

1998-09-23

---

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.  
CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA  
DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO  
AL AGUA**



E: CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE. CONCRETES  
TEST METHOD FOR DETERMINATION OF PERMEABILITY

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES: concreto; hormigón; determinación de  
permeabilidad.

---

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4483 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1998-09-23

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 "Concreto, mortero y agregados" de la Secretaría Técnica de Normalización de ASOCRETO.

AGRECON	GRUPO DIAMANTE SAMPER
ASOCRETO	HOLDERBANK
BASF QUÍMICA	ICPC
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.	KORN WALDMAND
CONCRETOS PREMEZCLADOS S.A.	LABORATORIOS CONCRELAB
CONSTRUCTORA COLPATRIA	LABORATORIOS DE INGENIERÍA URBAR
E.A.A.B.	SIKA NADINA S.A.
ECOPETROL	TUBESA S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ÁRIDOS DE ANTIOQUIA	MANUFACTURAS DE CEMENTO TITÁN
CEMENTOS BOYACÁ S.A.	MTB-TECNOCONCRETO S. A.
CENTRO DE METROLOGÍA SIC	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
CONCRETO S.A.	COMERCIO
DIRIMPEX LTDA.	TOXEMENT S. A.
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INGEYMA	

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.  
CONCRETOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR  
LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA**

**0.    INTRODUCCION**

El paso del agua a través de una estructura de concreto genera dos problemas en la construcción, el primero la pérdida del líquido, la cual puede tener un efecto contaminante o no, dependiendo de la naturaleza del mismo; el segundo el ingreso al concreto de agentes agresivos disueltos en el agua que conducen, con el tiempo, al deterioro de la estructura.

Existen dos formas bien diferenciadas de circulación del agua a través del concreto:

Permeabilidad al agua: es un fenómeno por el cual se produce el movimiento del agua a través del concreto, como consecuencia de una presión exterior, que se genera, la mayoría de las veces por la altura del nivel del agua sobre el punto considerado. Aquí, si la red de capilares del concreto es muy fina, debido a diámetros muy pequeños de los capilares, el caudal de circulación resulta despreciable.

Absorción capilar: en el proceso de absorción capilar, el líquido que se encuentra en contacto con el concreto no saturado, y que penetra en él por absorción capilar, lo hace con mayor velocidad a medida que el diámetro de los capilares sea mayor. Por lo tanto, para que un concreto sea impermeable la red capilar debe ser muy fina, pero por otra parte, entre más fina sea la red capilar mayor es la absorción del concreto.

En la práctica, y muy frecuentemente, es de mayor interés conocer el grado de absorción y la porosidad de un concreto, que la permeabilidad; especialmente cuando se trata de una estructura que va a estar sometida al ataque de sustancias agresivas, disueltas en el agua . La determinación del coeficiente de permeabilidad (K), es de interés cuando se espera una presión hidrostática importante.

**1.    OBJETO**

Este método comprende la determinación, en el laboratorio, del coeficiente de permeabilidad (K) del concreto endurecido por dos métodos: flujo constante y profundidad de penetración. El primero se usa para la determinación del coeficiente de permeabilidad de concretos de alta permeabilidad y el segundo en concretos que, por su diseño, composición y características, son de muy baja permeabilidad. La Tabla 1 establece los parámetros de clasificación de los concretos aplicables a los dos métodos relacionados.

Cualquiera de los dos métodos de ensayo es aplicable tanto a especímenes moldeados en el laboratorio o en la obra, como a núcleos extraídos de una estructura.

**Tabla 1. Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración**

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coeficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	$10^{-12}$ a $10^{-10}$	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	30 a 60	> 60

## **2.    ALCANCE Y USO**

El ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad K, implica ejercer sobre la cara del espécimen una presión equivalente a 0,5 MPa (50 m de agua). Es claro que, en la mayoría de los casos, supera en mucho la presión de servicio de la estructura. La justificación consiste en que al evaluar K a presiones mucho menores, el tiempo de ensayo se prolonga demasiado, haciendo poco práctico el ensayo.

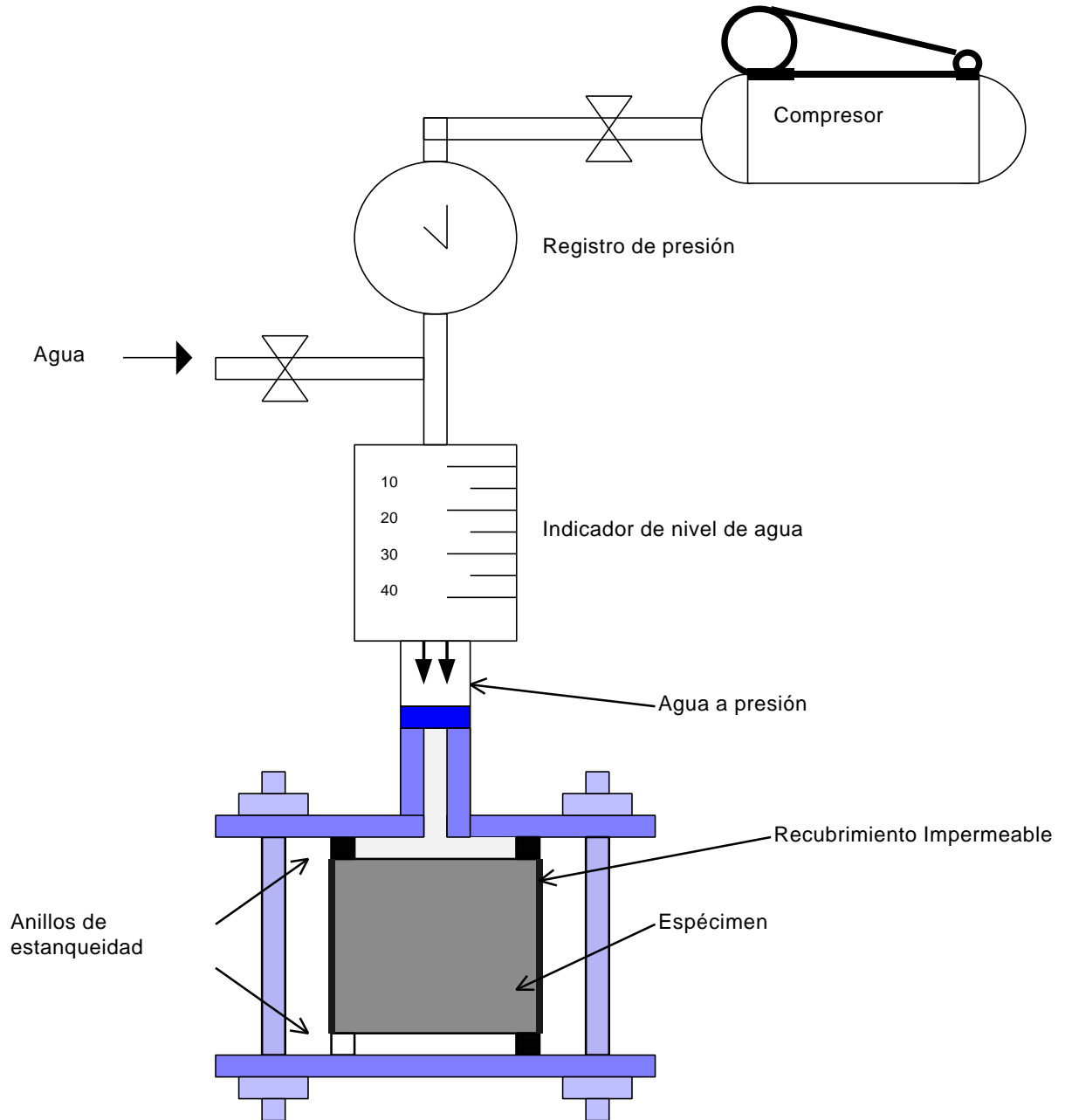
Una vez determinado K, de acuerdo al método propuesto, se puede emplear, posteriormente, junto con la presión de servicio real, bien sea para comprobar el adecuado dimensionamiento de los diferentes elementos, en el caso de una estructura nueva; o bien para determinar la profundidad de penetración del agua, para un tiempo dado, en una estructura ya construida, lo que indica al diseñador la suficiencia de la misma o la necesidad de aplicar un recubrimiento impermeable extra sobre su superficie.

## **3.    DISPOSITIVO DE ENSAYO**

El dispositivo de ensayo comprende cualquier tipo de aparato cuyo funcionamiento sea similar al de la Figura 1. Se trata de una celda compuesta por dos platos, con orificios centrales. Sobre los platos se encuentran adheridos unos empaques, los cuales forman un sello contra la filtración del agua a presión.

Entre los dos platos se coloca un espécimen de ensayo, al cual se ajustan los anillos ejerciendo presión mediante el mecanismo previsto para ello. El agua actúa a presión sobre una de las caras del espécimen y, dependiendo de la permeabilidad del concreto, alcanza o no la cara opuesta, al terminar el tiempo previsto de ensayo.

Nota 1. Es recomendable que el dispositivo de ensayo disponga de una probeta graduada, la cual almacena el agua que va a permean el concreto, de esta manera se puede controlar, con mínima pérdida y máxima precisión, el caudal en el ensayo de flujo constante.



**Figura 1. Dispositivo de ensayo**

#### **4.    ESPECÍMENES DE ENSAYO**

El ensayo debe realizarse sobre especímenes cilíndricos cuyo diámetro sea como mínimo de 100 mm y su altura de por lo menos 100 mm. Se debe determinar tanto el diámetro como la altura del espécimen previamente al ensayo de permeabilidad.

Se deben evaluar por lo menos tres especímenes en cada ensayo, de forma que se puedan descartar valores dispersos. Cuando el ensayo tenga por fin establecer comparativos entre varios concretos, debe evaluarse la permeabilidad, en lo posible, sobre especímenes de iguales dimensiones.

#### **5.    PREPARACION Y ALMACENAMIENTO DE LOS ESPECÍMENES**

##### **5.1    PREPARACIÓN**

Los especímenes se elaboran y se curan de acuerdo con la NTC 1377 (ASTM C192). Los núcleos se extraen y se almacenan de acuerdo con la NTC 3658 (ASTM C42). Se debe retirar por medios mecánicos (grata, buzarda), la capa superficial de cemento y/o mortero de ambas caras de los especímenes elaborados para evitar lecturas erróneas de permeabilidad, las cuales se dan cuando el agua empieza a atravesar la superficie de afinado del espécimen, la cual tiene comúnmente características diferentes a las del interior del espécimen.

Cuando se cortan con un disco diamantado, núcleos y especímenes cilíndricos de altura mayor a la requerida para el ensayo, la superficie de corte debe prepararse, antes del ensayo, de igual manera a lo descrito en el párrafo anterior, ya que el corte colmata a menudo los poros del concreto.

La superficie lateral de los especímenes, así como un pequeño sector circular de la cara sobre la cual va a trabajar el agua a presión (generalmente el área que va a cubrir el empaque), se recubren con una capa gruesa de pintura epóxica, para evitar la penetración de agua por las mismas y garantizar un flujo unidireccional estable.

##### **5.2    EDAD DE LOS ESPECÍMENES**

Tanto los especímenes elaborados para el ensayo de permeabilidad, y los núcleos, deben tener una edad superior a 28 d cuando se les practique el ensayo de permeabilidad. En función de especificaciones particulares, otras edades pueden ser elegidas.

Nota 2. Se recomienda tener en cuenta que la aplicación de presiones muy grandes a especímenes de concreto muy jóvenes, que no han desarrollado aún suficiente resistencia mecánica, puede dar lugar a microfisuras que conducen a valores falsos de permeabilidad.

#### **6.    PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

##### **6.1    DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD POR FLUJO CONSTANTE**

El ensayo se realiza llevando a la celda de ensayo el espécimen o el núcleo y aplicando sobre una de sus caras horizontales una presión de 0,5 MPa durante 4 d. Una vez saturado el espécimen, e iniciado el flujo por la cara opuesta, se hacen mediciones sucesivas de caudal, hasta verificar que dicho flujo se ha hecho constante.

Una vez se establece flujo constante, se determina el volumen de agua que atraviesa el espécimen en un tiempo determinado, bien sea haciendo mediciones de nivel de agua en la probeta graduada o midiendo el flujo en un recipiente contra el tiempo. Una vez se ha determinado el caudal, dividiendo el volumen de agua en la unidad de tiempo, se procede a calcular el coeficiente de permeabilidad del concreto mediante la ecuación (1).

$$K = \frac{\rho L g Q}{PA} \quad (1)$$

Donde:

K	=	coeficiente de permeabilidad en m/s
$\rho$	=	densidad del agua en kg/m <sup>3</sup>
L	=	longitud del espécimen en m
g	=	aceleración de la gravedad en m/s <sup>2</sup>
Q	=	caudal de agua en m <sup>3</sup> /s
P	=	presión del agua en N/m <sup>2</sup>
A	=	área transversal del espécimen en m <sup>2</sup>

La aplicación de la presión debe hacerse en el sentido del vaciado del concreto, a excepción de los ensayos sobre núcleos, donde generalmente no es posible cumplir con este requisito, en caso de que al terminar el período de ensayo determinado, aún no se ha producido flujo constante, o no a aparecido agua en la cara opuesta del espécimen, se procede a determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto de acuerdo con la medición de la profundidad de penetración.

## **6.2 DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION**

Una vez cumplidos los 4 d sin haber registrado flujo constante, inmediatamente se secciona el espécimen perpendicularmente a la cara sobre la cual se aplicó la presión de agua y se mide la profundidad promedio de penetración. El ensayo de tracción indirecta (véase la NTC 722 (ASTM C496)) es normalmente el método más adecuado para seccionar el espécimen.

Una vez se ha determinado la profundidad promedio de penetración, es posible deducir el coeficiente de permeabilidad por medio de la ecuación (2).

$$K = \frac{D^2 v}{2Th} \quad (2)$$

Donde:

K	=	coeficiente de permeabilidad en m/s
D	=	profundidad de penetración en m
T	=	tiempo para penetrar la profundidad D en s
h	=	cabeza de presión en m
v	=	porosidad del concreto en ensayo determinada mediante la norma ASTM C-642.

Nota 3. La condición necesaria para que la profundidad de penetración se pueda convertir en un coeficiente de permeabilidad, es que el flujo sea unidireccional. Para que esto se cumpla, se requiere que la profundidad de penetración sea considerablemente más pequeña que el diámetro del espécimen. Esto conlleva a que en concretos de alta permeabilidad, la profundidad de penetración no se pueda convertir en un coeficiente de permeabilidad.

El grado de permeabilidad del concreto se relaciona con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración como se muestra en la Tabla 1. Véase el numeral 2.

## **7. APÉNDICE**

### **7.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE**

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen disposiciones de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización, los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación:

NTC 722:1996, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para la determinación de la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C496)

NTC 1377:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio. (ASTM C192).

NTC 3658:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas (ASTM C42).

ASTM C642:1990, Test Method for Specific Gravity, Absorption and Voids in Hardened Concrete.



**Anexo A (Informativo)**

**Equivalencias**

Con el fin de una mejor comprensión de la naturaleza del ensayo y las presiones que se usan para determinar K, se listan a continuación algunas equivalencias de unidades de presión.

1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	0,0981 N/mm <sup>2</sup>
1Mpa	=	1 N/mm <sup>2</sup>
1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	10 m H <sub>2</sub> O
1 Mpa	=	102 m H <sub>2</sub> O