Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2026,
Volumen 10, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5

IMPLEMENTACIÓN DE HORMIGONES PERMEABLES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y SU REUTILIZACIÓN EN LOS PARQUES DE GUAYAQUIL.

IMPLEMENTATION OF PERMEABLE CONCRETE FOR RAINWATER HARVESTING AND REUSE IN GUAYAQUIL PARKS

Cristopher Fernando Sánchez Chancay
Universidad San Gregorio de Portoviejo-USGP

Mario Ecuador Macías Loor
Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5.26135

Implementación de hormigones permeables para la captación de aguas lluvias y su reutilización en los parques de Guayaquil.

Cristopher Fernando Sánchez Chancay [1]
e.cfsanchez@sangregorio.edu.ec
cristopherfsch@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0003-2697-9202
Universidad San Gregorio de Portoviejo-USGP
Ecuador

Mario Ecuador Macías Loor [2]
mario.macias@megarok.com.ec
http://orcid.org/0009-0003-0235-0194
Universidad San Gregorio de Portoviejo-USGP
Ecuador

RESUMEN

Guayaquil enfrenta inundaciones en temporada lluviosa y escasez de agua para riego en temporada seca, resultado de la impermeabilización de sus superficies urbanas. Este estudio tuvo como objetivo diseñar y evaluar la viabilidad técnica de un sistema de hormigones permeables para la captación, almacenamiento y reutilización de aguas lluvias en parques públicos de Guayaquil. Con un enfoque mixto de predominio cuantitativo, se caracterizaron en laboratorio las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas de una dosificación de hormigón permeable, se dimensionó el sistema de captación para tres prototipos de parques barriales, temáticos y metropolitanos según un evento de diseño de 5 años de retorno, se aplicó una encuesta de percepción a 100 personas del sector de la construcción. Los resultados muestran resistencias de 11, 14 y 18 MPa a los 7, 14 y 28 días, dentro del rango reportado para pavimentos peatonales, con permeabilidad estable en todas las edades. El balance hídrico estacional arrojó una cobertura del 129% de la demanda de riego en temporada seca, y el 94.9% de los encuestados consideró la solución replicable en parques. Se concluye que el sistema es viable en los prototipos barrial y temático, mientras que el metropolitano requiere infiltración distribuida.

Palabras clave: hormigones permeables; captación aguas lluvias; reutilización de agua; Guayaquil.

[1] Autor principal.
Correspondencia: e.cfsanchez@sangregorio.edu.ec

Implementation of permeable concrete for rainwater harvesting and reuse in Guayaquil parks

ABSTRACT

Guayaquil faces flooding during the rainy season and irrigation water shortages during the dry season, consequences of the impermeabilization of its urban surfaces. This study aimed to design and evaluate the technical feasibility of a permeable concrete system for rainwater harvesting, storage, and reuse in Guayaquil's public parks. Using a mixed-methods approach with a quantitative emphasis, the study characterized the physical-mechanical and hydraulic properties of a specific permeable concrete mix in the laboratory; sized the harvesting system for three park prototypes—neighborhood, thematic, and metropolitan—based on a 5-year return period design event; and surveyed 100 construction sector professionals regarding their perceptions. Results showed compressive strengths of 11, 14, and 18 MPa at 7, 14, and 28 days—falling within the range reported for pedestrian pavements—with stable permeability across all ages. The seasonal water balance indicated that the system met 129% of irrigation demand during the dry season, and 94.9% of respondents considered the solution replicable in parks. The study concludes that the system is feasible for neighborhood and thematic park prototypes, whereas the metropolitan park prototype requires distributed infiltration.

***Keywords*:** permeable concrete; rainwater harvesting; water reuse; Guayaquil.

Artículo recibido 06 agosto 2026
Aceptado para publicación: 12 septiembre 2026

INTRODUCCIÓN

La primera aplicación de hormigón permeable registrada se remonta al año 1852, con la construcción de dos casas en el Reino Unido. En 1930, el uso del material para la construcción de casas fue adoptado por la Asociación de Vivienda Especial de Escocia. Finalizada la Segunda Guerra Mundial, gran parte de Europa se encontraba en condiciones deplorables, existía escasez de mano de obra calificada y materiales, y una gran necesidad de viviendas. El hormigón permeable se impuso como una solución factible, contribuyendo sustancialmente a la producción de viviendas en el Reino Unido, Alemania, Holanda, Francia, Bélgica, Escocia y Hungría (American Concrete Institute, 2010). En Inglaterra específicamente se empleó el hormigón permeable para la construcción de viviendas de dos pisos conocidas como Wimpey Houses, caracterizadas por su eficiencia constructiva y buenas condiciones de aislamiento. Para esos casos, el hormigón era utilizado como elemento estructural en muros que posteriormente se impermeabilizaban superficialmente. (Reeves, 1989).

En la región, Uruguay ofrece uno de los antecedentes regionales, el Grupo de Hormigón Estructural de la Universidad de la República desarrolló, en convenio con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, los primeros pavimentos de hormigón permeable construidos en el país. La guía contempla el diseño, la elaboración, la construcción y el mantenimiento de hormigón permeable, teniendo en cuenta los materiales y procedimientos constructivos específicos de Uruguay (Spalvier, y otros, 2021). Ese trabajo se apoyó en el proyecto de grado que caracterizó por primera vez en el país las propiedades del hormigón permeable (Díaz, Herrera, & Marrero, 2020)

En Ecuador, el estudio del hormigón permeable presenta un desarrollo más tardío en comparación con el resto de la región; sin embargo, el número de investigaciones ha aumentado de manera considerable en los últimos años. La investigación se ha orientado hacia la contextualización y optimización del hormigón permeable con materiales y condiciones locales. (Marroquin & Trejo, 2019); validaron en Quito resistencias de 14 a 18 MPa en hormigón permeable, adecuadas para tránsito peatonal, y destacaron su viabilidad técnica y económica (Marroquin & Trejo, 2019) ; demostraron que la adición de puzolana y humo de sílice incrementa la permeabilidad sin afectar la resistencia, representando una alternativa económica y sostenible (Alban & Ayala, 2024). Más recientemente, un estudio en Cuenca

evaluó hormigones modificados con aditivos impermeabilizantes (Gonzalez Cárdenas & Ortiz Zuñiga, 2026), lo que confirma que el interés por el material se extiende ya a distintas ciudades del país.

Las variables que afectan el comportamiento del hormigón poroso son: granulometría, dosis de cemento, relación agua/cemento y contenido de vacíos. Sin embargo, el diseño exitoso de mezcla debe probarse en lotes de ensayo para establecer las propiedades requeridas tiempo de asentamiento, tasa de desarrollo de resistencia, porosidad y permeabilidad (Campuzano, Espinoza, & Sánchez, 2015).

En Guayaquil, los antecedentes son escasos; la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la ESPOL documentó, en 2016, un sistema de pavimento y evacuación de aguas lluvias como solución de control de inundaciones en el sector de Los Tamarindos, en Milagro, un antecedente directo de aplicación de soluciones de drenaje sostenible en el entorno costero ecuatoriano. El antecedente más recientemente, (Romero, Machuca, & Pincay, 2024) diseñaron un prototipo de hormigón permeable para áreas recreativas en la Universidad Estatal de Milagro.

Guayaquil ha reemplazado las superficies naturales de infiltración por pavimento impermeable, lo que provoca inundaciones en la época lluviosa y, meses después, falta de agua para riego en la temporada seca. El hormigón permeable ofrece una alternativa: capta, almacena y reutiliza el agua en lugar de repelerla

A nivel mundial, la urbanización acelerada ha transformado radicalmente el ciclo hidrológico natural. Según el ACI 522R-10, el uso de hormigones permeables como alternativa de drenaje sostenible ha demostrado resultados comprobados en diversas ciudades del mundo, sin embargo, su adopción en países en vías de desarrollo sigue siendo limitada (American Concrete Institute, 2010). A esto se suma la creciente presión sobre los recursos hídricos, lo que ha impulsado a organismos internacionales a promover sistemas de captación y reutilización de aguas lluvias como estrategia de adaptación al cambio climático (UNESCO, 2018).

Esta problemática adopta cifras concretas en Guayaquil: sus estaciones meteorológicas Aeropuerto, Universidad Estatal e INOCAR registran una precipitación promedio anual de entre 1.070 y 1.257 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, 2025, pág. 99), concentrada principalmente en la temporada lluviosa de diciembre a mayo, lo que sobrecarga el sistema de drenaje urbano existente.

Eventos como el fenómeno de El Niño evidencian la debilidad del sistema de drenaje urbano. Las zonas con escasa infraestructura verde sufren mayores afectaciones, lo que subraya la necesidad de integrar áreas verdes como soluciones basadas en la naturaleza para la gestión de aguas pluviales. (Parques EP, 2025). Esta postura institucional respalda la pertinencia de explorar el hormigón permeable como alternativa constructiva para la captación de aguas lluvias en los espacios públicos de la ciudad.

Por razones ambientales y aprovechando esas precipitaciones mediante un sistema de captación basado en hormigón permeable reduciría el volumen de agua que ingresa al sistema de drenaje urbano. disminuyendo el impacto de las inundaciones, y permitiría regar las áreas verdes en la temporada seca, sosteniendo su cobertura vegetal y uso recreativo.

Desde el punto de vista técnico, el estudio evaluará la capacidad de infiltración de hormigones con un contenido de vacíos de entre 8% y 15% sin comprometer los requerimientos estructurales, para diseñar un sistema de captación, almacenamiento y reutilización replicable en otros parques con características similares. Su disponibilidad comercial en el país, como el producto Hydromedia, fabricado en Guayaquil con resistencias de hasta 21 MPa y tasas de infiltración de 250 a 750 mm/min (Holcim, s.f.)confirma su viabilidad para superficies de tránsito peatonal.

El presente estudio tiene como objetivo diseñar y evaluar la viabilidad técnica de un sistema de hormigones permeables para la captación, conducción y reutilización de aguas lluvias en parques públicos de Guayaquil, como estrategia de gestión hídrica frente a las inundaciones urbanas. De manera específica, se busca caracterizar las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas de estas mezclas, diseñar el sistema de captación, almacenamiento y reutilización, y analizar su viabilidad de implementación en Guayaquil.

METODOLOGÍA

La investigación adopta un enfoque mixto, con predominio cuantitativo. El componente cuantitativo sostiene el argumento central del estudio: datos meteorológicos medibles a través del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, y las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas del hormigón permeable. El componente cualitativo aparece de forma complementaria en la caracterización descriptiva del estudio y en el uso de evidencia de percepción pública sobre la aceptación social de este tipo de solucion.

Por su finalidad, es una investigación de tipo aplicado la cual no busca generar teoría nueva sobre el hormigón permeable, sino resolver un problema técnico concreto mediante el diseño de una solución constructiva evaluable en un caso real. (Marroquin & Trejo, 2019) en la Universidad Central del Ecuador, clasifican la caracterización de mezclas de hormigón permeable como experimental-observacional, en la medida en que implica manipular variables de dosificación relación agua-cemento, porcentaje de finos y observar su efecto sobre la resistencia y la permeabilidad. Parques EP., registra un total de 2.298 parques distribuidos en el cantón Guayaquil. Esta cifra refleja una cobertura territorial significativa, pero con una altísima concentración geográfica. (Parques EP, 2025).

La investigación adopta un enfoque aplicado, de tipo experimental-descriptivo, que combina trabajo de campo, análisis hidrológico y ensayos de laboratorio.

Tabla 1 Elaboración propia a partir de datos tomados (Parques EP, 2025)

Distribución de Parques por parroquias de Guayaquil	
PARROQUIAS	**# DE PARQUES**
CARBO CONCEPCIÓN	5
FEBRES CORDERO	90
LETAMENDI	9
PASCUALES	254
ROCAFUERTE	20
PUNÁ	18
PROGRESO	28
POSORJA	29
EL MORRO	10
TENGUEL	14
TARQUI	1402
XIMENA	419
TOTAL	**2298**

Tres parroquias concentran la mayoría de los parques de Guayaquil: Tarqui reúne 1.402, el 61% del total, mientras que Ximena 419 y Pascuales 254 suman otro 30%. El 9% restante se reparte entre las demás parroquias, urbanas y rurales.

Funcionalmente, los parques de la ciudad se clasifican en barriales y vecinales, metropolitanos como el Parque Samanes, temáticos como el Skate Park y el Rocódromo, y plazas o espacios simbólicos como el Seminario y el Centenario.

Existe un listado de 30 parques más visitados, con flujos que oscilan entre 100 y 500 visitantes diarios, y un caso excepcional como el Parque Samanes, que reporta hasta 4.000 usuarios diarios (Parques EP, 2025). Parque EP. administra un total de 2.298 áreas verdes de las cuales 425 áreas se encuentran bajo contratos de servicios de manteniendo agronómico, las restantes reciben mantenimiento a través de

administración directa, es decir con mano de obra de la empresa. La infraestructura, personal técnico y presupuesto de Parques EP. no ha sido suficiente para dar cobertura equitativa a todas las zonas del cantón. (Parques EP, 2025).

A partir de este inventario, y dada la heterogeneidad de escalas que reúne desde parques barriales de uso vecinal cotidiano hasta parques metropolitanos como el Área Nacional de Recreación Parque Samanes, será la base para el diseño de un prototipo representativo de sistema de captación con hormigón permeable en cada escala, de modo que la propuesta resulte replicable en distintos tipos de parque y no se limite a una intervención puntual.

Tabla 2 Elaboración propia a partir de datos tomados Geo portal Municipal de Guayaquil

Prototipo	**Rango**	**Valor representativo**
Barrial/vecinal	1,000 – 5,000 m²	**3,000 m²**
Temático/zonal	6,000 – 20,000 m²	**10,000 m²** (1 ha)
Metropolitano	> 5 ha	**100,000 m²** (10 ha)

Instrumentos y herramientas empleadas

El levantamiento de información en campo combinó fuentes primarias y secundarias. Debido a que el trabajo de campo se desarrolló durante la época de verano, el registro de precipitación no se obtuvo mediante instrumentación directa en sitio, sino a partir de series históricas de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI y sus estaciones meteorológicas. Guayaquil, cuenta con tres estaciones meteorológicas las cuales registran los meses más lluviosos de diciembre a mayo.

Tabla 3 Estaciones meteorológicas y precipitación anual en Guayaquil, elaboración propia a partir de datos tomados (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, 2025)

Código	**Estación**	**Altura (msnm)**	**Precipitación anual (mm)**
M0056	Guayaquil Aeropuerto	5	1165,29
M0075	Guayaquil INOCAR	4	1069,9
M1096	Guayaquil U. Estatal (Radio Sonda)	6	1257,44

La dotación de riego para áreas verdes va desde los 2-8 l/m2 al día según (MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador), 2015, pág. 17)

Tabla 4 Prototipos de parque y demanda hídrica estimada elaboración propia a partir de datos tomados Geo portal Municipal de Guayaquil y (MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador), 2015)

Prototipo	**Área verde (50%)**	**Dotacion (l/m2/dia)**	**Demanda diaria(m3/dia)**	**Demanda mensual**	**Demanda temporada seca 6 meses**
Barrial/ vecinal	1,500 m²	2.0	3.0 m³/día	90 m³/mes	540 m3
Temático/zonal	5,000 m²	2.0	10.0 m³/día	300 m³/mes	1800m3
Metropolitano	50,000 m²	2.0	100.0 m³/día	3000 m³/mes	18000m3

2.0 L/m²/día es la dotación la tasa de riego por metro cuadrado de área verde a usar según el MIDUVI; **3.0 m³/día es la demanda total** resultante.

$$1{,}500\ m2 \times 2.0\ L/m2/día = 3{,}000\ L/día = 3.0\ m3/día$$

A mayor tamaño el parque, la necesidad de agua como la capacidad de captarla crecen proporcionalmente. **Dimensionamiento de captación de agua**

De acuerdo a la última actualización del Plan Maestro realizada en el año 2021, las ecuaciones pluviométricas aplicables para la ciudad de Guayaquil son: $I = \frac{C}{t_d e + f}$

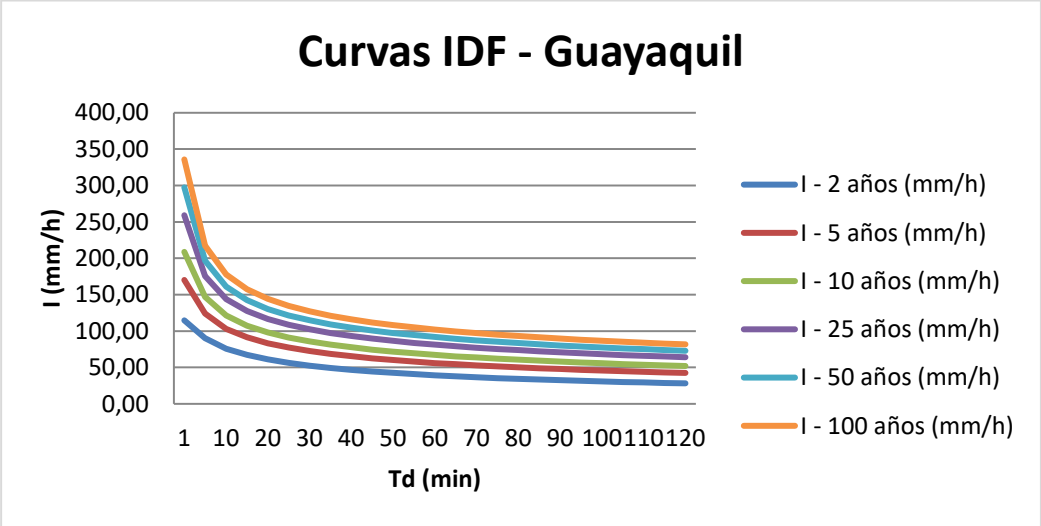
Donde c, e, f son los coeficientes de parametrización; y td la duración en minutos. Los valores de los coeficientes (Interagua - Veolia, 2023, pág. 17), se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 5 Período de retorno para coeficientes de curva IDF (Interagua - Veolia, 2023, pág. 18)

Período de retorno para coeficientes de curva IDF

Coeficientes curva IDF	Período de retorno					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
c	742,53	570,75	521,00	486,47	471,72	463,15
f	5,4707	2,3521	1,4944	0,8770	0,5861	0,3789
e	0,6346	0,5022	0,4475	0,3979	0,3701	0,3477

Ilustración 1 Elaboración propia a partir de los coeficientes de la curva IDF (Interagua - Veolia, 2023)



Usando $\boldsymbol{I = \frac{C}{t_d e + f}}$ con los coeficientes de T=5 años, para td = 120 min o 2h, dentro del rango calibrado de la curva IDF $\boldsymbol{I = \frac{570.75}{120^{0.5022} + 2.3521} \approx 42.5 mm / h \rightarrow P_2 h = 85 mm}$

La intensidad seria 42.5 mm/h lo que equivaldría a una Precipitación en 2 horas de 85mm.

Volumen a captar $\boldsymbol{Volumen = Área\ de\ captación\ x\ Precipitaciona\ anual\ x\ C}$ siendo :

Área de captación = 25% del área total de m2 del parque

Precipitación Anual =1.1625 m

C = Coeficiente de eficiencia de captación (0.80) de la superficie

Para el coeficiente de captación (C) del sistema, se adoptó un valor de C=0.80 en analogía con los coeficientes de escorrentía reportados para sistemas de captación de agua pluvial, los cuales varían entre

80% y 95% según el tipo de superficie de captación (Pollitz & Bertsch, 2024). Se seleccionó el extremo inferior de este rango considerando la capacidad de absorción del concreto permeable, resultado de su porosidad característica, en comparación con las superficies de captación convencionales. Dando como resultado un dimensionamiento según la siguiente tabla:

Tabla 6 Elaboración propia Dimensionamiento del sistema de captación para evento de diseño *(T = 5 años, td = 120 min, P_2h = 85 mm, C = 0.80)*

Prototipo	**Área captación (25%)**	**Agua captada disponible (anual C=0,80)**	**Demanda temporada seca 6 meses**	**Cobertura**	**Dimensiones**
Barrial/vecinal	750 m²	697.5 m³	540 m3	***129%***	*2 módulos 335 m3 (11.58 X 11.58 X 2.50)*
Temático/zonal	2,500 m²	2325 m³	1800m3	***129%***	*6 módulos 372.10 m3 (12.2 X 12.2 X 2.50)*
Metropolitano	25,000 m²	23250m³	18000m3	***129%***	*60 módulos 372.10 m3 (12.2 X 12.2 X 2.50)*

En laboratorio, la caracterización de las mezclas de hormigón permeable requiere moldes, para las probetas de resistencia a compresión y moldes de placa de 30 × 30 × 10 cm para los ensayos de permeabilidad, un martillo de Proctor para la compactación por capas, y una prensa de compresión universal para los ensayos mecánicos.

Materiales para la elaboración del hormigón permeable

Tabla 7 Materiales y su uso, elaboración propia

Materiales	**Uso**
Tubo PVC("4")	Usado para el sistema de filtración de agua.
Tornillos	Usado para fijar los moldes de madera.
Madera de Plywood	Utilizado para los moldes.
Arena	Creación de concreto.
Cemento Tipo GU – Cemento de uso general	Materiales para la cohesión de hormigón.
Grava ¾ o #67	Proporcionar resistencia y volumen.
Agua	Esencial para la mezcla de concreto.
Carretilla	Trasporte y realización de la mezcla.
Baldes	Transporte de diferentes tipos de materiales pesados.
Balanza	Utilizado para el peso de cantidades.
Pala	Trasporte y desplazamiento de material

Tabla 8 Proporciones de Grava y arena en distintos porcentajes.

Dosificaciones para el prototipo de Hormigón Permeable.					
Relación G/A	**Cemento ($m3$)**	**Arena ($m3$)**	**Grava ¾ ($m3$)**	**Agua (L)**	
100% - 0%	Muestra#1	0,002	0	0,01389	1.9
90% - 10%	Muestra #2	0,002	0,001523	0,0125	1.7
85% - 15%	Muestra #3	0,002	0,002284	0,0118	1.7
80% - 20%	Muestra #4	0,002	0,00304	0,0111	1.6

Ilustración 2 Curado y Reposo de Hormigón Permeable (Romero, Machuca, & Pincay, 2024)



El ensayo de compresión es una de las pruebas más comunes para medir qué tan resistente es el hormigón. De acuerdo con la norma ASTM C39/C39M-23: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, este método consiste en someter probetas cilíndricas a una carga axial continua hasta alcanzar la falla del material, registrando la máxima carga soportada para determinar su resistencia a compresión (ASTM International C39M, 2023)

En el hormigón permeable, este ensayo muestra cómo se relacionan la porosidad interna y la capacidad estructural del material. Los vacíos interconectados afectan el desempeño mecánico, y su posible aplicación en elementos constructivos de bajo tránsito.

Tabla 9 Ensayo de compresion a los 7 días

N°	Edad	A/C	Dosificación Cemento - grava	Medidas del cilindro (cm)	Resistencia a la compresión (kgf/cm2)	Mínimo (kgf/cm2)
1	7 días	0,25	1:3	15x30	108,0	117
2	7 días	0,25	1:3	15x30	106,0	117

Ilustración 3 Rotura de cilindro 7 días



Tabla 10 Ensayo de compresion a los 14 días

N°	Edad	A/C	Dosificación Cemento - grava	Medidas del cilindro (cm)	Resistencia a la compresión (kgf/cm2)	Mínimo (kgf/cm2)
1	14 días	0,25	1:3	15x30	143	144
2	14 días	0,25	1:3	15x30	141	144

Ilustración 4 Rotura de cilindro 14 días



Tabla 11 Ensayo de compresion a los 28 día

N°	Edad	A/C	Dosificación Cemento - grava	Medidas del cilindro (cm)	Resistencia a la compresión (kgf/cm2)	Mínimo (kgf/cm2)
1	28 días	0,25	1:3	15x30	179	180
2	28 días	0,25	1:3	15x30	178	180

Ilustración 5 Rotura de cilindro 28 días



Las normas ASTM no disponen de un método estandarizado para la determinación de la permeabilidad del hormigón permeable, lo que dificulta la comparación directa entre resultados obtenidos en diferentes estudios. Sin embargo, el American Concrete Institute (ACI), mediante su informe ACI 522R-10, propone una metodología experimental basada en un permeámetro de caída simple, el cual permite cuantificar la tasa de infiltración del agua a través del material (ACI 522R-10 , 2010) .Ante la falta de un procedimiento normativo formalizado, se adoptó un método alternativo de evaluación empírica: verter un volumen controlado de agua sobre la superficie de la probeta y registrar la cantidad filtrada en un tiempo determinado. Se trata de una metodología simplificada, pero suficiente para obtener una estimación práctica y comparativa del comportamiento hidráulico del hormigón permeable elaborado.

Tabla 12 Ensayo de Permeabilidad a los 7 días.

Probeta 7 días Permeabilidad	Tiempo (min)	Medidas	Cuanto pasó
Probeta	**1**	**2 litros**	**1850 ml**
Probeta	**5**	**2 litros**	**2000 ml**

Tabla 13 Ensayo de Permeabilidad a los 14 días

Probeta 14 días Permeabilidad	Tiempo(min)	Medidas	Cuanto pasó
Probeta	**1**	**2 litros**	**1850 ml**
Probeta	**5**	**2 litros**	**2000 ml**

Tabla 14 Ensayo de Permeabilidad a los 28 días.

Probeta 28 días Permeabilidad	Tiempo (min)	Medidas	Cuanto pasó
Probeta	**1**	**2 litros**	**1850 ml**
Probeta	**5**	**2 litros**	**2000 ml**

Ilustración 6 Ensayo de Permeabilidad a los 7 dias **Ilustración 7** Ensayo de Permeabilidad a los 28 dias



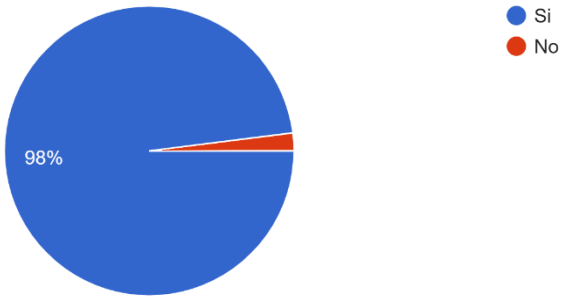


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección recoge los resultados de la encuesta aplicada a 100 personas. El propósito fue conocer su percepción sobre el hormigón permeable y el grado de aceptación.

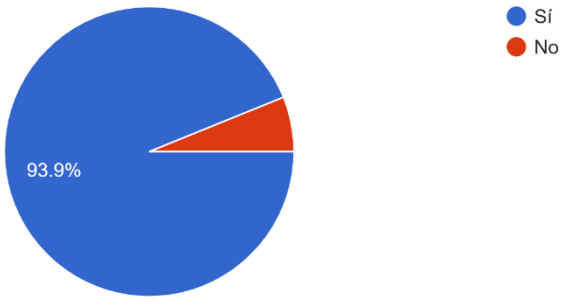
1) Cursa una carrera universitaria o tienes estudios profesionales relacionados al área de la construcción.

100 respuestas



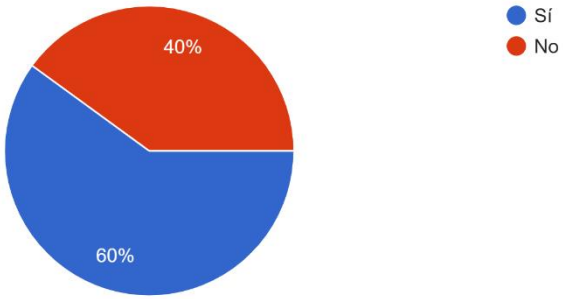
2) Conoce o ha escuchado el concepto de hormigón permeable

98 respuestas



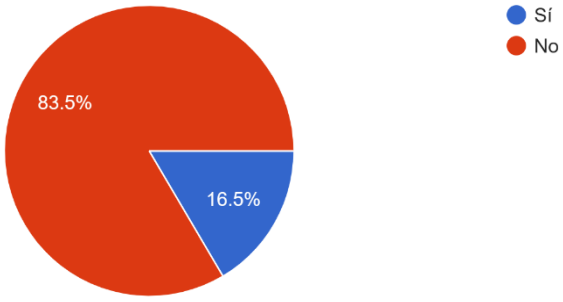
3) A escuchado de algún proyecto que se haya utilizado hormigón permeable en el extranjero

100 respuestas



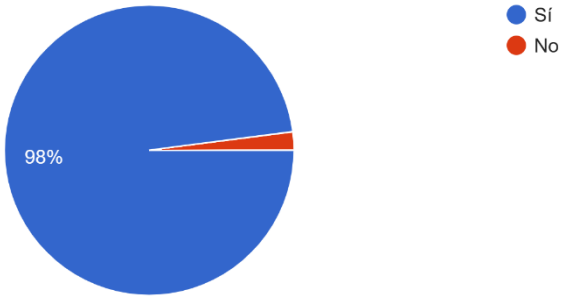
4) A escuchado de algún proyecto que se haya utilizado hormigón permeable en el país

97 respuestas



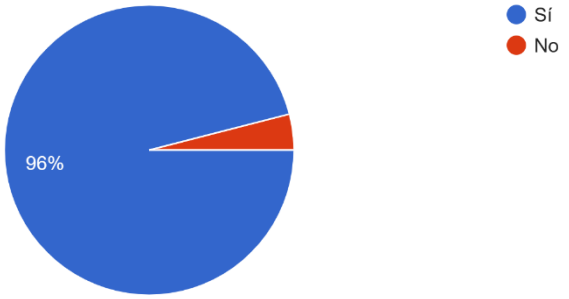
5) Consideras que el agua captada mediante sistemas de hormigón permeable puede reutilizarse técnica y operativamente para el riego de dichas áreas verdes.

98 respuestas



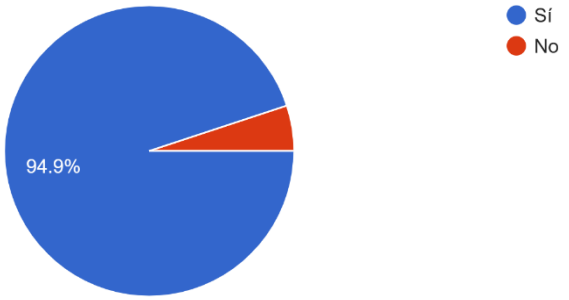
6) El hormigón permeable es un material que permite que el agua de lluvia se infiltre en el suelo en lugar de acumularse en la superficie. ¿Considera u...as de inundación durante la temporada de lluvias?

100 respuestas



7) Considera que la aplicación de hormigón permeable podría replicarse en parques de distintos tamaños de Guayaquil (Barrial/ vecinal - Temático/zonal - Metropolitano)

99 respuestas



La encuesta, aplicada a 100 personas ; un 98% a personas del área de la construcción, mostró que el 93.9% ya conocía el hormigón permeable, aunque solo el 16.5% conocía proyectos ejecutados en Ecuador frente a un 60% que los conocía en el extranjero, confirmando su escasa aplicación local. El 98% consideró viable reutilizar el agua captada, el 96% que reduciría inundaciones, y el 94.9% que es replicable en parques de distinto tamaño.

La dosificación 90% grava, 10% arena se evaluó a los 7, 14 y 28 días de curado. Los valores obtenidos, 11, 14 y 18 Mpa , quedan dentro del rango de 14 a 18 MPa de (Marroquin & Trejo, 2019)para Quito, también caen dentro del rango internacional de 3.5 a 28 MPa que reportan (Tennis, Leming, & Akers, 2004), con un valor usual de 17 MPa, adecuado para pavimentos peatonales de bajo tránsito. Los valores alcanzaron el 60% de la resistencia a 28 días a los 7, y el 80% a los 14, una progresión coherente con la curva estándar de aceptación 65-80-100% (117, 144, 180 kgf/cm²). Esto confirma que el curado fue adecuado, y que la diferencia frente al objetivo responde a la dosificación orientada a maximizar vacíos, no a una falla de curado. La permeabilidad, por su parte, se mantuvo estable en las tres edades, coherente con (Díaz, Herrera, & Marrero, 2020) depende del contenido de vacíos del diseño de la mezcla, no de la edad de la probeta.

Para el evento de diseño T = 5 años, td = 120 min, P2h = 85 mm, C = 0.80, los volúmenes de captación fueron 51 m³ para parque barrial, 2 módulos, 170 m³ parque temático, 6 módulos y 1,700 m³ parque metropolitano, más de 60 módulos, cerca de 23,000 m³. Los dos primeros son replicables en un parque activo; el metropolitano no lo es como sistema unificado y se plantea como línea futura mediante infiltración distribuida al subsuelo. Esto coincide con (Tennis, Leming, & Akers, 2004) los parques y aceras están entre los usos más exitosos del hormigón permeable, aunque advierten que la colmatación por sedimento y hojas, recuperable en 80% a 90% con lavado a presión, es el principal riesgo, por lo que sugiere un protocolo de limpieza periódica en los parques de Guayaquil.

Bajo esta primicia, los prototipos barrial y temático son directamente replicables con los sistemas de captación que se plantea. El prototipo metropolitano, en cambio, necesita un enfoque diferenciado captura parcial más infiltración distribuida. Esto sugiere que, pasado cierto punto, capturar y almacenar el 100% del volumen teórico deja de ser la estrategia más razonable. Una alternativa es dimensionar el almacenamiento de los parques metropolitanos para una cobertura parcial de la demanda, ajustada al espacio disponibles, y dejar que el excedente cumpla la función original del hormigón permeable: infiltrarse hacia el subsuelo en vez de almacenarse. Eso sigue reduciendo el volumen que llega al alcantarillado, aunque el agua no se reutilice después.

CONCLUSIONES

La dosificación 90% grava, 10% arena alcanzó resistencias de 11, 14 y 18 MPa a los 7, 14 y 28 días, dentro del rango reportado por (Marroquin & Trejo, 2019)para hormigón permeable peatonal en Ecuador. La progresión de resistencia 60%-80%-100% coincidió con la curva estándar de aceptación, lo que confirma que el curado fue adecuado y que la brecha frente al valor objetivo responde al diseño de mezcla orientado a maximizar el contenido de vacíos, no a una deficiencia constructiva. La permeabilidad se mantuvo estable en las tres edades evaluadas, confirmando que depende del diseño de la mezcla y no del tiempo de curado.

El sistema de captación dimensionado para el evento de diseño T=5 años, P2h=85 mm, C=0.80 resultó directamente replicable en los prototipos barrial y temático, con 2 y 6 módulos de almacenamiento respectivamente, sin alterar el uso actual del espacio. El prototipo metropolitano, en cambio, exigiría más de 60 módulos, un volumen inviable como sistema unificado dentro de un parque en funcionamiento; se plantea en su lugar una estrategia de captura parcial combinada con infiltración distribuida al subsuelo como línea de trabajo futura. El balance hídrico estacional confirmó una cobertura del 129% de la demanda de riego en temporada seca, validando el componente de reutilización planteado en el objetivo del estudio.

La encuesta de percepción, aplicada a 100 personas vinculadas al área de la construcción, respalda la pertinencia de la propuesta: el 98% consideró viable la reutilización del agua captada, el 96% que reduciría las inundaciones, y el 94.9% que el sistema es replicable en parques de distinto tamaño. Sin embargo, solo el 16.5% conocía proyectos ejecutados en el país, frente a un 60% que los conocía en el extranjero, lo que evidencia que la limitante para la adopción del hormigón permeable en Guayaquil no es conceptual sino de aplicación práctica.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que la implementación de hormigón permeable para la captación y reutilización de aguas lluvias es técnicamente viable en parques barriales y temáticos de Guayaquil, y que su extensión a escala metropolitana requiere un enfoque de infiltración distribuida antes que de almacenamiento unificado. La propuesta responde de forma directa al objetivo general del estudio y ofrece una alternativa replicable dentro del inventario de 2,298 parques administrados por Parques EP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACI 522R-10 . (2010). *Guía para el Diseño y Construcción de Hormigón Permeable*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/674936811/ACI-522-R-ESPANOL

Alban, H., & Ayala, N. (2024). Influencia del uso de cemento con adiciones minerales en la resistencia a la compresión, flexión, permeabilidad y costos del hormigón permeable aplicando el análisis estadístico de varianza ANOVA. https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/34384.

American Concrete Institute. (Marzo de 2010). *Report on Pervious Concrete*. Obtenido de https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/522R-10web.pdf

ASTM International C39M. (2023). *Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/911185370/Astm-c39m-23#content=query:compacta,pageNum:2,indexOnPage:0,bestMatch:false

Campuzano, L., Espinoza, J., & Sánchez, C. (2015). Concreto poroso: constitución, variables influyentes y comportamiento. *Cumbres*, https://revistas.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/4/5.

Díaz, A., Herrera, T., & Marrero, I. (2020). *Estudio de las características del hormigón permeable y su implementación en el Uruguay.* . Montevideo : Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ingeniería.

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. (2025). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2024 - 2027.* Guayquil.

Gonzalez Cárdenas, W. G., & Ortiz Zuñiga, J. S. (2026). *Estudio técnico del diseño y dosificacion de hormigon Permeable modificado con propiedades de impermeabilizacion.* Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Holcim. (s.f.). *Hydromedia: concreto permeable (ficha técnica).* Guayaquil.

Interagua - Veolia. (1 de Septiembre de 2023). *TD-IA-031 Bases y Criterios de Diseño Civil.docx.* Obtenido de https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/2023-08/NTD-IA-031%20%20Bases%20y%20Criterios%20de%20Diseño%20Civil%20%28COPIA%20NO%20CONTROLADA%29%20%281%29.pdf

Marroquin, P., & Trejo, P. (Noviembre de 2019). Diseño de hormigon permeable para el aprovechamiento de agua lluvia en superficie de uso peatonal. *Trabajo de Titulacion Universidad Central del Ecuador*. Quito, Ecuador.

MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador). (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 16: Norma Hidrosanitaria NHE Agua (ed. 2015, CEDECOM–MIDUVI).* Quito.

Parques EP. (Agosto de 2025). *Empresa Pública Municipal de Parques, Áreas Verdes y Espacios Públicos de Guayaquil.* Obtenido de Plan Estrategico Institucional 2025-2030: https://parquesep.gob.ec/wp-content/uploads/2025/Documentos/PLAN_ESTRATEGICO_PARQUES_EP_AGOSTO_2025signedsignedsigned_signed.pdf

Pollitz, J., & Bertsch, S. (2024). *Manual de captación de agua pluvial para el riego de jardines.* Sonoma CA: Sonoma-Marin Saving Water Partnership.

Reeves, B. (1989). *Structural condition of Wimpey no-fines low-rise dwellings.* Building Research Establishment, 1989.

Romero, S., Machuca, L., & Pincay, V. (2024). Diseño de prototipo de hormigón permeable para áreas recreativas en la Universidad de Milagro (UNEMI). *Ciencia Latina Internacional*, 8352-8370.

Spalvier, A., Diaz, A., Marrero, L., Baliosian, T., Pielarisi, R., & Segura, L. (2021). Recomendaciones sobre Pavimentos de Hormigón Permeable. *https://img1.wsimg.com/blobby/go/b7a391c7-47a2-48c8-a71e-4964ac32829b/downloads/Guia%20-%20Pavimentos%20de%20Hormig%C3%B3n%20Permeable_v9_web.pdf?ver=1761076337372*.

Tennis, P. D., Leming, M. L., & Akers, D. J. (2004). *Pervious concrete pavements (EB302).* Portland: Portland Cement Association; National Ready Mixed Concrete Association.

UNESCO. (19 de Marzo de 2018). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*. Obtenido de https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018