</sup>

### RESUMEN

*Dentro de la tecnología del concreto, se presenta un diseño de mezcla que permite la permeabilidad en el concreto, este cambio en una de las características del concreto convencional, permite la filtración del agua a través del elemento de concreto. Entre una de las muchas aplicaciones que se le puede dar es usarlo como pavimento, permitiendo la filtración del agua al subsuelo logrando así la recuperación de los mantos acuíferos, y también elimina el problema de hidroplaneo al evitar acumulación de agua sobre la superficie.*

*El Instituto Americano del Concreto (ACI) en su norma ACI-552R, lo define como un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivo (en algunos casos) y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm, lo que permite el paso de agua.*

*En algunas ciudades se han empleado pavimentos permeables, el método más rápido, económico y eficiente para construirlos, es a través del uso de adoquines de concreto cuya forma, una vez instalado, deja espacios entre ellos que son rellenados*

*con agregado fino, por donde filtrará el agua de lluvia, sin perder la unión, la rigidez y la fricción necesaria para la estabilidad del pavimento. Los espacios entre adoquines, son los que proveen de permeabilidad al pavimento.*

*En este proyecto de investigación se propuso el diseño de mezclas de concreto permeable para elaborar adoquines permeables, con la finalidad de aumentar la filtración.*

**Palabras claves:** Adoquines, concreto, permeable.

### ABSTRACT

Inside the concrete technology, there is a mixing design that allows the permeability in the concrete, this change in one of the characteristics of the conventional concrete, allows the filtration of the water through the concrete element. Many applications that can be given at this concrete, one of them is to use it as a pavement, allowing the water to seep into the subsoil, thus achieving the recovery of the aquifer, and also eliminates the hydroplaning problem by avoiding accumulation of water on the surface.

The American Concrete Institute (ACI) in the standard ACI-552R, defines concrete as an open structure material with not slump, composed of Portland cement, coarse aggregate, a little or nothing of fine aggregate, additive (in some cases) and water. The mix of these ingredients produces a hardened material with interconnected pores, whose size varies from 2 to 8 mm, which allows the passage of water.

Permeable pavements have been used in some cities. The fastest, most economical and efficient method to construct them is through the use of concrete cobbles whose shape, once installed, leaves spaces between them that are filled with fine aggregate, in which filter the rain water, without losing the

<sup>1</sup> Docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas.

<sup>2</sup> Estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería, Facultad de Ingeniería-UNACH.

union, the rigidity and the friction necessary for the stability of the pavement. The spaces between pavers are those that provide pavement permeability.

This project proposed the design of permeable concrete mixtures to make permeable cobbles, in order to increase filtration.

**Keywords:** Cobbles, permeable, concrete.

## INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas no convencionales de mayor atractivo para el desarrollo de urbanizaciones de bajo impacto hidrológico, es la utilización de pavimentos permeables (Aire, 2011). Esta solución tiene la gran ventaja que no requiere construir una obra especial para reducir la escorrentía, sino que basta con cambiar el tipo de elementos utilizados (Gordillo, 2015). Por lo tanto, los adoquines permeables, además de brindar el mismo servicio que los adoquines tradicionales, en una gran cantidad de aplicaciones, contribuyen a reducir el área efectivamente impermeable de la urbanización (IMCYC, 2005). La idea básica es que no todo lo que se necesita pavimentar tiene que impermeabilizarse (IMCYC, 2006).

Con la utilización de adoquines permeables se consigue recargar los acuíferos y reducir el volumen y el caudal máximo de escorrentía, provocado por las lluvias (TEJAMAX, 2015).

También se remueven algunos contaminantes, mejorando la calidad del escurrimiento.

Por lo que la finalidad de este proyecto es diseñar la mezcla de concreto permeable para la elaboración de adoquines ecológicos y evitar de cierta forma que el peatón se moje los pies o se salpique, ya sea en parques, avenidas, andadores, etc.

Los adoquines permeables también son una forma de evitar inundaciones, ya que, al permitir las filtraciones al agua, se evitará que existan más acumulaciones de agua por las avenidas y que llegue hasta los ríos o arroyos, así mismo evitando que el gasto de los mismos aumente.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Toda ciudad en desarrollo presenta un proceso de urbanización el cual se enfoca a pavimentar calles ya sea con pavimento flexibles o rígidos, mismo que es un beneficio para la circulación de vehículos pues

permite un tránsito más fluido y permite un mejor desarrollo a los habitantes y a la comunidad misma, sin embargo este proceso de desarrollo tiene importantes efectos sobre las aguas de lluvia en una ciudad, principalmente debido a la disminución de la capacidad de infiltración y de almacenamiento, y a la eliminación de los cauces naturales de escurrimiento, mismos que se convierten en cauces artificiales que conducen el agua de lluvia hacia las partes más bajas de una ciudad aumentando el flujo que puedan soportar los colectores pluviales generando inundaciones más frecuentes, rápidas y severas, provocando que se dañen micro ecosistemas y cauces naturales. Así también provoca que aparezcan contaminantes asociados a la actividad urbana como hidrocarburos, metales pesados y basura orgánica e inorgánica entre otros, que son arrastrados por el agua, contribuyendo en gran manera a aumentar la contaminación difusa. No solo se producen cambios en zonas de circulación, sino que también afectan a banquetas, parques y andadores urbanos. Estos cambios producen un impacto totalmente negativo en la hidrología natural y en el medio ambiente.

Tomando las consideraciones anteriores, es necesario que se desarrollen proyectos de desarrollo urbano que mitiguen estos efectos y que controlen los escurrimientos que se producen con las lluvias. Por lo anterior, en este proyecto se presenta una propuesta de pavimento que permita que el agua de lluvia se infiltre hacia los acuíferos, utilizando para ello pavimentos a base de adoquines de concreto permeable, considerando que el Instituto Americano del Concreto en su norma ACI – 552R, lo define como un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento portland, agregados gruesos, poco a nada de finos, aditivos y agua.

## OBJETIVO

Elaborar adoquines a base de concreto permeable.

## Materiales

Los materiales que se usaron para la elaboración de los adoquines, fueron los siguientes:

- Cemento
- Grava de TMA de 3/4, 1/2, 3/8.
- Agua
- Moldes para adoquines

- Equipo básico de laboratorio de tecnología del Concreto para realización de diseño de mezcla, ensayos a compresión simple y de filtración.

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo para los adoquines se realizó de acuerdo a lo que establecen las normas para el diseño y ensayo de especímenes de concreto (NMX-C-155 ONNCCE, NMX-C-156 ONNCCE, NMX-C-159 ONNCCE, NMX-C-083 ONNCCE, NMX-C-109 ONNCCE), y con la metodología siguiente:

- Se caracterizaron los materiales utilizados para realizar un diseño de mezcla (Figura 1).
- Elaboración de especímenes cilíndricos para ensayo a compresión simple.
- Elaboración de adoquines de concreto permeable usando moldes diferentes y agregando a la mezcla colorantes para cemento (Figura 2).
- Ensayo de los especímenes cilíndricos y de los adoquines a compresión (Figura 3).
- Ensayos de filtración para conocer la permeabilidad del concreto.
- Análisis de resultados y conclusiones.



Figura 1. Caracterización de la grava de 3/8



Figura 2. Elaboración de los adoquines con grava de 3/8



Figura 3. Ensayo a la compresión del cilindro de concreto permeable

### MARCO TEÓRICO Pruebas de compresión

La prueba de compresión consiste en la fabricación de cilindros los cuales son sometidos a cargas axiales en una prensa hidráulica, antes de ser sometido a la carga se obtienen las dimensiones del cilindro (diámetro y área), se procede a cabecear el cilindro y a colocarlo en la prensa hidráulica, donde se le aplicará una fuerza axial hasta que presente una falla, obteniendo la carga máxima que soportó el cilindro en kg.

Una vez obtenido el área y la fuerza se procede a aplicar la ecuación 1 presentada a continuación:

$$P=F/A \quad \text{Ecuación 1}$$

P: Capacidad de carga en kg/cm<sup>2</sup>.  
 F: Carga aplicada en kg.  
 A: Área del espécimen en cm<sup>2</sup>.

**Tabla 1. Resultados obtenidos de las pruebas de compresión.**

Días	Resistencia kg/cm2
7	27.06
14	57.61
28	95.71

Fuente: Resultados obtenidas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, UNACH, Chiapas.

**Prueba de Permeabilidad:**

La permeabilidad es la propiedad de un material que permite el paso del agua a través de sus vacíos, bajo la acción de una carga hidrostática. El grado de permeabilidad se mide por su coeficiente de permeabilidad, el cual se basa en la ley propuesta por Darcy en el siglo XIX, la cual señala:

$$V = K * i \quad \text{Ecuación 2}$$

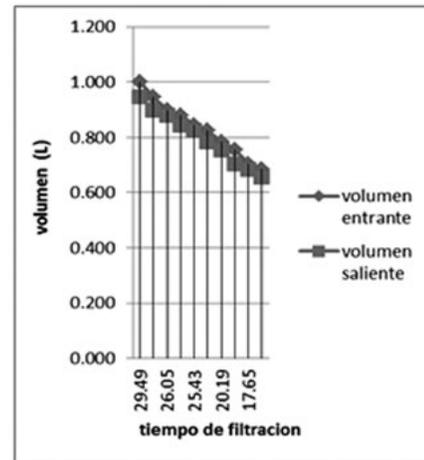
Dónde:

- V: Velocidad de escurrimiento de un fluido a través del suelo.
- K: Coeficiente de permeabilidad propio y característico.
- i: Gradiente hidráulico, el cual representa la relación entre las diferencias de nivel (H) y la distancia (L), que el agua recorre.

**Tabla 2. Tabla de resultados de pruebas de permeabilidad.**

No.	Tiempo de filtración	Volumen entrante (l)	Volumen saliente (l)
1	29.49	1,000	0.945
2	28.80	0.945	0.900
3	26.05	0.900	0.880
4	25.53	0.880	0.845
5	25.43	0.845	0.825
6	24.13	0.825	0.785
7	20.19	0.785	0.755
8	18.55	0.755	0.705
9	17.65	0.705	0.685
10	14.64	0.685	0.655

Fuente: Resultados obtenidas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, UNACH, Chiapas.



Fuente: Resultados obtenidas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, UNACH, Chiapas.

*Gráfico 1. Valores obtenidos en la prueba de permeabilidad.*

En el laboratorio se llevó a cabo la prueba de permeabilidad, de la cual se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 2, y la gráfica que se muestra en la Figura 1.

**CONCLUSIONES**

El análisis realizado a las pruebas de laboratorio, muestran que el adoquín permeable es capaz de soportar acciones a compresión y presenta un buen porcentaje de filtración, lo que permite ser utilizado como elemento para la elaboración de andadores y pavimentos con poco flujo vehicular. Así también al ser piezas pequeñas presentan un proceso constructivo de fácil elaboración y transporte, lo que permite que pueda darse una transferencia de tecnología que permita emplearse en diversas comunidades.

## REFERENCIAS

- Aire, C. (2011). Concreto Permeable: Alternativas sustentables. IMCYC Construcción y Tecnología. <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>. Noviembre 2016.
- Gordillo, T. (2015). Uso de pavimentos permeables de adoquines de H para el control de la escorrentía en centros urbanos. [http://www.sismatica.net/gdc/utilidades/objetos/documentos/Archivo\\_516.pdf](http://www.sismatica.net/gdc/utilidades/objetos/documentos/Archivo_516.pdf). Noviembre 2016
- IMCYC(2005). Las posibilidades del concreto. IMCYC Construcción y Tecnología. <http://www.imcyc.com/cyt/mayo05/POSIBILIDADES.pdf>. Octubre 2016
- IMCYC(2006). El concreto en obra, problemas, causas y soluciones. IMCYC Construcción y Tecnología, <http://www.imcyc.com/ct2006/marzo06/PROBLEMAS.pdf>. Octubre 2016
- TEJAMAX(2015). Ventajas y aplicaciones de los pavimentos de adoquines de concreto. GRUPO TEJAMAX. <http://www.grupotejamax.com/noticias/ventajas-y-aplicaciones-de-los-pavimentos-de-adoquines-de-concreto/>. Noviembre 2016
- NMX-C-155-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Concreto – Concreto hidráulico industrializado – Especificaciones.
- NMX-C-156-1997-ONNCCE Industria de la construcción – Concreto – Determinación del revenimiento en el concreto fresco.
- NMX-C-159-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Concreto – Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.
- NMX-C-083-ONNCCE-2002 Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto – Método de prueba.
- NMX-C-109-ONNCCE-2004 Industria de la construcción – Concreto – Cabeceo de especímenes cilíndricos.