

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la resistencia a la flexión del concreto mediante el ensayo de carga en los tercios medios de la luz, aplicado sobre una viga simplemente apoyada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Elaborar una viga de concreto mediante el procedimiento de moldeo y curado establecido en la norma NTC 1377.
- Realizar el ensayo de flexión al concreto, siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTC 2871.
- Calcular el módulo de rotura del espécimen ensayado y analizar los resultados obtenidos, con el fin de evaluar el cumplimiento de las especificaciones de diseño y la resistencia esperada según la dosificación empleada.
- Identificar y clasificar la ubicación de la falla presentada en el espécimen, determinando si ocurrió dentro o fuera del tercio medio de la luz, según lo establecido en la norma NTC 2871.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a la flexión del concreto se refiere a la medida de la resistencia a la tracción de un espécimen de concreto típicamente prismático. Se mide a partir de aplicación de cargas continuas a una viga de sección transversal de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) y con una luz mínima de 3 veces el espesor. Aquí se puede determinar el esfuerzo a flexión denominado como el módulo de rotura (M_r) colocando la carga sobre los tercios de la luz o directamente sobre el punto medio, en ambos casos la viga esta simplemente apoyada y se debe medir la carga máxima aplicada hasta el punto de la falla (CivilGeek, 2014).

El módulo de rotura o ruptura (M_r) es un parámetro muy importante que mide la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de flexión antes de romperse, normalmente se utiliza en el diseño de estructuras que van a estar sometidas a este tipo de cargas constantemente como en el caso de los pavimentos rígidos. Hay diversos factores que pueden influir en el resultado del ensayo como las proporciones en el diseño de la mezcla, la calidad de los materiales utilizados, el tiempo y las condiciones del curado del concreto, entre otras. La importancia

de este valor de resistencia es esencial para estructuras que están sujetas a cargas dinámicas, vibraciones o tensiones, establecerla correctamente garantiza una mayor seguridad estructural, optimiza la utilización de recursos a partir de diseños eficientes y más económicos, además de darla mayor durabilidad a las estructuras reduciendo el riesgo de fisuras y deformaciones prematuras en los elementos (De La Cruz, 2025).

Figura 1. Ensayo de flexión de concreto.



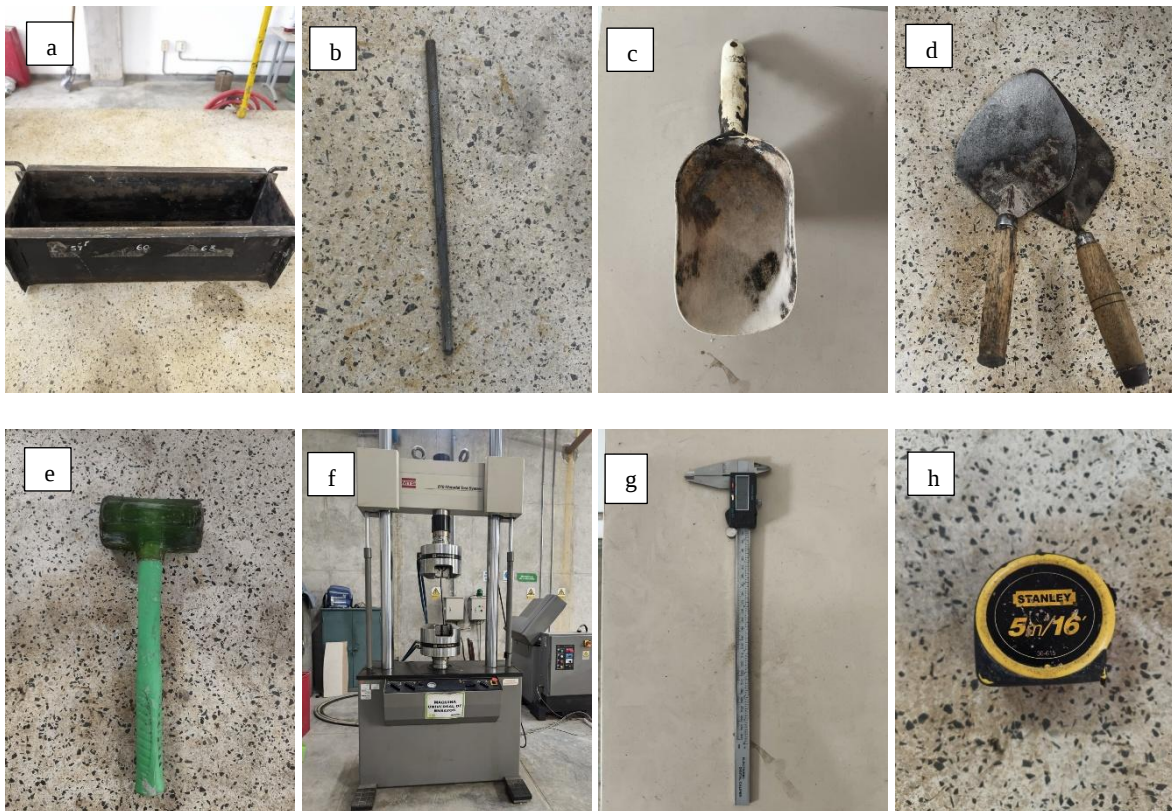
Fuente. Rivera (2026).

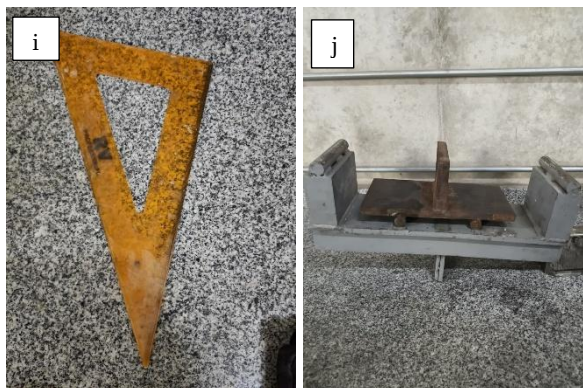
Determinar el módulo de rotura es fundamental en proyectos que requieren una alta resistencia a la flexión. Entre estos se encuentran los pavimentos rígidos diseñados para carreteras o aeropuertos, los cuales deben soportar el peso y las vibraciones generadas por vehículos pesados. Otra estructura que también requiere de este valor para su diseño son los muros de contención, sometidos a cargas dinámicas y empujes del terreno, así como las placas de concreto utilizadas en bodegas industriales, donde se encuentran constantemente expuestas al tráfico y a maquinaria pesada. Todas estas estructuras requieren un módulo de rotura alto para asegurar su estabilidad y durabilidad, así como para prevenir fisuras y deformaciones prematuras (Concretos NABOMB, 2024).

MATERIALES Y EQUIPOS

- (a) Molde prismático rectangular metálico
- (b) Varilla de compactación
- (c) Cuchara para concreto
- (d) Palustre
- (e) Martillo de goma
- (f) Máquina universal de ensayos (MTS)
- (g) Calibrador o pie de rey
- (h) Flexómetro
- (i) Escuadra
- (j) Soportes metálicos

Figura 2. Materiales y equipos.





Nota. Registro fotográfico materiales y equipos de laboratorio.

Fuente. Rivera (2026).

PROCEDIMIENTO

Elaboración viga de concreto:

- A partir de una muestra de concreto fresco se debe fundir un espécimen de concreto prismático para realizar el ensayo. Para realizar este espécimen lo primero es alistar el molde donde se va a fundir, se deben lubricar muy bien el interior con aceite o grasa, y sellar muy bien los espacios que pueden quedar entre las paredes de este con el fin de evitar pérdidas de agua.
- Con el molde listo se puede fundir el espécimen, en este caso una viga de concreto. Se mezcla muy bien la muestra de concreto, y se empieza a llenar el molde, en dos capas iguales debido a que la altura del molde no supera los 200 mm. Se distribuye uniformemente el material sobre la primera capa con ayuda de la cuchara y luego se procede a compactar con ayuda de la varilla, se debe tener en cuenta que la cantidad de golpes de define según el área superficial del espécimen.

Nota: El molde que se utiliza en el laboratorio para este tipo de ensayos tiene una sección transversal de 15 cm x 15 cm y una longitud de 50 cm aproximadamente, por tanto, el área superficial es de 750 cm². En la tabla 2 de la NTC 1377 se define que para un área superior a 320 cm² se debe dar 1 golpe por cada 14 cm² de área que tenga el espécimen.

- Teniendo en cuenta el área superficial del molde se van a dar 54 golpes por cada capa con la varilla de punta redondeada que debe tener un diámetro de 16 ± 2 mm. Los golpes se deben distribuir uniformemente sobre toda la capa en todo su espesor. Luego de compactarla, se deben dar de 10 a 15 golpes por la parte exterior del molde

con el martillo de goma para ayudar a liberar los vacíos y sacar burbujas de aire atrapadas durante este proceso.

- Se continua con el llenado del molde con la segunda que debe llegar hasta que se rebose el volumen del molde, luego se apisona uniformemente toda la superficie dando 54 golpes con la varilla permitiendo que la varilla permitiendo que la varilla penetre 25 mm dentro de la capa inferior, asimismo se deben dar de 10 a 15 golpes por el perímetro del molde para liberar vacíos dentro de la viga.
- Por último, se debe retirar el exceso de concreto y nivelar correctamente la superficie de la viga, con ayuda de un palustre o de una herramienta adecuada se realizan movimientos horizontales a lo largo del molde hasta obtener una superficie lisa. Se debe dejar el espécimen en un lugar fresco o en un cuarto húmedo durante 24 ± 8 horas, hasta que sea retirado el molde e iniciar el proceso de curado.

Proceso de curado:

- Luego de pasar el tiempo requerido para el fraguado del espécimen se debe retirar el molde metálico y desencofrar la viga de concreto. Con la viga desmoldada se debe marcar en la parte superior para identificar las caras que estuvieron en contacto directo con el molde, así como la fecha de elaboración del espécimen.
- Con la viga debidamente marcada se lleva al cuarto húmedo para realizar el curado por inmersión hasta que cumpla la edad de falla requerida, la temperatura en este cuarto debe ser controlada de 23 ± 2 °C y el agua debe cubrir totalmente la superficie de la viga.

Nota: Para ensayos de flexión las edades recomendadas de falla son de 14 y 28 días y se deben estar verificando las condiciones en el cuarto húmedo durante este periodo.

Ensayo de flexión:

- Primero se debe sacar el espécimen del cuarto húmedo teniendo cuidado de no golpearlo durante su traslado al sitio del ensayo. Además, se deben mantener húmedos todo el tiempo hasta la realización del ensayo, es decir, no se deberá secar superficialmente la viga ya que esto daría como resultado una reducción en la resistencia a la flexión medida.
- Se coloca la viga sobre la mesa de trabajo y se procede medir la longitud del espécimen y a marcar los puntos respectivos para la colocación de los soportes. En este ensayo la viga va a estar simplemente apoyada en sus dos extremos y se va a

colocar una carga en los dos tercios de su luz por tanto es importante marcar las líneas sobre al menos tres de sus caras las cuales estuvieron en contacto con las paredes del molde, teniendo en cuenta que la posición de los soportes debe quedar uniformemente distribuida sobre la superficie de la viga.

Nota: En la Figura 1 de la NTC 2871 se da una vista esquemática de cómo se deben colocar los soportes sobre la viga, así como las dimensiones y medidas que se deben trazar como guía para la colocación de la viga en la máquina.

- Luego de marcar las líneas de referencia en las caras de la viga, se coloca el soporte inferior en la máquina que servirá como el apoyo simple, luego se coloca la viga alineando los soportes con las marcas realizadas previamente, de manera que quede centrada para la aplicación de la carga.
- Con la viga simplemente apoyada en el equipo, se procede a colocar el soporte superior alineando nuevamente los rodillos con las líneas demarcadas, para que quede justamente sobre los tercios de la viga, luego se aplica una pequeña precarga con el fin de que todo quede alineado y ajustado para la realización del ensayo.
- Se procede a ajustar los parámetros del ensayo en el computador de la maquina tales como la velocidad y el registro de datos durante la práctica. La aplicación de la carga debe ser a una tasa constante que este entre 0,9 MPa/s y 1,2 MPa/s hasta que ocurra la rotura del espécimen.
- Con todo listo se procede a realizar el ensayo de flexión, en el computador se puede ir observando en tiempo real la carga aplicada, así como el grafico de carga vs desplazamiento hasta que ocurre la falla en la viga.

Nota: Se debe detallar la zona donde ocurre la falla de la viga, es decir si ocurre dentro del tercio medio de luz o si ocurre fuera de esta zona, ya que si ocurre fuera de esta zona se debe considerar esta distancia para saber si el ensayo se considera valido o no.

- Por último, se deben tomar las medidas del ancho y la altura en la zona de la falla del espécimen, con ayuda de un calibrador se toman 3 medidas de cada una teniendo en cuenta la orientación de la sección transversal durante la realización del ensayo.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los datos registrados en el laboratorio y en la maquina universal de ensayos:

Calcular el módulo de rotura del espécimen ensayado, de la siguiente manera:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

R = Módulo de rotura (Mpa)

P = Carga máxima aplicada (kN)

L = Distancia entre apoyos (mm)

b = Ancho promedio del espécimen en la fractura (mm)

d = Altura promedio del espécimen en la fractura (mm)

Esta fórmula aplica siempre y cuando la fractura ocurra dentro del tercio medio de la distancia entre apoyos, si no es así, se deben revisar los numerales 8.2 y 8.3 de la NTC 2871.

A partir de los resultados obtenidos se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿La fractura la viga ensayada ocurrió dentro del tercio medio de la luz entre apoyos?
En caso de que no haya sido así, indique qué fórmula se utilizó y por qué.
- ¿El valor de módulo de rotura obtenido es coherente con los valores típicos esperados para concreto (entre 2 y 7 MPa aproximadamente)? Compare su resultado con este rango y justifique posibles diferencias.
- ¿Qué relación existe entre el módulo de rotura obtenido a flexión y la resistencia a la compresión de este concreto?
- Describa el tipo de falla observado en la viga y relacione esta observación con el comportamiento esperado del concreto a tensión.
- ¿En qué tipo de elementos o proyectos de ingeniería civil especialmente relevante el módulo de rotura del concreto, y por qué se prefiere este parámetro sobre la resistencia a la compresión en dichos casos?



BIBLIOGRAFÍA

- CivilGeek. (2014, October 5). *Resistencia a la flexión del concreto*. CivilGeeks.com.
<https://civilgeeks.com/2011/03/18/resistencia-a-la-flexion-del-concreto/>
- De La Cruz, U. (2025, 25 de marzo). *¿Qué es el Módulo de Ruptura (MR) y por qué es importante en la construcción?* CUCMEX. <https://www.cucmex.com/blog/que-es-el-modulo-de-ruptura-mr-y-por-que-es-importante-en-la-construccion>
- Concretos NABOMB. (2024, 12 de julio). *Concreto MR (Módulo de Ruptura)*.
<https://concretosnabomb.com/concreto-mr-modulo-de-ruptura/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2021). *Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos en el laboratorio* (NTC 1377:2021). ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2018). *Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios)* (NTC 2871:2018). ICONTEC.



FORMATO TOMA DE DATOS

Tabla1. Formato para registro de datos.

ID	Descripción	Medida		
L	Distancia entre apoyos (mm)			
b	Ancho del espécimen en la fractura (mm)			
d	Altura del espécimen en la fractura (mm)			
P	Carga (KN)			

OBSERVACIONES: