



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la densidad del cemento hidráulico para el diseño y control de las mezclas de concreto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Establecer la densidad del cemento hidráulico, siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTC 221.
- Calcular la densidad del cemento hidráulico y analizar el resultado obtenido según el tipo de cemento y sus condiciones, con el fin de evaluar su aplicabilidad en el diseño de mezclas de concreto.

INTRODUCCIÓN

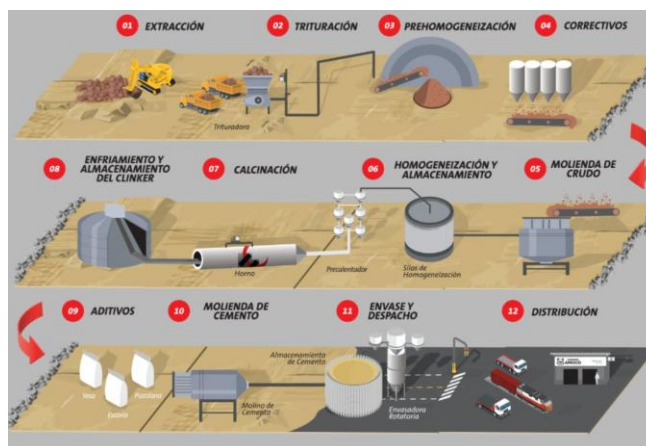
El cemento Portland es uno de los materiales más importantes para la ingeniería civil a nivel mundial, se conoce por ser un polvo finamente molido, compuesto principalmente por silicatos de calcio y algunos aluminatos de calcio, y que a partir de la mezcla con el agua este forma una pasta que fragua, se endurece y genera una gran resistencia con el tiempo, es por esto que también se lo conoce como cemento hidráulico, debido a la reacción química que se genera y forma un material con excelentes propiedades aglutinantes (Cosquiere, 2023).

Este cemento fue inventado y patentado por Joseph Aspdin y James Parker en 1824, y su nombre característico se dio, porque cuando fraguaba, obtenía un color muy parecido a la piedra Portland, un tipo de caliza que se extraía en la costa del canal de Portland, ubicada en el sur de Inglaterra. William Aspdin (hijo de Joseph Aspdin) en 1843 fue quien comenzó la producción de este cemento, en una planta en Rotherhithe, un área ubicada en un municipio de Londres, mediante un calentamiento más intenso y el uso de mejores equipos de molienda para procesar el Clinker, siendo así uno de los pioneros en la industria del cemento Portland (The Screed Scientist, s.f.).

Para realizar la producción del cemento se requieren de diversas etapas hasta llegar al consumidor final, lo primero es la extracción de las materias primas, las cuales son la piedra caliza y la arcilla, que luego se llevan un proceso de trituración inicial y mezclado, después se lleva esta mezcla a unos hornos rotatorios de calcinación a grandes temperaturas (1400-1600 °C) donde se producen unos gránulos conocidos como Clinker, un insumo fundamental en este proceso. A partir de la obtención del Clinker, se deja enfriar el material para ser

llevado a la molienda junto con otros componentes como el yeso quien funciona como regulador del fraguado del material y algunas adiciones (escorias de alto horno, cenizas volantes, caliza, puzolanas) que sirven para crear los diferentes tipos de cemento. Por último, se da la etapa de almacenamiento y embalaje del producto terminado para ser distribuido por los diferentes productores a nivel mundial (Quiros, 2017).

Figura 1. Producción industrial del cemento.



Nota. Proceso de fabricación de cemento. Tomado de Holcim México [Infografía], 2026.

De acuerdo al proceso productivo y las adiciones utilizadas, los cementos pueden ser de diferentes tipos según la característica que aporten a la mezcla de concreto, el primero es conocido como cemento de Uso General (UG) o tipo I este es un cemento convencional que es utilizado en construcciones industriales y civiles en donde no se tienen agentes externos o especificaciones de construcción, luego está el cemento con moderada resistencia a los sulfatos (Tipo II), este es ideal para obras que están expuestas a condiciones donde hay moderadas concentraciones de sulfatos (The Cement Institute, 2019).

El tercer tipo es conocido como de alta resistencia inicial (Tipo III) ya que es un cemento ultrafino, lo que le permite alcanzar una alta resistencia en los primeros días de endurecimiento a comparación de los demás, el cuarto es un cemento con bajo calor de hidratación (Tipo IV) diseñado para estructuras de hormigón masivo donde se vacían grandes cantidades concreto y el calor generado por este podría afectar las propiedades de la mezcla. El quinto es denominado como de alta resistencia a los sulfatos (Tipo V) que a diferencia del tipo III, este se utiliza en construcciones que tienen exposiciones severas a sulfatos, principalmente en suelos o aguas subterráneas con altos contenidos de sales (The Cement Institute, 2019).

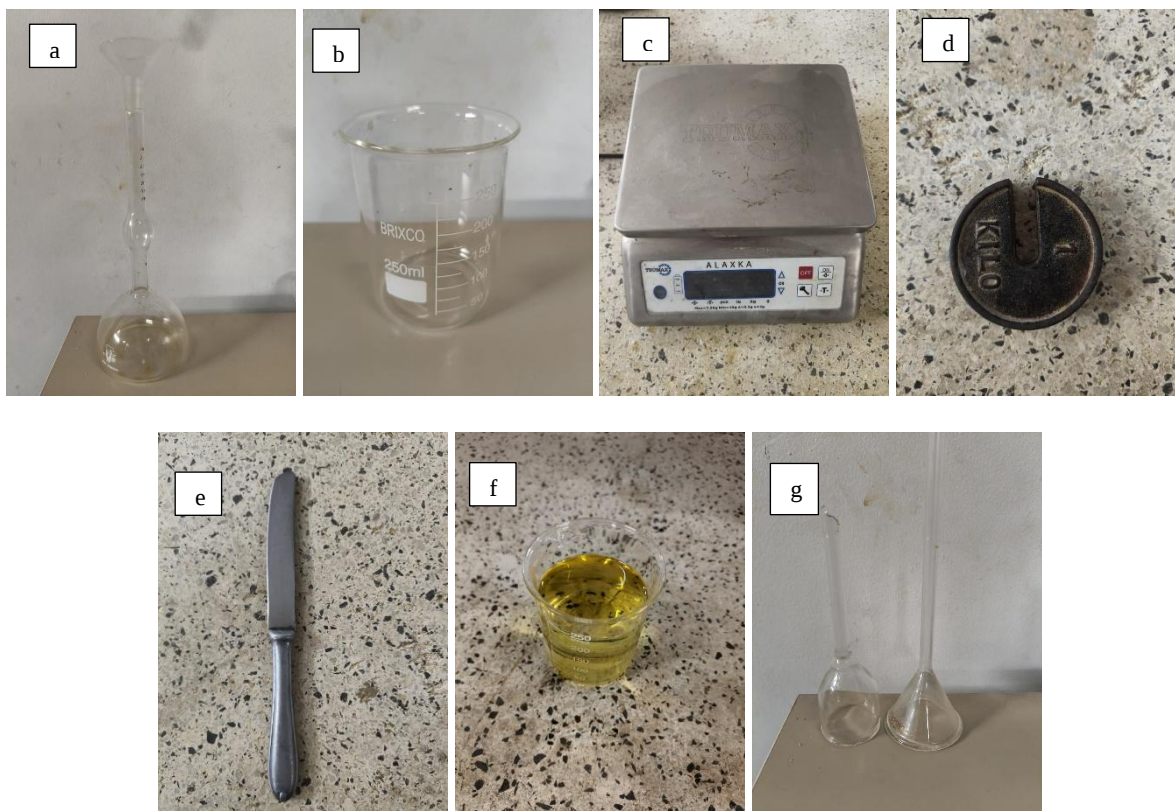
El ensayo para la medición de la densidad del cemento es fundamental para determinar las proporciones dentro de una mezcla de concreto, así mismo, el avance tecnológico y el desarrollo de nuevos materiales también ha llegado a la industria del cemento, donde se han

empezado a utilizar materiales cementicios suplementarios (SCM), como las cenizas volantes y escoria de alto horno, así como materiales de reemplazo, como la arcilla calcinada y el carbonato de calcio, hacen que sea necesario el estudio del densidad de cada polvo o del cemento compuesto por estos materiales (Helsel et al., 2016).

MATERIALES Y EQUIPOS

- (a) Frasco de Le Chatelier
- (b) Vaso de precipitado
- (c) Balanza
- (d) Pesa 1 kg
- (e) Espátula
- (f) Queroseno
- (g) Embudos de vidrio

Figura 2. Materiales y equipos.



Nota. Registro fotográfico materiales y equipos de laboratorio.

Fuente. Rivera (2026).

PROCEDIMIENTO

- Primero se debe llenar el frasco con el líquido (Queroseno) hasta una marca de calibración entre 0 y 1 mL. Para realizar esto se coloca un embudo de vidrio sobre el frasco que llegue hasta la zona de calibración, y con el vaso de precipitado lleno con el líquido, se comienza a verter con cuidado dentro del frasco. Se debe adicionar hasta dejar el líquido sobre una marca entre 0 y 1 mL (preferiblemente 0,5 mL) y se retira el embudo evitando el contacto del líquido con las paredes del frasco.

Nota: Para facilidad del ensayo se debe evitar que el líquido toque previamente las paredes del frasco, ya que si esto ocurre cuando se comience a verter el cemento este se empezará a adherir a las paredes y se tendrá que interrumpir el proceso. A sí mismo, cuando el volumen del líquido este llegando al cuello de botella del frasco es importante parar y verter el líquido despacio para no sobrepasar la zona de calibración, ya que si esto ocurre se debe utilizar una pipeta para sacar el exceso del líquido.

- Con el líquido dentro de la zona calibrada, se debe llevar a un balde o recipiente con agua a temperatura ambiente y colocar una pesa pequeña para evitar que se mueva, con el fin de estabilizar su temperatura y obtener una lectura más precisa. Este proceso se debe realizar por periodos suficientes de tiempo hasta obtener dos lecturas iguales. En este punto se registra la lectura inicial del volumen del líquido en el frasco.
- Ahora se debe pesar la masa de cemento a utilizar en el ensayo, típicamente se utilizan 64 g sin embargo para cementos con densidades más bajas se puede utilizar un poco menos, esto con el fin de que no sobrepase la marca de calibración final del frasco (24 mL).

Nota: Antes de verter el cemento dentro del frasco, se puede limpiar las paredes internas del frasco con un algodón, esto con el fin de secar el equipo y evitar que se comience a adherir el cemento a las paredes.

- Con el cemento listo, se debe verter toda la muestra en el frasco, para esto se coloca otro embudo de vidrio que este seco, y con ayuda de una espátula o alambre delgado se vierte el cemento en pequeñas cantidades evitando saturar el embudo y que se obstruya el frasco por acumulación. En caso de que se tapone el frasco, se pueden aplicar sacudidas sobre una superficie suave evitando dañar el equipo o regar el material, esto se hace con el fin de que el cemento acumulado baje al fondo y se pueda continuar con el procedimiento.



Nota: Es importante una vez se haya vertido toda la muestra, inclinar suavemente el frasco y girarlo con cuidado en círculos horizontales hasta que no asciendan burbujas a la superficie del líquido, esto con el fin de sacar el aire atrapado en el cemento durante el procedimiento.

- Una vez se vierta todo el cemento, se debe llevar de nuevo el frasco al balde con agua, esto para estabilizar su temperatura y obtener una lectura más precisa. A sí mismo, este proceso se debe realizar por periodos suficientes de tiempo hasta obtener dos lecturas iguales. En este punto se registra la lectura final del volumen en el frasco para determinar el volumen desplazado por la masa de cemento.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos calcular la densidad del cemento y su densidad relativa con de acuerdo a la densidad del agua a 4 °C:

$$V = L_f - L_i \quad [1]$$

$$\rho_c = \frac{M_c}{V} \quad [2]$$

$$\rho_{cr} = \frac{\rho_c}{\rho_{H2O}} \quad [3]$$

$V = \text{Volumen del cemento (cm}^3\text{)}$

$M_c = \text{Masa del cemento (g)}$

$\rho_r = \text{Densidad del cemento (g/cm}^3\text{)}$

$\rho_{cr} = \text{Densidad relativa del cemento (g/cm}^3\text{)}$

$\rho_{H2O} = \text{Densidad del agua a 4 °C (1 g/cm}^3\text{)}$

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

- ¿Qué tipo de cemento se utilizó en el ensayo?
- ¿Qué tipo de características presenta el tipo de cemento utilizado?
- Según la ficha técnica del fabricante del cemento ¿Cuál es la densidad típica según tipo de cemento?
- ¿Cuáles son las condiciones que debe cumplir el líquido para ser utilizado en este ensayo?



BIBLIOGRAFÍA

- Cosquiere, R. (2023, January 16). Cemento Portland. BECOSAN®.
<https://www.becosan.com/es/cemento-portland/>
- The Screed Scientist. (s.f.). *Portland cement: A brief history*.
<https://www.screedscientist.com/portland-cement-a-brief-history/>
- Quiros, J. (2017, December 25). Proceso de fabricación - Fundación Cema. Fundación Cema.
<https://www.fundacioncema.org/proceso-de-fabricacion/>
- The Cement Institute. (2019, 6 de diciembre). *Portland cement types*.
<https://thecementinstitute.com/portland-cement-types/>
- Helsel, M. A., Ferraris, C. F., & Bentz, D. (2016). Comparative study of methods to measure the density of cementitious powders. *Journal of Testing and Evaluation*, 44(6), 2147–2154. <https://doi.org/10.1520/jte20150148>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2026). *NTC 221:2026. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico* (7.^a ed.). ICONTEC.



FORMATO TOMA DE DATOS

Tabla 1. Registro de datos.

DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO		
ID	DESCRIPCIÓN	MEDIDA
Mc	Masa de cemento (gr)	
Li	Lectura inicial volumen del frasco (mL)	
Lf	Lectura final volumen del frasco (mL)	

OBSERVACIONES: