



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE  
CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO  
PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES,  
CHACHAPOYAS, AMAZONAS.**

**AUTOR: Br. Colin Kein CORONEL TORRES**

**ASESOR: Ing. Jorge CHÁVEZ GUIVIN**

**CO-ASESOR: Arq. Guillermo Arturo DÍAZ JÁUREGUI**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE  
CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO  
PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES,  
CHACHAPOYAS, AMAZONAS.**

**AUTOR: Br. Colin Kein CORONEL TORRES**

**ASESOR: Ing. Jorge CHÁVEZ GUIVIN**

**CO-ASESOR: Arq. Guillermo Arturo DÍAZ JÁUREGUI**

**CHACHAPOYAS**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios, que me brinda fuerza y sabiduría para salir adelante y cumplir todas mis metas trazadas.

A mi familia, mis padres y hermanos por apoyarme e impulsarme a seguir adelante ya que ellos son mi inspiración para lograr todos mis sueños y a todas aquellas personas que apoyaron de manera incondicional en mi formación personal y profesional.

*Colin Kein Coronel Torres.*

## **AGRADECIMIENTO**

De manera muy especial agradecer a mi asesor y co-asesor al Ingeniero Jorge Chávez Guivin y al Arquitecto Guillermo Arturo Díaz Jáuregui quienes compartieron sus conocimientos y orientaron a que este trabajo de investigación sea posible, estaré siempre agradecido por todo el apoyo brindado.

A mis padres y hermanos ya que ellos son mi inspiración principal para salir ganador en todas las metas que me proponga.

Agradecer de una manera especial a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A) y a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por brindarme sus conocimientos para una mejor formación profesional como Ingeniero Civil.

Al Laboratorio de Ensayos de Materiales – FERMATI.SAC, como al Laboratorista Wilson Olaya Aguilar y al Ing. Civil Juan Miguel Delgado Valera por su asesoramiento y hacer posible la realización de los diferentes ensayos de esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

---

**Dr. Policarpio Chauca Valqui**

Rector

---

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

Vicerrector Académico

---

**Dra. Flor Teresa García Huamán**

Vicerrectora de Investigación

---

**Ing. M. Sc. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

## VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS”**, del tesista egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

- Bach. Colin Kein Coronel Torres.

El suscrito da el visto bueno de la mencionada tesis dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen para su posterior sustentación.

### POR LO TANTO

Firmo la presente para mayor constancia

Chachapoyas, 27 de noviembre del 2019



---

**Ing. Jorge Chávez Guivin**

ASESOR

## VISTO BUENO DEL CO – ASESOR

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS”**, del tesista egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

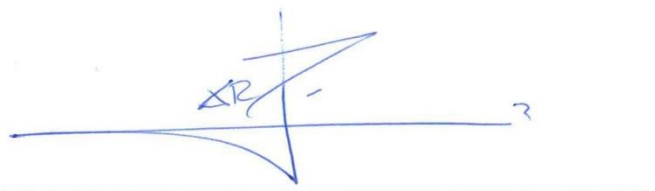
- Bach. Colin Kein Coronel Torres.

El suscrito da el visto bueno de la mencionada tesis dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen para su posterior sustentación.

### POR LO TANTO

Firmo la presente para mayor constancia

Chachapoyas, 27 de noviembre del 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of a horizontal line with a stylized, angular flourish above it that includes the letters 'G' and 'A'.

**Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui**

CO-ASESOR

## **JURADO EVALUADOR**



---

**Lic. José Luis Quispe Osorio**

Presidente



---

**Ing. Roiser Abel Saavedra Tafur**

Secretario



---

**Ing. Diomar Zavaleta Vilchez**

Vocal



## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

YO, COLIN KEIN CORONEL TORRES, identificado con DNI N° 73709984 con domicilio real en Jr. Bolivia N° 220, Distrito de Chachapoyas, Departamento de Amazonas mediante el presente documento, **DECLARO BAJO JURAMENTO:**

Que la información no citada que aparece en la Tesis Titulada: **“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS”**, es de mi propiedad y coautoría.

A continuación, firmo la presente de conformidad a lo escrito y en caso necesario me someto a las verificaciones correspondientes y las sanciones establecidas por ley:

Chachapoyas, 27 de noviembre del 2019



Colin kein Coronel Torres

DNI: 73709984



**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de diciembre del año 2019, siendo las 12:00 horas, el aspirante Coronel Torres, Colin Keir defiende en sesión pública la Tesis titulada: "Propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto hechos con cemento envejecido para su aplicación en obras civiles, Chachapoyas, Amazonas"

para obtener el Título Profesional de ..... a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : José Luis Quispe Osorio  
Secretario : Raiser Abel Saavedra Tapur  
Vocal : Diomar Zavaleta Vilchez



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )                      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

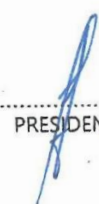
Siendo las 13:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.



SECRETARIO



VOCAL



PRESIDENTE

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....</b>	<b>v</b>
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR .....</b>	<b>xi</b>
<b>VISTO BUENO DEL CO - ASESOR.....</b>	<b>xi</b>
<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO .....</b>	<b>ix</b>
<b>ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>221</b>
2.1. Finura del Cemento por medio de la mallan° 200. ....	21
2.2. Consistencia normal del cemento .....	23
2.2.1. Determinación de la consistencia normal.....	25
2.3. Tiempo de fraguado del cemento portland (método de vicat).....	27
2.4. Densidad del cemento portland (frasco de le chatelier) .....	31
2.5. Resistencia a la compresión testigos cilíndricos.....	35
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
3.1. Finura del cemento por medio de la malla n°200. ....	43
3.2. Consistencia normal del cemento. ....	44

3.3.	Tiempo de Fraguado del Cemento Portland (método de vicat) .....	45
3.3.1.	Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra A .....	46
3.3.2.	Tiempo de Fraguado Final para la muestra A .....	46
3.3.3.	Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra A.....	47
3.3.4.	Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra B. ....	47
3.3.5.	Tiempo de Fraguado Final para la muestra B. ....	48
3.3.6.	Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra B.....	48
3.3.7.	Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra C. ....	49
3.3.8.	Tiempo de Fraguado Final para la muestra C. ....	49
3.3.9.	Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra C. ....	50
3.4.	Densidad del Cemento Portland (frasco de le chatelier).....	50
3.4.1.	Densidad del Cemento Portland para la muestra A.....	50
3.4.2.	Densidad del Cemento Portland para la muestra B. ....	51
3.4.3.	Densidad del Cemento Portland para la muestra C. ....	52
3.4.4.	Densidad Promedio del Cemento Portland. ....	52
3.5.	Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos. ....	53
3.5.1.	Resistencia a la Compresión, muestra N cemento fresco. ....	54
3.5.2.	Resistencia a la Compresión, muestra A (03) meses de antigüedad.....	55
3.5.3.	Resistencia a la Compresión, muestra B (06) meses de antigüedad. ....	55
3.5.4.	Resistencia a la Compresión, muestra C (12) meses de antigüedad. ....	56
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Requisitos que debe cumplir el Equipo de Vicat y el Molde .....	27
<b>Tabla 2:</b> Tolerancia de edade de ensayos de los especimenes .....	41
<b>Tabla 3:</b> Finura del cemento.....	43
<b>Tabla 4:</b> Consistencia normal del cemento.....	44
<b>Tabla 5:</b> Tiempo de Fraguado del cemento portland.....	45
<b>Tabla 6:</b> Densidad del cemento portland.....	50
<b>Tabla 7:</b> Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Equipo de Vicat.....	26
<b>Figura 2.</b> Frasco de le Chatelier.....	34
<b>Figura 3.</b> Esquema de los tipos de falla.....	42
<b>Figura 4.</b> Finura del cemento .....	43
<b>Figura 5.</b> Consistencia normal del cemento. ....	44
<b>Figura 6.</b> Tiempo de fraguado inicial, muestra A.....	46
<b>Figura 7.</b> Tiempo de fraguado final, muestra A. ....	46
<b>Figura 8.</b> Tiempo de fraguado promedio, muestra A. ....	47
<b>Figura 9.</b> Tiempo de fraguado inicial, muestra B.....	47
<b>Figura 10.</b> Tiempo de fraguado final, muestra B.....	48
<b>Figura 11.</b> Tiempo de fraguado promedio, muestra B.....	48
<b>Figura 12.</b> Tiempo de fraguado inicial, muestra C.....	49
<b>Figura 13.</b> Tiempo de fraguado final, muestra C.....	49
<b>Figura 14.</b> Tiempo de fraguado promedio, muestra C.....	50
<b>Figura 15.</b> Densidad del cemento portland, muestra A. ....	51
<b>Figura 16.</b> Densidad del cemento portland, muestra B. ....	51
<b>Figura 17.</b> Densidad del cemento portland, muestra C. ....	52
<b>Figura 18.</b> Densidad promedio del cemento portland. ....	52
<b>Figura 19.</b> Resistencia a la Compresión de cemento fresco N. ....	54
<b>Figura 20.</b> Resistencia a la Compresión, muestra A.....	55

<b>Figura 21.</b> Resistencia a la Compresión, muestra B.....	55
<b>Figura 22.</b> Resistencia a la Compresión, muestra C.....	56

## RESUMEN

La finalidad de este estudio fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de un cemento envejecido y su aplicación en obras civiles, con el objetivo de establecer los efectos que se producen en los cementos Tipo I envasados en bolsas de papel durante el periodo de almacenamiento ya sea en contenedores comerciales o en obra. Se realizó ensayos físicos y mecánicos para tres muestras de cemento, muestra A (3 meses de antigüedad), muestra B (6 meses de antigüedad) y muestra C (12 meses de antigüedad), comparando los resultados obtenidos con los de muestras frescas de un cemento no mayor a una semana de antigüedad; los resultados obtenidos de la muestra A, B y C en el estudio de resistencia a la compresión más desfavorables a los 7 días de edad fueron de:  $120 \text{ kg/cm}^2$ ,  $117 \text{ kg/cm}^2$  y  $116 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente y la resistencia a la compresión más desfavorables a los 28 días de edad fueron de:  $174 \text{ kg/cm}^2$ ,  $172 \text{ kg/cm}^2$  y  $171 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Por lo tanto, dichos resultados son favorables con respecto a la resistencia base establecida para la investigación de un concreto fresco de  $175 \text{ kg/cm}^2$ .

Los efectos principales por el almacenamiento del cemento son: disminución de velocidad de hidratación y de resistencia potencial de los cementos; resultados que coinciden con otras experiencias de estudios de almacenamiento. Concluyéndose que una muestra preparada con un cemento envejecido con menos tiempo, tiene mayor resistencia a la compresión que una muestra preparada con un cemento envejecido con mayor tiempo.

**Palabras clave:** Cemento, ensayos físicos, ensayos mecánicos, resistencia a la compresión, hidratación.



## ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the physical and mechanical properties of an aged cement and its application in civil works, with the aim of establishing the effects on Type I cements packed in paper bags during the storage period, whether in commercial containers or on site. Physical and mechanical tests were performed for three cement samples, sample A (3 months old), sample B (6 months old) and sample C (12 months old) by comparing the results obtained with those of fresh samples of a cement not older than one week; the results obtained from sample A, B and C in the worst compressive strength study at 7 days of age were: 120 kg/cm<sup>2</sup>, 117 kg/cm<sup>2</sup> and 116 kg/cm<sup>2</sup> respectively and the most unfavourable compression resistance at 28 days of age were 174 kg/cm<sup>2</sup>, 172 kg/cm<sup>2</sup> and 171 kg/cm<sup>2</sup> respectively. Therefore, these results are favourable with respect to the base strength established for the investigation of a fresh concrete of 175 kg/cm<sup>2</sup>.

The main effects of cement storage are: decreased hydration speed and potential strength of cements; results that coincide with other experiences of storage studies. Concluding that a sample prepared with a cement aged with less time, has greater compressive strength than a sample prepared with a cement aged with more time.

**Keywords:** Cement, physical tests, mechanical tests, compression resistance, hydration.

## I. INTRODUCCIÓN

El cemento portland es producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfatos de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda, (NTP, 2011).

Esta investigación nace como inquietud de no encontrar estudios relacionados sobre el uso del cemento envejecido por almacenamiento, por ello está centrada en la evaluación de las propiedades físico-mecánicas de un concreto simple preparado con cemento envejecido Tipo I a diferentes edades (3, 6 y 12 meses de antigüedad), realizando así la preparación de briquetas cilíndricas de concreto simple con la finalidad de someterlos a los ensayos mecánicos de resistencia a la compresión y la utilización de cemento pulverizado para realizar los ensayos físicos. Por lo tanto, aplicando dicha investigación se podrá determinar si las propiedades físico-mecánicas de un cemento envejecido aún se mantienen dentro de un rango de uso favorable para emplearlo en diferentes obras civiles del boom de la construcción.

Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella, (Ruiz & Vasallo, 2018).

Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto, (Ruiz & Vasallo, 2018).

La resistencia a la compresión es el valor máximo de la resistencia de un espécimen elaborado de concreto al momento de ser sometido a una máquina de ensayos a compresión, en donde se aplica una carga que actúa sobre uno de sus ejes hasta hacerlo fallar; la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de fallo del espécimen de concreto dividida entre el área de la sección resistente y se expresa en kg/cm<sup>2</sup> o psi, (Ruiz & Vasallo, 2018).

En nuestro país en las zonas alto andinas el cemento necesita un buen almacenamiento debido a la humedad que se presenta ya que esto disminuye la vida útil del cemento, lo

mismo sucede en las zonas cálidas donde tiempo de almacenamiento de un cemento es mayor a lo establecido por la NTP (envase y rotulado), “pese a los requisitos de impermeabilidad que debe cumplir, el papel de envase es susceptible de absorber humedad ambiental. Cuando el almacenamiento de cemento se efectúa en forma inapropiada y en bodegas mal protegidas, la calidad protectora del material de envase puede ser insuficiente, en cuyo caso la humedad del aire afectará las propiedades del cemento aún en cortos periodos de almacenamiento”, (Matouschek, 1974).

En nuestra localidad debido a la zona fría el cemento mal almacenado empieza a perder sus propiedades ya que muestra endurecimiento y la formación de cascarrones en la parte superior hasta llegar a formarse un solo bloque de apariencia solidificada, es por ello que se recomienda su utilización adecuada de manera supervisada, “la formación de grumos, en ciertos casos de frío, heladas, lluvias y mal almacenamiento, puede provocar daños severos en el cemento y llegar a dejarlo completamente inutilizable”, (Matouschek, 1974).

El cemento al ser un material muy sensible a la humedad; si se mantiene totalmente seco, va a retener su calidad indefinidamente, pero para lograr esto la humedad relativa del aire en los almacenes o cobertizos usados para almacenar las bolsas de cemento debería ser la más baja posible, los muros, techos deberían ser cerrados y bajo sombra (Corcuera & Cortez, 2018).

El cemento al ser expuesto al medio ambiente con una elevada humedad relativa, puede sufrir meteorización lo cual es un problema frecuente en las obras civiles donde mayormente se almacena las bolsas de cemento en lugares abiertos donde la humedad del ambiente ocasiona alteraciones en sus propiedades físicas mecánicas. Al estar el cemento en contacto con la humedad, se degenera presentando una textura grumosa, lo cual indica que el módulo de finura del cemento aumenta y se altera el tiempo normal de fraguado del cemento, las propiedades de un mortero fabricado con un cemento en estas condiciones también se ven alteradas, algunas de estas propiedades son la adherencia, la resistencia mecánica y la durabilidad. Y eso hace que en las construcciones donde se usa el cemento que ha estado almacenado por tiempos prolongados en la fabricación de morteros, se obtenga un producto con propiedades mecánicas que no satisfacen los requerimientos de los trabajos a realizarse, por tanto, se puede generar fallas en las construcciones, (Corcuera & Cortez, 2018).

Las condiciones óptimas de un concreto simple Tipo I, son aquellas que cumplen los parámetros estandarizados por la NTP para ser utilizados en la industria de la construcción, lo que conlleva a una buena resistencia a la compresión siempre y cuando se use cemento fresco con altos estándares de calidad. Lo contrario a esto se ocasiona con el empleo de cemento envejecido que tendrá menor resistencia a la compresión y mayores probabilidades de reparación y/o fallas de elementos estructurales construidos en obras civiles. La entidad encargada de controlar la calidad de las propiedades del concreto, entre ellas, la resistencia a la compresión, es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el cual lo hace mediante el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), específicamente en su norma de Concreto Armado (E.060).

Las construcciones en general son elaboradas con la finalidad de garantizar un ambiente seguro y confortable durante su vida útil; sin embargo, en el Perú no se llega a lograr esta meta debido a que encontramos innumerables deficiencias en las construcciones tales como: una pobre resistencia a la compresión, tiempos de fraguado incorrectos, un mal diseño de mezcla, procesos constructivos imprecisos, utilización de cemento vencido, entre otros; lo que ocasiona que el nivel de las construcciones sea de poco aceptable a deficiente, (Ruiz & Vasallo, 2018).

La metodología a emplear es cualitativa y cuantitativa con respecto a las propiedades Físico-mecánicas de un concreto simple Tipo I a diferentes edades de envejecimiento empleados en muestras de estudio A, B y C (3, 6 y 12 meses de almacenamiento respectivamente); se tomaron todos los resultados obtenidos de los ensayos realizados y fueron comparados con el concreto elaborado con cemento fresco de menos de una semana de edad con respecto a su producción en planta industrial, para determinar así la diferencia en las propiedades mecánicas del concreto vaciado con cemento almacenado en condiciones no favorables para diferentes periodos de tiempo; dichos resultados no fueron muy desfavorables presentando un valor de resistencia a la compresión cercano al óptimo establecido en el estudio de investigación ( $175 \text{ kg/cm}^2$ ) con el cemento fresco, esto quiere decir que los resultados físico-mecánicos obtenidos se mantuvieron dentro de los parámetros especificados en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009). con respecto a la muestra A, B y C, la muestra A mantiene sus propiedades físico-mecánicas más cercanas al resultado obtenido de una muestra fresca y dicho valor es mayor o los obtenidos por las muestras B y C que tienen mayor tiempo de envejecimiento.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Finura del Cemento por medio de la malla N° 200.

#### a) Objeto

Determinar la finura del cemento por medio del tamiz N° 200 (75 µm).

#### b) Finalidad y alcance

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados en el presente método.

Este ensayo no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar las obligaciones de su uso e interpretación. (MTC, 2016)

#### c) Referencias Normativas

- ASTM C 184 – 94 Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by the 150-µm (No. 100) and 75- µm (No. 200) Sieves.
- AASHTO T 128 – 92 Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by the No. 100 (150-µm) and N° 200 (75- µm) Sieves.

#### d) Equipos y Materiales

##### Equipos

- balanza analítica de 200 g ± 0,0002 g.

##### Materiales

- Tamiz N° 200 (75 mm)
- Brocha

#### e) Muestra

Se usan generalmente 50 gramos de cemento para este ensayo.

**f) Procedimiento**

Pesar 50 g de cemento con  $\pm 0,0002$  g de aproximación.

Colocar la malla N<sup>a</sup> 200 limpia y seca sobre el recipiente base y transferir cuantitativamente la muestra a la malla y tapar.

Agitar suavemente la malla, horizontalmente con movimientos de rotación, y verticalmente con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado debe ser entre 5 y 10 minutos.

Quitar la tapa y separar la malla N<sup>a</sup> 200, vaciando la fracción de cemento que ha sido retenida en ella sobre un papel bien limpio y tarado. Las partículas que han quedado atrapadas sobre los hilos de la malla no hay que forzarlas a pasar a través de ella; inviértase el tamiz y con ayuda de una brocha o un cepillo de alambre, despréndanse y agréguese a las depositadas en el papel, (MTC, 2016).

**g) Cálculos e informe**

**Cálculos**

La finura del cemento se calcula por medio de la fórmula:

$$F = \frac{R}{50} \times 100$$

Donde:

F = Finura del cemento expresada como porcentaje en peso del residuo que no pasa el tamiz N<sup>o</sup> 200

R = Peso del residuo que no pasa el tamiz N<sup>o</sup> 200, en gramos, (MTC, 2016).

## 2.2. Consistencia normal del cemento

### a) Objeto

Determinar la consistencia de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.

### b) Finalidad y alcance

La consistencia normal del cemento está definida por la cantidad de agua requerida para obtener una pasta que permita la penetración de  $10 \pm 1$  mm del émbolo del equipo Vicat, después de 30 segundos de concluida su preparación.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados en el presente método.

Este ensayo no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar las obligaciones de su uso e interpretación, (MTC, 2016).

### c) Referencia normativa

- NTP 334.006:2003 CEMENTOS: Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
- ASTM C 187 – 98: “Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement”
- AASHTO: T 129 – 88: Normal Consistency of Hydraulic Cement.

### d) Equipos, Materiales e insumos

#### Equipos

- Balanza y pesas de capacidad  $1000 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ .
- Equipo de Vicat (Figura 1), consistente en un soporte (A), un vástago móvil (B) que pesa 300 g; uno de sus extremos (C) de 10 mm de diámetro y 50 mm de longitud es de sondaje; el otro extremo (D) tiene una aguja de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud. El vástago (B) es reversible y puede sostenerse en la posición deseada por medio de un tornillo (E) y tiene un

indicador ajustable (F) que se mueve sobre la escala graduada en milímetros, rígidamente unida al soporte (A).

El equipo de Vicat también puede estar construido con vástago no reversible, pero en este caso debe tener un dispositivo de compensación de peso que permita cambiar la sonda por la aguja. Las secciones terminales de la aguja y de la sonda deben ser planas y perpendiculares al eje del vástago.

El molde (G) donde se coloca la pasta debe ser de forma tronco-cónica con un diámetro interior 60 mm en la parte superior y 70 mm en la base mayor, que debe reposar sobre una placa de vidrio (H) de 100 mm x 100 mm x 0,5 mm. El molde debe ser de material no absorbente y resistente física y químicamente al ataque de las pastas de cemento, (MTC, 2016).

Adicionalmente a lo descrito el equipo de Vicat y el molde deben cumplir con los requisitos indicados (MTC, 2016).

Mezcladora, paleta, recipiente de mezcla y raspador. Deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma MTC E-611.

### **Materiales**

- Probeta graduada de  $250 \pm 1$  mL, a 20 °C.
- Espátula o badilejo de acero, cuya paleta tenga de 100 mm a 150 mm de longitud.
- Guantes de jebe.

### **Insumos**

Agua desionizada o destilada (la temperatura del agua durante la mezcla será de  $23 \text{ °C} \pm 1,7 \text{ °C}$ , dentro del rango del ambiente de mezclado,  $20 \text{ °C} - 27,5 \text{ °C}$ )

### **e) Muestra**

- Pesar  $650 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$  de cemento.
- Colocar toda el agua (agua desionizada o destilada, de no disponer puede ser agua potable limpia) en el recipiente de mezclado.



- Agregar el cemento al agua y se permite la absorción de agua durante 30 segundos.
- Encender la mezcladora y mezclar a velocidad lenta ( $140 \pm 5$  rpm), durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora durante 15 segundos, en este tiempo se raspa la pasta que pueda haber quedado adherida a las paredes del recipiente y se incorpora al resto de la pasta.
- Encender la mezcladora, nuevamente, a velocidad media ( $285 \pm 10$  rpm) y se mezcla durante 1 minuto para obtener la pasta, (MTC, 2016).

#### f) Procedimiento

- Llenado de moldes
- Con la pasta de cemento preparada, formar rápidamente una masa esférica con las manos protegidas de guantes y manteniéndolas separadas unos 150 mm, arrojar la masa de una mano a otra 6 veces. Manteniendo la masa esférica en la palma de una de las manos, y la base menor del molde sobre la otra mano, llenar completamente el molde (G), Retirar el exceso de masa en la base mayor, colocar encima la placa de vidrio (H). Y voltear el conjunto, retirando el exceso de masa en la base menor con la ayuda de la espátula. Alisar la parte superior, si es necesario con unos cuantos toques ligeros con la espátula, teniendo cuidado de no comprimir la pasta, (MTC, 2016).

#### 2.2.1. Determinación de la consistencia normal

Colocar y centrar debajo del vástago (B) la placa de vidrio con el molde que contiene la pasta, se hace descender el vástago hasta que el extremo de la sonda (C) haga contacto con la superficie de la pasta y se fija en esta posición por medio del tornillo (E). Se lee la posición inicial del indicador (F) en la escala o se desplaza el indicador hasta que coincida con el cero superior; 30 segundos después de terminada la mezcla, se suelta el vástago cuidando que el equipo no esté sometido a ninguna vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando la sonda penetra  $10 \pm 1$  mm, 30 segundos después de haber sido soltado. Si no se obtiene la consistencia normal en el primer ensayo, debe repetirse toda la operación, variando la cantidad de agua, hasta obtenerla; cada vez hay que emplear cemento nuevo, (MTC, 2016)

## a) Cálculos e informe

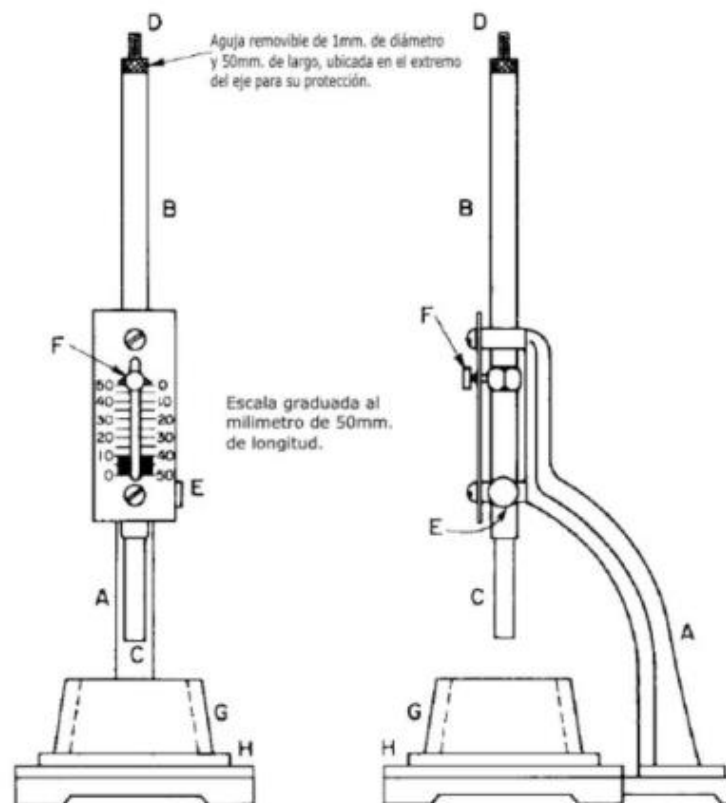
### Cálculos

La cantidad de agua requerida para obtener una pasta de consistencia normal debe calcularse como un porcentaje en peso del cemento seco, con aproximación del 0,1% y reportarse con aproximación del 0,5%, (MTC, 2016).

## b) Precisión y dispersión

### Precisión

Los resultados de dos ensayos repetidos de consistencia normal debidamente realizados en un laboratorio, deberán coincidir dentro de 0,5%. Los resultados de dos laboratorios no diferirán en más de 1,0 (MTC, 2016).



**Figura 1.** Equipo de Vicat

El Equipo de Vicat y el molde deben cumplir con los siguientes requisitos: (Este texto podría ir debajo del esquema del equipo para un mayor entendimiento).

**TABLA 1:** Requisitos que debe cumplir el Equipo de Vicat y el Molde

Peso de sonda.....	300 + 0.5 g (0.661 lb ± 8 gramos)
Diámetro de sonda.....	10 ± 0.05 mm (0.394 ± 0.002")
Diámetro de la aguja.....	1 ± 0.05 mm (0.039 ± 0.002")
Diámetro interior de la base mayor del molde.....	70 ± 3 mm (2.75 ± 1.12")
Diámetro interior de la base menor del molde.....	60 ± 3 mm (2.36 ± 1.12")
Altura del molde.....	40 ± 1 mm (1.57 ± 0.04")

**Fuente:** Elaboración propia de la guía del MTC-2016.

La escala graduada, comparada con una escala patrón de exactitud de 0,1 mm en todos sus puntos, no debe indicar en ninguna parte una desviación mayor de 0,25 mm, (MTC, 2016).

### **2.3. Tiempo de fraguado del cemento portland (método de Vicat)**

#### **a) Objeto**

Determinar el tiempo de fraguado del cemento Pórtland, mediante la aguja de Vicat.

#### **b) Finalidad y alcance**

Este ensayo permite determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento Pórtland mediante la Vicat.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados en el presente método.

Este ensayo no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar las obligaciones de su uso e interpretación, (MTC, 2016).

**c) Referencia Normativa**

- NTP 334.006:2003 CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
- NTP 334.009:2002 CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos.
- ASTM C 191 – 2001a: CEMENTOS. Standard Test Method for time of setting of Hydraulic Cement by Vicat needle.
- AASHTO: T 131 - 88 Time setting of Hydraulic Cement by Vicat needle

**d) Equipos, Materiales e Insumos**

**Equipos**

- Balanza y pesas de capacidad  $1000 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ .
- Equipo de Vicat, que cumpla con los requisitos establecidos en la presente norma
- Cámara húmeda, que mantenga una temperatura de 21 a 25 °C y una humedad relativa no menor del 90%. Además, tendrá las dimensiones necesarias para que las muestras puedan ser almacenadas con facilidad.
- Mezcladora, paleta, recipiente de mezcla y raspador – Deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma MTC E-611.

**Materiales**

- Probeta graduada de  $250 \text{ mL} \pm 1 \text{ mL}$ , a 20 °C.
- Espátula o badilejo de acero, cuya paleta tenga de 100 mm a 150 mm de longitud.
- Guantes de jebe.

**Insumos**

Agua desionizada o destilada (la temperatura del agua durante la mezcla será de  $23 \text{ °C} \pm 1,7 \text{ °C}$ , dentro del rango del ambiente de mezclado,  $20 \text{ °C} - 27,5 \text{ °C}$ ).

**e) Muestra**

- Pesar  $650 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$  de cemento.
- Colocar toda el agua (agua desionizada o destilada, de no disponer puede ser agua potable limpia) en el recipiente de mezclado.

- Agregar el cemento al agua y se permite la absorción de agua durante 30 segundos.
- Encender la mezcladora y mezclar a velocidad lenta (140 rpm  $\pm$  5 rpm), durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora durante 15 segundos, en este tiempo se raspa la pasta que pueda haber quedado adherida a las paredes del recipiente y se incorpora al resto de la pasta.
- Encender la mezcladora, nuevamente, a velocidad media (285 rpm  $\pm$  10 rpm) y se mezcla durante 1 minuto para obtener la pasta, (MTC, 2016).

#### f) Procedimiento

##### Llenado de moldes

- Con la pasta de cemento preparada, formar rápidamente una masa esférica con las manos protegidas de guantes y manteniéndolas separadas unos 150 mm, arrojar la masa de una mano a otra 6 veces. Manteniendo la masa esférica en la palma de una de las manos, y la base menor del molde sobre la otra mano, llenar completamente el molde (G), Retirar el exceso de masa en la base mayor, colocar encima la placa de vidrio (H). Y voltear el conjunto, retirando el exceso de masa en la base menor con la ayuda de la espátula. Alisar la parte superior, si es necesario con unos cuantos toques ligeros con la espátula, teniendo cuidado de no comprimir la pasta.
- Determinación del tiempo de fraguado
- Mantener la masa preparada anteriormente dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos sin que sufra ninguna alteración. Debe determinarse la penetración de la aguja de 1 mm en ese instante y luego debe repetirse cada 15 minutos (Para cementos de tipo 3 debe repetirse cada 10 minutos), hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos. Para el ensayo de penetración debe hacerse descender la aguja D del vástago B, hasta que el extremo haga contacto con la superficie de la pasta de cemento. Debe apretarse el tornillo de sujeción E y ajustarse el índice F, en el extremo superior de la escala o anotarse una lectura inicial. Se suelta el vástago rápidamente aflojando el tornillo de sujeción E y dejando que la aguja penetre durante 30 segundos, momento en el cual debe tomarse la lectura

para determinar la penetración. (Si durante las primeras lecturas la pasta se mantiene blanda, el descenso del vástago se puede hacer lentamente para evitar la deformación de la aguja de 1 mm, pero las determinaciones de penetración para el tiempo de fraguado se deben hacer aflojando el tornillo).

- Las penetraciones deben estar separadas por lo menos 6 mm entre sí y 9 mm del borde interior del molde. Se anotan los resultados de todas las penetraciones y por interpolación debe determinarse el tiempo obtenido para una penetración de 25 mm, el cual indica el tiempo de fraguado, (MTC, 2016).

**g) Precauciones**

- Evitar las vibraciones durante la penetración. La aguja, de 1 mm de diámetro, debe ser recta y estar limpia, pues la acumulación de pasta en su periferia puede retardar la penetración, así como la pasta en la punta puede aumentar la misma. Esta determinación es sólo aproximada, puesto que no sólo la temperatura y la cantidad de agua de amasado influyen en el resultado, sino también la temperatura y humedad del aire.
- El tiempo de fraguado final se determinará, invirtiendo el molde cuando la penetración sea igual o menor a 2 mm y ensayando penetraciones hasta que la aguja no deje marca visible sobre la nueva superficie.
- Los resultados de un mismo operador, con pastas similares no diferirán en más de 34 min. Para el tiempo inicial de fragua, ni más de 56 min para el tiempo final.
- Los resultados de dos diferentes laboratorios, con pastas similares no diferirán con más de 45 min, para el tiempo inicial de fragua y no más de 122 min para el tiempo final, (MTC, 2016).

## 2.4. Densidad del cemento portland (Frasco de Le Chatelier)

### a) Objeto

Determinar la densidad del cemento Pórtland.

### b) Finalidad y alcance

Este ensayo no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar las obligaciones de su uso e interpretación, (MTC, 2016).

### c) Referencia normativa

- NTP 334.005: 2001 CEMENTOS. Método de Ensayo para determinar la densidad del Cemento Portland.
- NTP 334.086:1999 CEMENTOS. Método para el análisis químico del cement Portland.
- ASTM C 188 – 95: “Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement”.

### d) Equipos, materiales e insumos

#### Equipos

- Balanza de  $200 \pm 0,005$  g.
- Baño termorregulador  $\pm 0,1$  °C: Que mantenga la temperatura constante y próxima a la temperatura ambiente
- Frasco patrón de Le Chatelier, de sección transversal circular que cumpla con las dimensiones indicadas en la Figura 1. Debe tener aproximadamente 250 mm de altura, con una ampolla de 250 mL de capacidad, cuello graduado de 0 mL a 1 mL y de 18 mL a 24 mL, con separaciones de 0,1 mL y tapón de vidrio esmerilado. El material de construcción deberá ser vidrio de la mejor calidad y libre de estrías.

Los requisitos con respecto a las tolerancias, inscripción y longitud, espaciamiento y uniformidad de la graduación serán tenidos en cuenta en

forma estricta. Deberá existir un espacio de por lo menos 10 mm entre la marca más alta de la graduación y el punto más bajo del tapón de vidrio.

El cuello deberá ser graduado de 0 mL a 1 mL y de 18 mL a 24 mL, con separaciones de 0,1 mL. El error de cualquier capacidad indicada no deberá ser superior a 0,05 mL.

En la determinación de la densidad se debe emplear Kerosene libre de agua, o nafta con una densidad mayor que 0,73g/mL a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  será usado en la determinación.

El uso de equipo alternativo o de métodos alternos para determinar la densidad del cemento Pórtland es permitido siempre y cuando el resultado obtenido por sólo un operador, mediante el equipo o método alternativo, no difiera en más de 0,03 g/mL del resultado obtenido mediante esta norma.

### **Materiales**

- Termómetro: graduado en 0,1 grado Celsius.
- Embudos: Dos de vidrio, uno de vástago largo para líquidos y el otro de vástago corto para el cemento.

### **Insumos**

Kerosene libre de agua y de densidad mayor de 0,73 g/mL a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

### **e) Muestra**

La muestra no requiere preparación, se procesará tal como se recibe a menos que se especifique otra cosa.

Si la determinación del peso específico se requiere sobre una muestra sometida previamente al ensayo de la pérdida al fuego, debe ponérsela primero en ignición como se indica en el procedimiento descrito en la norma.



**f) Procedimiento**

- Llenar el frasco con cualquiera de los líquidos especificados en el numeral 4 hasta un punto situado entre las marcas 0 mL y 1 mL, secar el interior del frasco por encima del nivel líquido, si es necesario.
- Sumergir el frasco en el baño de agua como indica 6.4, agregar cemento Pórtland, aproximada mente 64 g, en pequeñas cantidades, a la misma temperatura que el líquido, procurando evitar salpicaduras y observando que el cemento no se adhiera a las paredes del frasco por encima del líquido. Puede usarse un vibrador para acelerar la adición del cemento dentro del frasco y evitar que éste se atasque en el cuello. Después de agregar todo el cemento, debe colocarse el tapón en el frasco y hacerse girar en posición inclinada o en círculo horizontal poco a poco, hasta que no asciendan burbujas a la superficie del líquido, para sacarle el aire. Si se ha añadido una cantidad apropiada de cemento, el nivel del líquido debe estar en su posición final en cualquier punto en la serie superior de graduaciones.
- Debe hacerse la lectura final una vez que el frasco se haya sumergido en el baño de agua.
- Debe sumergirse el frasco en un baño de agua a temperatura ambiente durante un tiempo suficiente, antes de hacer cualquiera de las lecturas, para evitar variaciones mayores de 0,2°C en la temperatura del líquido dentro del frasco. Todas las lecturas se deben comprobar hasta obtener un valor constante para asegurarse de que los contenidos del frasco han alcanzado la temperatura del baño de agua, (MTC, 2016).

**g) Cálculos**

La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen líquido desplazado por el peso de cemento usado en el ensayo. La densidad debe calcularse como Sigue:

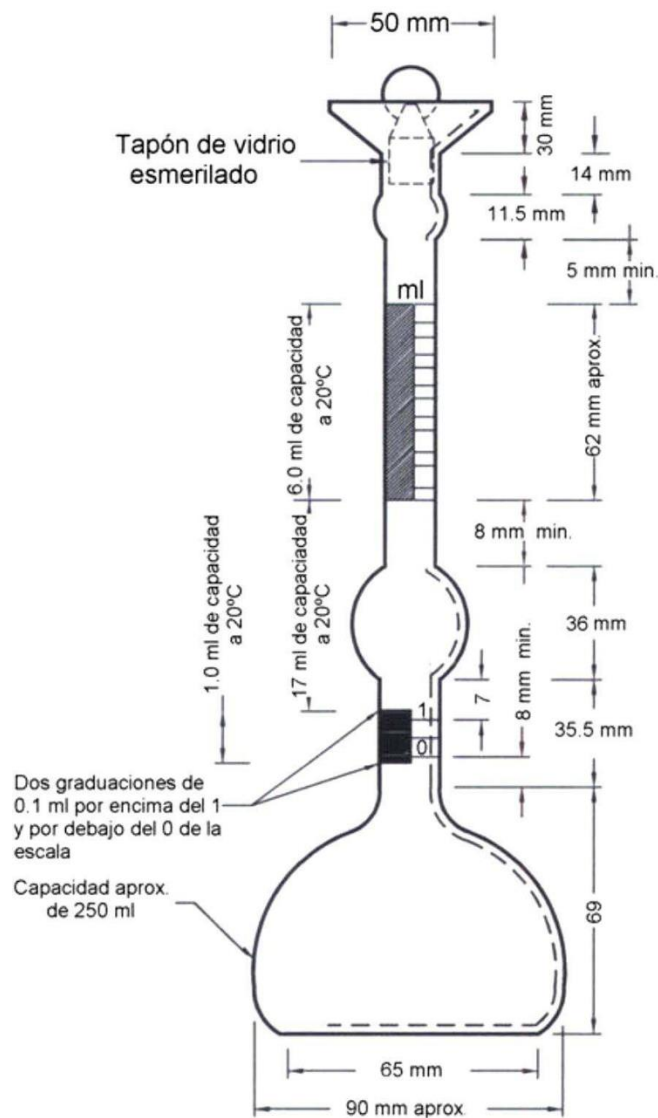
$$Densidad = \frac{Masa\ de\ Cemento\ (g)}{Volumen\ desplazado\ (ml)}$$

## h) Precisión y dispersión

### Precisión

Los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 0,03 g/mL

Los resultados de dos ensayos efectuados en laboratorios distintos, sobre una misma muestra, no diferirán en más de 0,10 g/mL (MTC, 2016).



**Figura 2.** Frasco de le Chatelier

## **2.5. Resistencia a la compresión testigos cilíndricos.**

### **a) Objeto**

Determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y se limita a concretos con un peso unitario superior a  $800 \text{ kg/m}^3$  ( $50 \text{ lb/pe}^3$ ).

### **b) Finalidad y alcance**

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay, es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo, (MTC, 2016).

**c) Referencias normativas**

- NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

**d) Equipo y materiales**

**Equipos**

Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad.

Se hará una verificación de la calibración de la máquina de ensayo de acuerdo con la norma ASTM E-4. "Práctica para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo"; en las siguientes situaciones:

- a) Al menos anualmente y nunca excedido de trece (13) meses.
- b) En la instalación original o en la relocalización de la máquina.
- c) Inmediatamente después de hacer reparaciones o ajustes que puedan afectar de cualquier modo la operación del sistema de pesas o los valores mostrados, excepto para el ajuste a cero que compensa el peso propio del equipo o del espécimen, o ambos.
- d) Cuando quiera que haya una razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin tener en cuenta el intervalo de tiempo desde la última verificación.

Diseño – La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. Si sólo tiene una velocidad de carga, deberá estar provista de medios suplementarios para cargar a una velocidad apropiada para la verificación. Estos medios

suplementarios de carga se pueden operar manualmente o por medio de motor, (MTC, 2016).

El espacio disponible para los especímenes debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en posición legible, un aparato de calibración elástica de suficiente capacidad para cubrir el intervalo potencial de carga de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74. Los aparatos de calibración elástica generalmente disponibles y más comúnmente usados para este propósito, son el anillo de carga circular de ensayo y las celdas de carga.

Precisión – La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no debe exceder del  $\pm 1,0\%$  de la carga indicada.
- b) La precisión de la máquina de ensayo se debe verificar aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos cargas de ensayo sucesivas cualesquiera no debe exceder en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.
- c) La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, se deben registrar en cada punto de ensayo. Se debe calcular el error, E, y el porcentaje de error, Ep, para cada punto de estos datos como sigue:

$$E = A - B$$

$$Ep = 100 \frac{A - B}{B}$$

Donde:

A = carga, kN (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada, y

B = carga aplicada, kN (o lbf) determinada por el elemento de calibración.

En el informe sobre la verificación de una máquina de ensayo, se debe consignar dentro de qué intervalo de carga se encontró que se ajustaba a los requisitos de la especificación, en lugar de informar una aceptación o rechazo general. En ningún caso el intervalo de carga deberá incluir cargas por debajo del valor que sea 100 veces el cambio más pequeño de carga que pueda estimar el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de aquella porción del intervalo por debajo del 10% de la máxima capacidad del mismo.

- d) En ningún caso se debe consignar el intervalo de carga incluyendo cargas por fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo verificación.
- e) La carga indicada por la máquina de ensayo no se debe corregir ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas (Nota 1), uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen.

Las superficies de los bloques que estarán en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ensayar. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no se deben separar del plano en más de 0,02 mm (0,001") en cualquiera de los 150 mm (6") de los bloques de 150 mm (6") de diámetro o mayores, o en más de 0,02 mm (0,001") de cualquier bloque con diámetro más pequeño; los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de estas tolerancias, (MTC, 2016).

Cuando el diámetro de la cara de carga con rótula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm (0,5"), se deben inscribir círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 0,8 mm (0,03") y un ancho no mayor a 1,0 mm (0,04") para facilitar el centrado, (MTC, 2016).

Nota 1. La dureza "Rockwell" de las caras de los bloques de carga utilizados para este ensayo no debe ser menor de 55 HRC

El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados (Nota 2). Las superficies superiores inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque se debe poder asegurar a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado.
- b) Se hará un centrado final con respecto al bloque superior cuando se use el bloque inferior para ayudar al centrado del espécimen. El centro de los anillos concéntricos, cuando éstos existan, o el centro del bloque mismo debe estar directamente debajo del centro de la rótula.
- c) El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo, y al menos 22,5 mm (0,9") después de cualquier operación de afinado de la superficie, excepto cuando esté en completo e íntimo contacto con la platina interior de la máquina de ensayo, caso en el cual el espesor podrá ser de sólo 10 mm (0,38").

Nota 2. Si la máquina de ensayo está diseñada de tal forma que la plataforma sola se pueda mantener con su superficie en las condiciones especificadas, no se requerirá un bloque inferior, (MTC, 2016).

#### **e) Muestra**

Las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2% (Nota 3).

Nota 3. Esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y éstos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra proveniente del núcleo se defleccione o tuerza durante el proceso de perforación, (MTC, 2016).

Ninguna de las muestras ensayadas a compresión se debe separar de la perpendicularidad del eje en más de  $0,5^\circ$  (equivalentes a 3 mm en 300 mm (0,12" en 12") aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana en 0.05 mm (0,002") debe ser refrentado de acuerdo a lo indicado por la norma MTC E 703 o cuando se le permita la NTP 339.216. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra se debe determinar con una precisión de 0,25 mm (0,01"), promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.

El número individual de cilindros medidos para la determinación del diámetro promedio se puede reducir a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se sabe que todos los cilindros han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0,50 mm (0,02").

Cuando el diámetro promedio con un rango de variación de 0,50 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada cilindro ensayado se debe medir y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra. Cuando los diámetros son medidos con frecuencia reducida, el área de los cilindros ensayados en un determinado día se calculará como el promedio de la de los tres (3) o más cilindros que representan el grupo ensayado dicho día, (MTC, 2016).

#### **f) Procedimiento**

El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

Las muestras se deben mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas.

Se deberán ensayar en condición húmeda.

Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:



**TABLA 2:** Tolerancia de edad de ensayos de los especímenes

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0.25 ó 2.1 %
24 horas	± 0.5 horas ó 2.1 %
3 días	2 horas ó 2.28 %
7 días	6 horas ó 3.6 %
28 días	20 horas ó 3.0 %
56 días	40 horas ó 3.0 %
90 días	2 días ó 2.2 %

**Fuente:** Elaboración propia de la guía del MTC-2016

Colocación de la Muestra – Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

Velocidad de Carga – Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos.

La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s ( $35 \pm 7$ psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una

velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido (Figura 3). Si se usa una máquina equipada con un detector de rotura del espécimen no se permitirá su reconexión hasta que la carga haya caído a un valor menor de 95% de la máxima, (MTC, 2016).

### g) Cálculos

Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal, y expresando el resultado con una aproximación de 0,1 MPa (10 psi), (MTC, 2016).

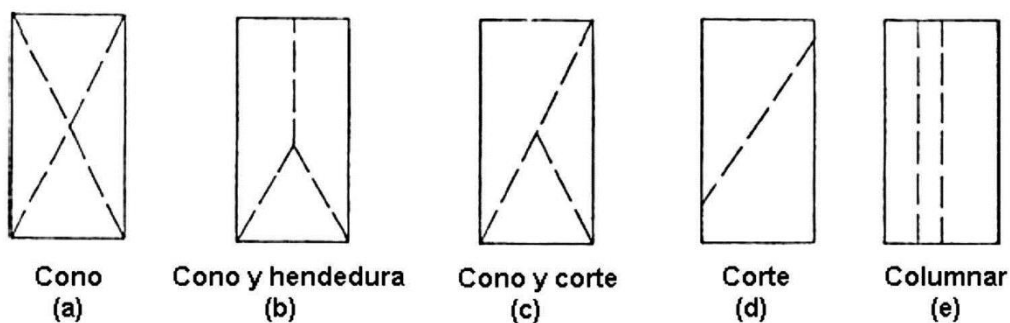
### h) Precisión y dispersión

#### Precisión

La precisión de los ensayos efectuados por un solo operador sobre cilindros individuales de 150 mm por 300 mm (6" x 12") elaborados de una buena muestra de concreto, para cilindros hechos en el laboratorio y bajo condiciones normales de campo, (MTC, 2016).

#### Dispersión

Tolerancias – Como no existe un material de referencia aceptado para la determinación de las tolerancias, no se hace ninguna declaración sobre el particular.



**Figura 3:** Esquema de los tipos de falla.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Finura del cemento por medio de la malla N°200.

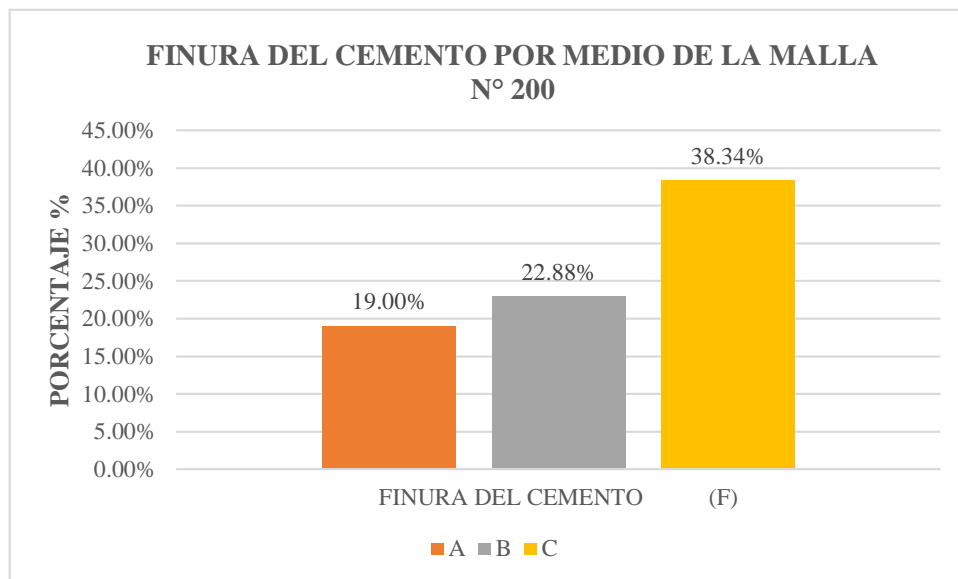
Para esta investigación se realizó ensayos con tres muestras de cemento de diferentes tiempos de antigüedad.

**TABLA 3:** Finura del cemento

Ensayo muestra	Peso de la muestra (g)	Muestra retenida (R)	Finura del cemento (F)
A	50.00	9.50	19.00
B	50.00	11.44	22.88
C	50.00	19.17	38.34

**Fuente:** Elaboración propia

- Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO
- A : Muestra de cemento, edad tres (3) meses de antigüedad.
- B : Muestra de cemento, edad seis (6) meses de antigüedad.
- C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.



**Figura 4.** Finura del cemento por cada tipo de muestra A, B y C a diferentes edades de envejecimiento (3, 6 y 12 meses de almacenamiento respectivamente).

### 3.2. Consistencia normal del cemento.

Con los ensayos realizados a las tres muestras del cemento con diferentes tiempos de antigüedad, se determinó la Consistencia normal del cemento para cada tiempo de antigüedad.

**TABLA 4:** Consistencia normal del cemento

Ensayo muestra	Peso de la muestra (g)	Cantidad de agua (ml)	Penetración (mm)
A	650	205	9.78
B	650	210	10.74
C	650	215	10.43

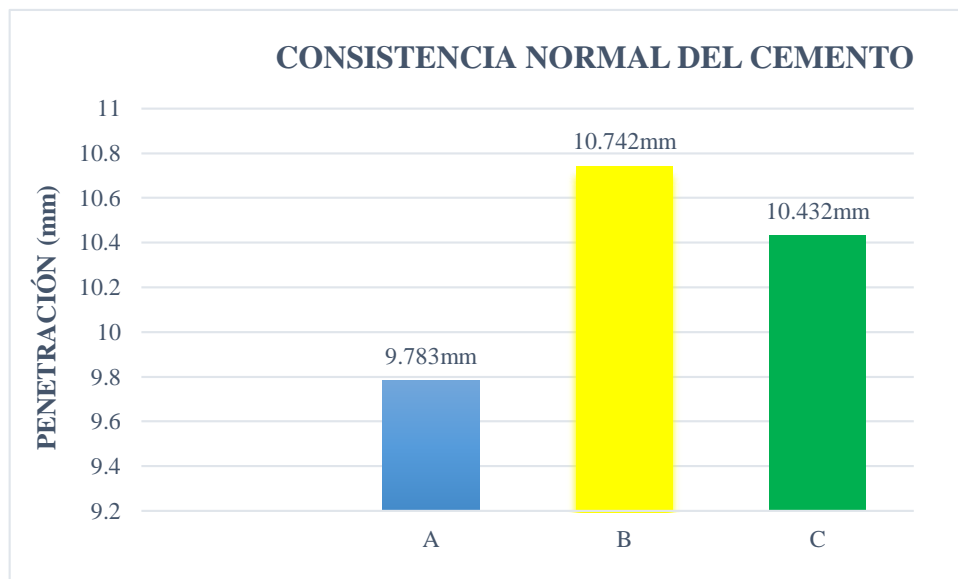
**Fuente:** Elaboración propia

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

A : Muestra de cemento, edad tres (3) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (6) meses de antigüedad.

C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.



**Figura 5.** Consistencia normal del cemento por cada tipo de muestra A, B y C a diferentes edades de envejecimiento (3, 6 y 12 meses de almacenamiento respectivamente).

### 3.3. Tiempo de Fraguado del Cemento Portland (método de Vicat)

Este ensayo se realizó para determinar el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final de las muestras de cemento en sus diferentes tiempos de antigüedad.

**TABLA 5:** Tiempo de fraguado del cemento portland

<b>Ensayo muestra</b>	<b>Número de muestras N°</b>	<b>Tiempo de fraguado inicial (min)</b>	<b>Tiempo de fraguado final (min)</b>
A	1	90	280
A	2	95	285
A	3	90	283
Promedio		92.67	282.67
B	1	110	310
B	2	100	315
B	3	105	310
Promedio		105.00	311.67
C	1	160	380
C	2	155	395
C	3	145	390
Promedio		153.33	388.33

**Fuente:** Elaboración propia

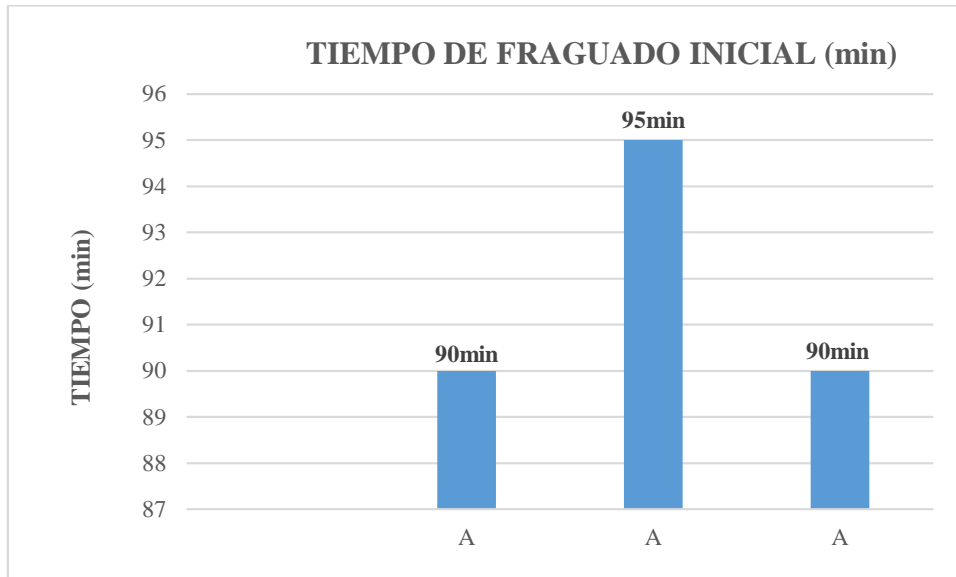
Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

A : Muestra de cemento, edad tres (3) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (6) meses de antigüedad.

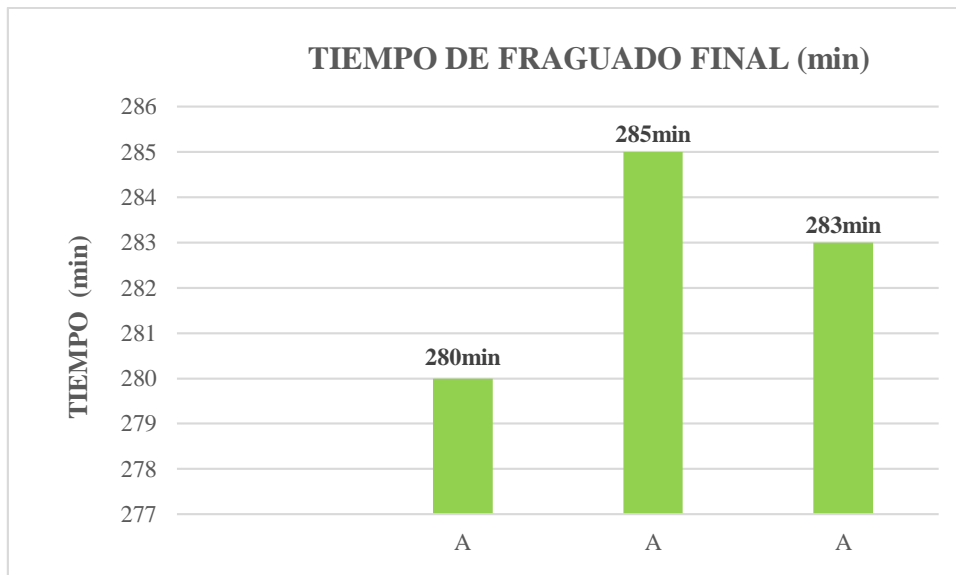
C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

**3.3.1. Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra A, (3) meses de antigüedad.**



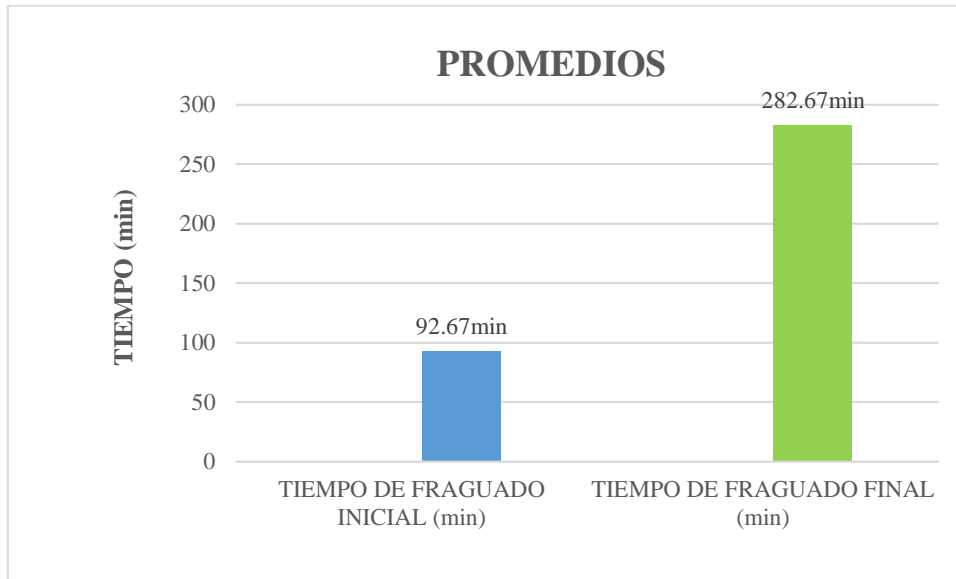
*Figura 6.* Tiempo de fraguado inicial, muestra A.

**3.3.2. Tiempo de Fraguado Final para la muestra A, (3) meses de antigüedad.**



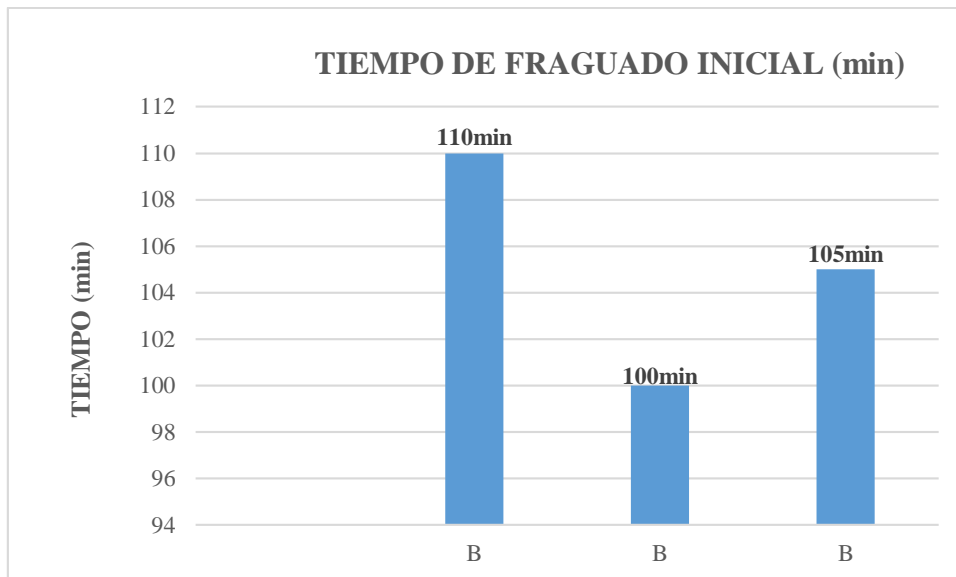
*Figura 7.* Tiempo de fraguado final, muestra A.

**3.3.3. Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra A, (3) meses de antigüedad.**



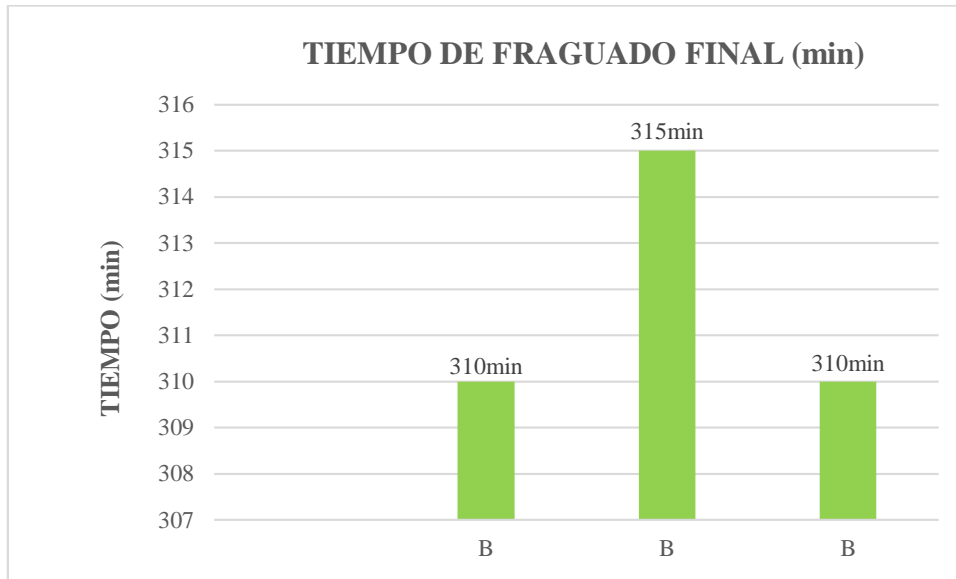
*Figura 8.* Tiempo de fraguado promedio, muestra A.

**3.3.4. Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra B, (6) meses de antigüedad.**



*Figura 9.* Tiempo de fraguado inicial, muestra B.

**3.3.5. Tiempo de Fraguado Final para la muestra B, (6) meses de antigüedad.**



*Figura 10.* Tiempo de fraguado final, muestra B.

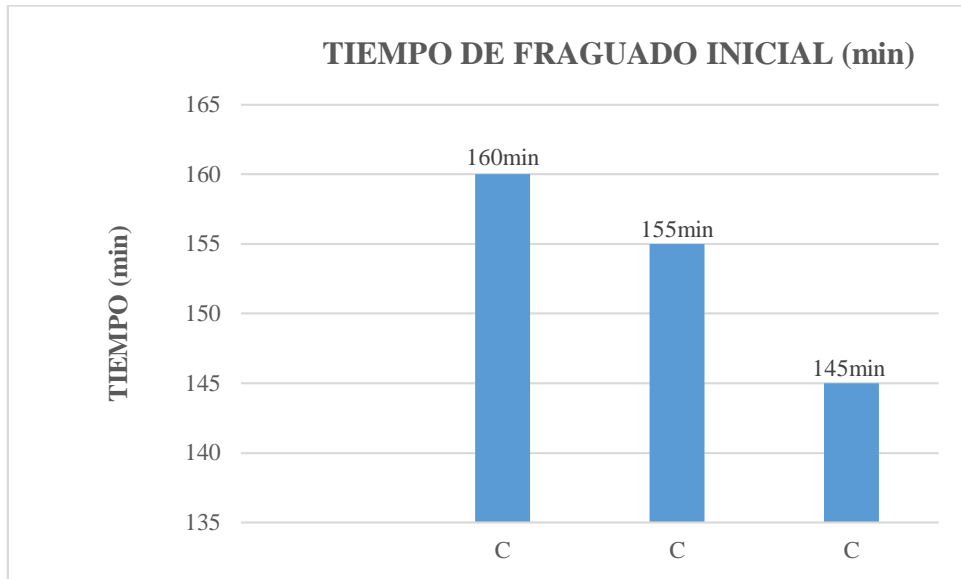
**3.3.6. Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra B, (6) meses de antigüedad.**



*Figura 11.* Tiempo de fraguado promedio, muestra B.

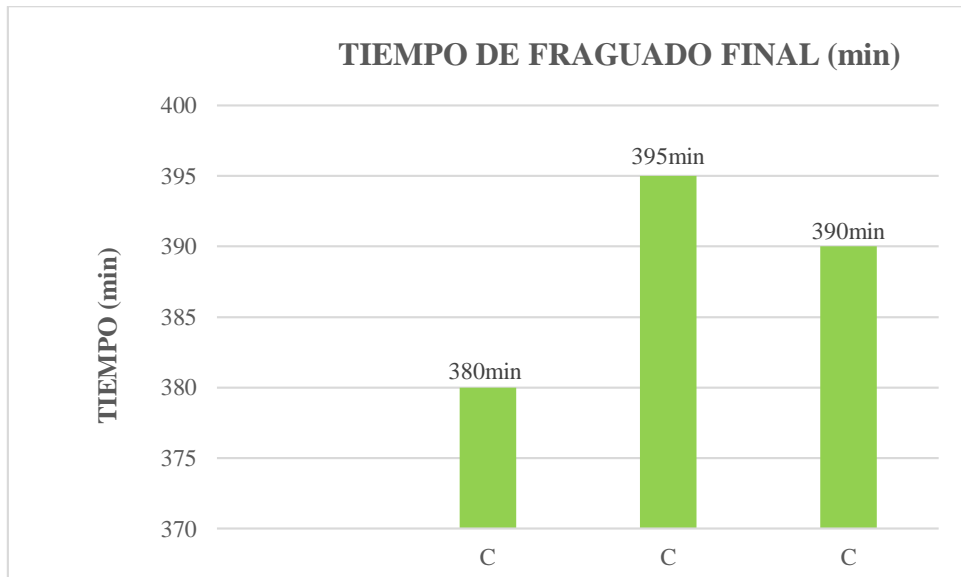


**3.3.7. Tiempo de Fraguado Inicial para la muestra C, (12) meses de antigüedad.**



**Figura 12.** Tiempo de fraguado inicial, muestra C.

**3.3.8. Tiempo de Fraguado Final para la muestra C, (12) meses de antigüedad.**



**Figura 13.** Tiempo de fraguado final, muestra C.

### 3.3.9. Tiempo de Fraguado Promedio para la muestra C, (12) meses de antigüedad.



**Figura 14.** Tiempo de fraguado promedio, muestra C.

Según los resultados de los ensayos realizados para las muestras “A”, “B” y “C” reporta para la muestra A un menor tiempo de fraguado inicial y final respecto a “B” y “C”.

### 3.4. Densidad del Cemento Portland (frasco de Le Chatelier).

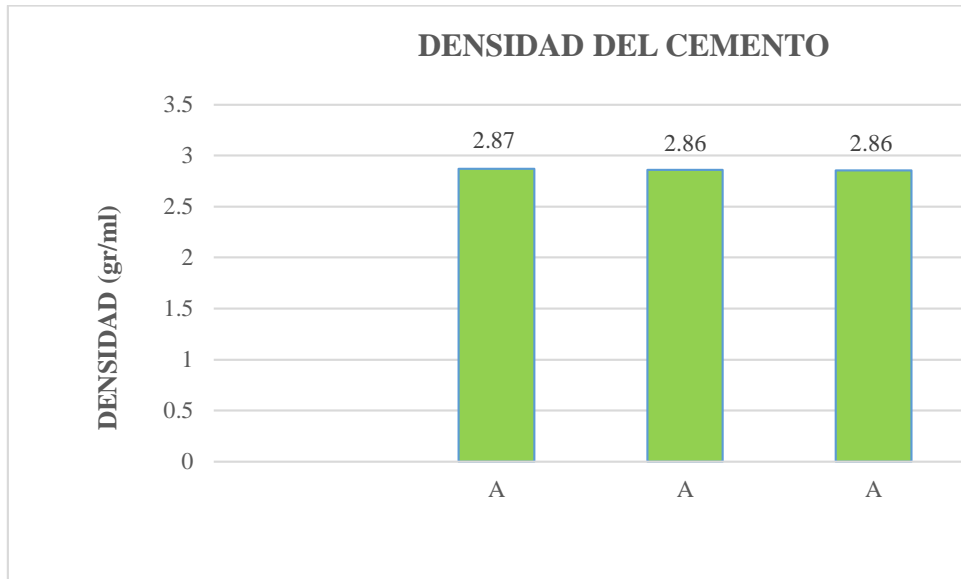
Este ensayo se realizó para las tres muestras de cemento de diferentes tiempos de antigüedad, siendo así que de cada muestra se obtuvo tres densidades diferentes evitando que los resultados no difieran en más de 0.03g/ml, y obteniendo así una densidad promedio para cada muestra.

**TABLA 6:** Densidad del cemento portland.

Ensayo muestra	Cantidad de cemento (g)	Temperatura ambiente (°C)	Volumen desplazado (ml)	Densidad (g/ml)	Promedio densidad (g/ml)
A	64	22.7	22.30	2.87	2.86
	64	22.6	22.37	2.86	
	64	22.6	22.40	2.86	
B	64	22.6	21.90	2.92	2.93
	64	22.5	21.80	2.94	
	64	22.6	21.90	2.92	
C	64	22.7	21.20	3.02	3.01
	64	22.6	21.30	3.00	
	64	22.6	21.30	3.00	

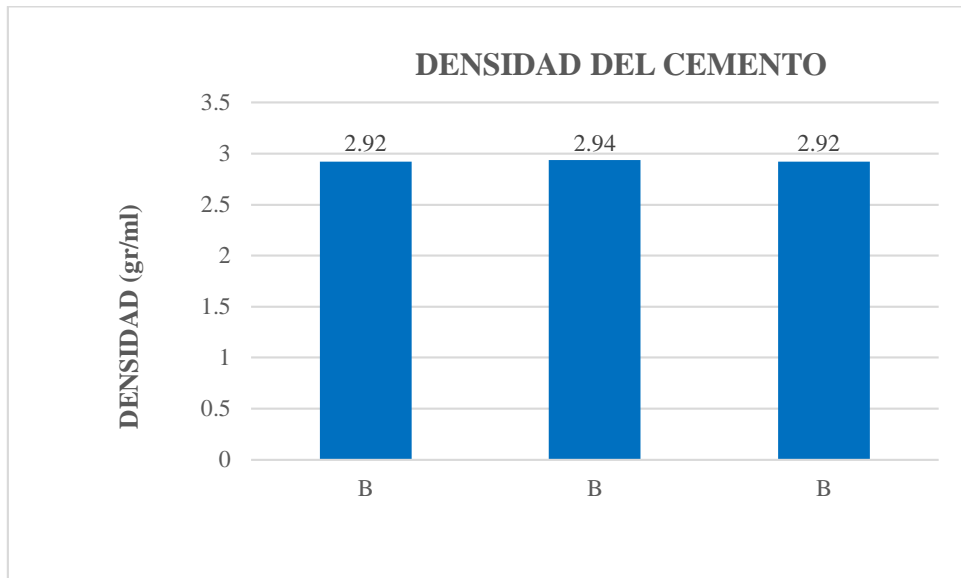
**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.1. Densidad del Cemento Portland para la muestra A, (3) meses de antigüedad.**



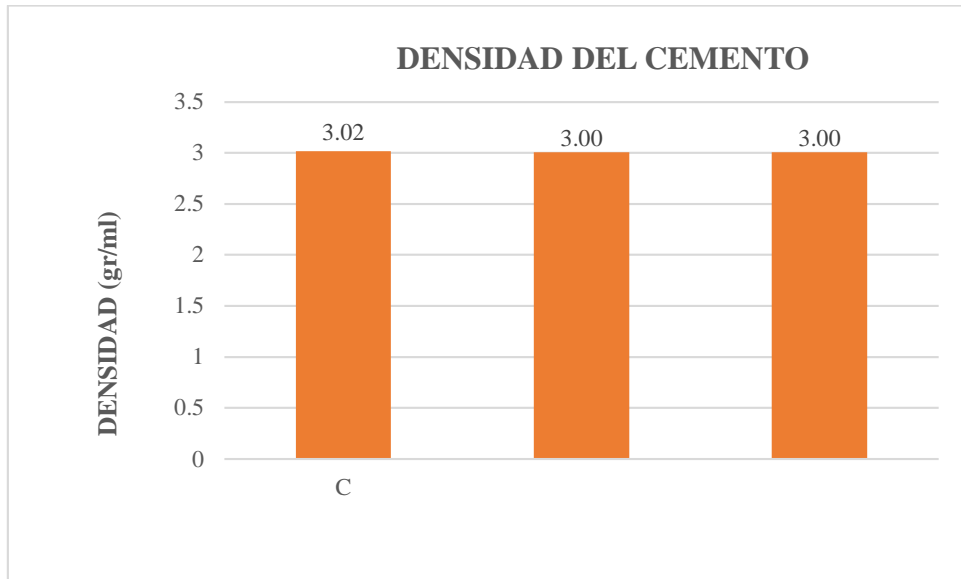
*Figura 15.* Densidad del cemento portland, muestra A.

**3.4.2. Densidad del Cemento Portland para la muestra B, (6) meses de antigüedad.**



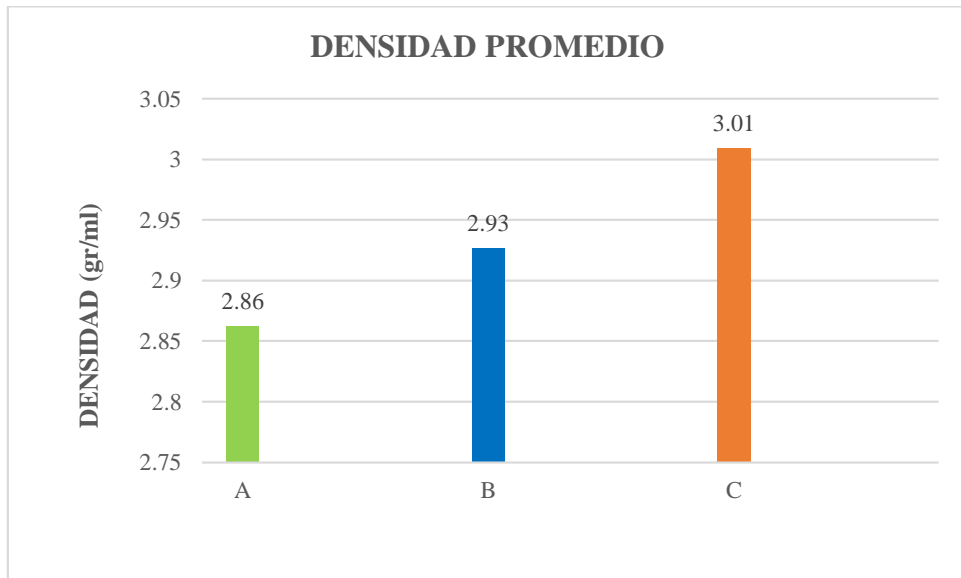
*Figura 16.* Densidad del cemento portland, muestra B.

**3.4.3. Densidad del Cemento Portland para la muestra C, (12) meses de antigüedad.**



*Figura 17.* Densidad del cemento portland, muestra C.

**3.4.4. Densidad Promedio del Cemento Portland.**



*Figura 18.* Densidad Promedio del cemento portland.

Según los resultados de los ensayos realizados para las muestras “A”, “B” y “C” reporta para la muestra A una menor densidad del cemento respecto a “B” y “C”, las cuales las variaciones son por el tiempo de almacenamiento.

### 3.5. Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos.

Este ensayo se realizó para un cemento fresco, así como para las tres muestras de cemento con su respectivo tiempo de antigüedad, obteniendo así su respectiva fuerza a la compresión de cada muestra a los 7 y 28 días.

**TABLA 7:** Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos.

<b>Ensayo muestra</b>	<b>Fecha de vaciado</b>	<b>Fecha de ensayo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (A) (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (P) (Kgf)</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
N	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	32567	179
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	32333	178
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	32481	179
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	32637	180
A	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21702	120
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	22247	123
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31937	176
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31501	174
B	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21212	117
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21757	120
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31447	173
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31265	172
C	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	20977	116
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21521	119
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31211	172
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31029	171
<b>Promedio:</b>						
			Edad 7 días:	134		
			Edad 28 días:	174.63		
<b>Varianza:</b>						
			Edad 7 días:	758.857		
			Edad 28 días:	11.411		

Desviación Estándar:

Edad 7 días:	27.547
Edad 28 días:	3.378

Coefficiente de Variación:

Edad 7 días:	20.56%
Edad 28 días:	1.93%

**Fuente:** Elaboración propia

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

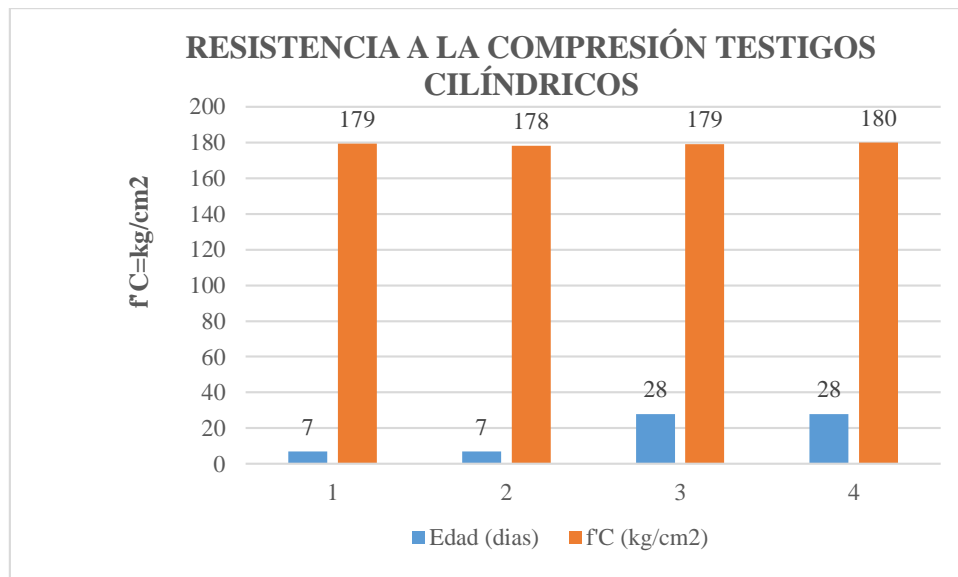
N : Muestra de cemento fresco, máx una semana de antigüedad.

A : Muestra de cemento, edad tres (3) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (6) meses de antigüedad.

C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

### 3.5.1. Resistencia a la Compresión, muestra N cemento fresco.



**Figura 19.** Resistencia a la Compresión de cemento fresco N.

### 3.5.2. Resistencia a la Compresión, muestra A (3) meses de antigüedad.

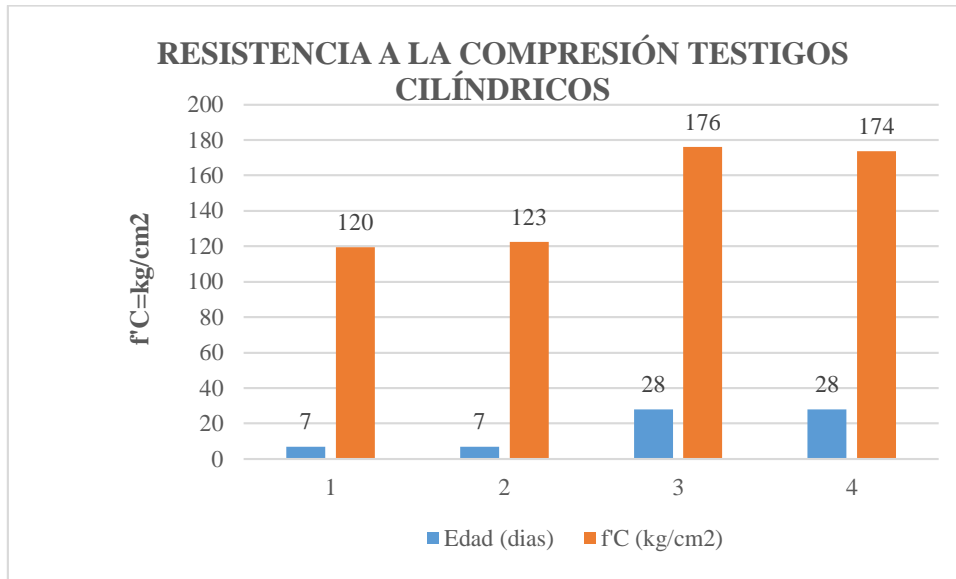


Figura 20. Resistencia a la Compresión, muestra A.

### 3.5.3. Resistencia a la Compresión, muestra B (6) meses de antigüedad.

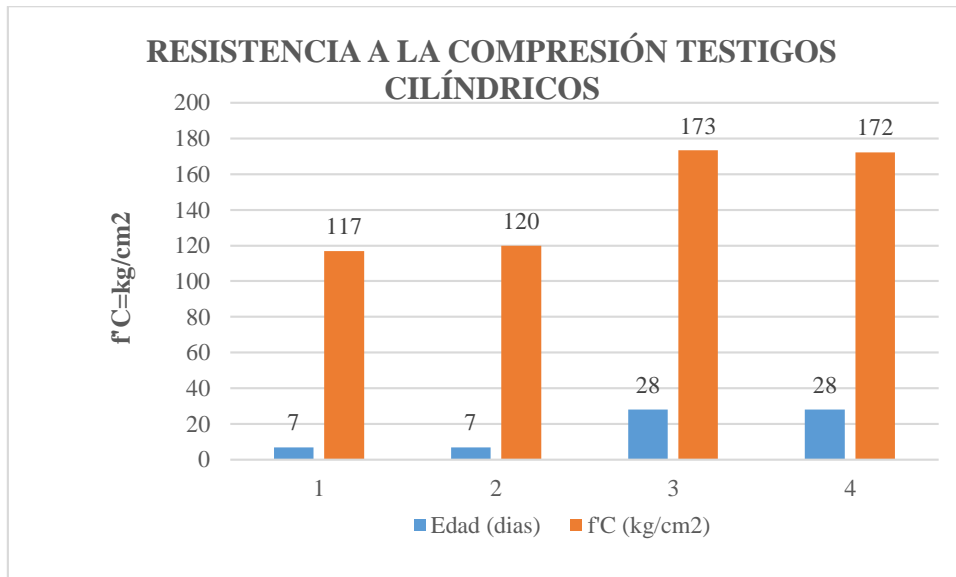
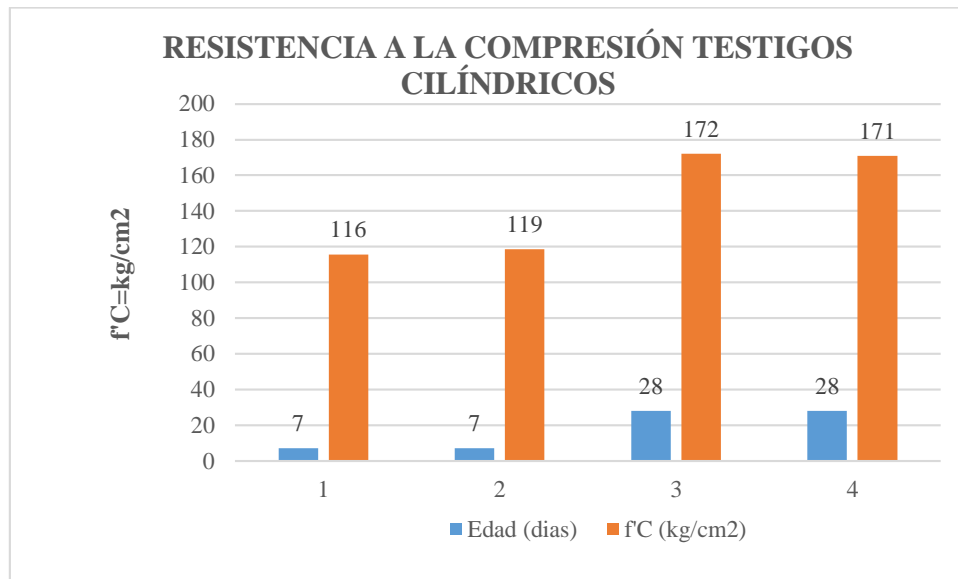


Figura 21. Resistencia a la Compresión, muestra B.

### 3.5.4. Resistencia a la Compresión, muestra C (12) meses de antigüedad.



**Figura 22.** Resistencia a la Compresión, muestra C.

Según los resultados de los ensayos realizados para las muestras “A”, “B” y “C” reporta para la muestra “A” una mayor resistencia a la compresión respecto a “B” y “C”, debido a que menor tiempo de almacenamiento el cemento mantiene las propiedades físico – mecánicas.



## **IV. DISCUSIÓN**

### **Ensayos Físicos:**

#### **Finura del cemento por medio de la malla N°200**

En el informe de tesis: Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Elaborados con Cementos ICO, MS y UG, Trujillo 2018. (Ruiz & Vasallo, 2018), no muestra ensayos para la finura del cemento por medio de la malla N° 200, y según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016, describe el procedimiento del ensayo a seguir, pero no tiene especificación alguna para determinar los porcentajes de cemento retenidos en la malla N° 200, lo cual esto varía según al tiempo de antigüedad, en esta investigación se realizó ensayos para tres muestras de cemento con sus respectivos tiempos de antigüedad 3 meses, 6 meses y 12 meses respectivamente, resultó que al aplicar este método con una muestra de 50 g según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016 (MTC E-604), se obtuvo que para la muestra A (3 meses de antigüedad) el cemento retenido en la malla N° 200 fue del 19% , para la muestra B (6 meses de antigüedad), el cemento retenido en la malla N° 200 fue del 22.88% y para la muestra C (12 meses de antigüedad), el cemento retenido en la malla n° 200 fue del 38.34%.

#### **Consistencia normal del cemento**

Según (Castro, 2014), realiza ensayos para determinar la consistencia del cemento, teniendo así que determinar el contenido de agua de la pasta para una muestra de 500 gramos, obteniendo valores que varían entre de 26 y 33%, con volumen de agua de 130 y 165 ml realizadas con un cemento en estado normal respectivamente, en esta investigación se realizó ensayos para tres muestras de cemento: A (3 meses de antigüedad), muestra B (6 meses de antigüedad) y muestra C (12 meses de antigüedad), se estudió para una muestra de 650gr según a los especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016 (MTC E-605), lo cual especifica que se debe determinar la cantidad de agua requerida para alcanzar una penetración de  $10 \pm 1$  mm del émbolo del equipo Vicat obteniendo así para la muestra "A" con una cantidad de agua de 205 ml equivalente al 31.54%, una penetración del émbolo del equipo Vicat de 9.785mm, para la muestra "B" con una cantidad de agua de 210 ml equivalente al 32.31%, una penetración del émbolo del equipo Vicat de 10.742mm y para la muestra "C" con una cantidad de agua de 215 ml equivalente al 33.08%, obteniendo una

penetración del émbolo del equipo Vicat de 10.432mm, obteniendo así que las cantidades de agua van hacer mayores para un cemento con mayor tiempo de antigüedad.

### **Tiempo de Fraguado del Cemento Portland (método de Vicat)**

Según (Zurita, 2015) determinó que el tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final para una muestra de 650 gr es de 137min y 406 min para una pasta de cemento en estado normal, según lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016, nos describe que las muestras deben estar en una cámara húmeda que mantenga una temperatura de 21 °C a 25 °C, en esta investigación los resultados obtenidos para las tres muestras de cemento envejecido: Muestra “A” 3 meses de antigüedad, muestra “B” 6 meses de antigüedad y muestra “C” 12 meses de antigüedad, utilizando así una muestra de 650 gr especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016 (MTC E-606), logrando obtener para la muestra “A” un tiempo de fraguado inicial de 92.67 min y un tiempo de fraguado final de 282.67 min con una cámara húmeda de 22.7°C, para la muestra “B” un tiempo de fraguado inicial de 105.00 min y un tiempo de fraguado final de 311.67 min con una cámara húmeda de 22.6 °C y para la muestra “C” un tiempo de fraguado inicial de 153.33 min y un tiempo de fraguado final de 388.33 min con una cámara húmeda de 22.8 °C, y según lo especificado en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.006) Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat, tenemos que para tiempo de fraguado inicial se encuentra en un rango de 49 min a 202 min, para tiempo de fraguado final en un rango de 185 min a 312 min (NTP, 2013), lo cual la muestra “A” y la muestra “B” se encuentran dentro de lo especificado en la respectiva norma, no siendo el caso de la muestra “C” ya que el tiempo de fraguado inicial está dentro del rango especificado en dicha norma y teniendo una variación en cuanto al tiempo de fraguado final, siendo así que para la muestra “A” y la muestra “B” el fraguado inicial y final están dentro de los parámetros establecidos en dicha normal lo que no sucede en la muestra “C” que para el fraguado inicial de 153.33min está dentro del rango para un tiempo de fraguado inicial, excediendo en un fraguado final de 388.33 para un rango de 185min con un máximo de 312min.

### **Densidad del Cemento Portland (frasco de Le Chatelier).**

Según (Vaca, 2014), determina la densidad de un cemento en estado normal para una muestra de 64 gr, obteniendo así que la densidad del cemento es de 3.035g/ml, los resultados obtenidos en esta investigación para las tres muestras de cemento envejecido: Muestra “A” 3 meses de antigüedad, muestra “B” 6 meses de antigüedad y muestra “C” 12 meses de antigüedad, utilizando una muestra de 64 gr según a lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016 (MTC E-610), se obtuvo una densidad de 2.86 g/ml para la muestra “A”, 2.93 g/ml para la muestra “B” y 3.01 g/ml para la muestra “C”, Cementos Pacasmayo tipo I establece que la propiedad física del cemento para la densidad es de 3.1 g/ml, teniendo en esta investigación valores menos que el referenciado en cementos Pacasmayo.

### **Ensayos Mecánicos:**

#### **Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos**

Según (Sanchez Muñoz & Tapia Medina, 2015) realizan ensayos a la compresión de testigos cilíndricos para una resistencia patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup> y evaluados a los 3,7,14,28 y 56 días siendo así que los resultados a los 7 y 28 días son de 200.09kg/cm<sup>2</sup> y 299.2 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, para los ensayos de esta investigación tuvo como guía el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016 (MTC E-609) aplicando esto para las muestras “N” centeno fresco, “A” (3 meses de antigüedad), muestra “B” (6 meses de antigüedad) y muestra “C” (12 meses de antigüedad), utilizando para las mismas testigos cilíndricos de 150mm x 300mm (6’’ x 12’’), obteniendo así resistencias a los 7 y 28 días respectivamente para una fuerza a la compresión requerida de 175 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así que en este presente ensayo se obtuvo mayor resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) a los 28 días, teniendo variaciones para las muestras estudiadas siendo la más favorable de estas la muestra “A” (3 meses de antigüedad) con resistencias a la compresión a los 7 días de 120 kg/cm<sup>2</sup> y 123kg/cm<sup>2</sup>, y resistencias a la compresión a los 28 días de 176 kg/cm<sup>2</sup> y 174kg/cm<sup>2</sup>, notando así disminución de la resistencia a la compresión para la muestra “B” (6 meses de antigüedad) teniendo resistencia a la compresión a los 7 días de 117 kg/cm<sup>2</sup> y 120 kg/cm<sup>2</sup>, y resistencia a la compresión a los 28 días de 173 kg/cm<sup>2</sup> y 172 kg/cm<sup>2</sup>, y teniendo una menor disminución para la muestra “C” (12 meses de antigüedad) obteniendo así resistencias a la compresión a los 7 días de 116

kg/cm<sup>2</sup> y 119 kg/cm<sup>2</sup>, y resistencia a la compresión a los 28 días de 172 kg/cm<sup>2</sup> y 171 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, a mayor tiempo de fraguado de las muestras estas tienden a aumentar la resistencia a la compresión de las mismas, según los ensayos de (Sanchez Muñoz & Tapia Medina, 2015) la resistencia a la compresión obtenida para los 7 días son menores respecto a los analizados a los 28 días para una resistencia patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, sucediendo lo mismo en esta investigación para un cemento envejecido teniendo variaciones en los ensayos a los 7 y 28 días, para una resistencia patrón de 175 kg/cm<sup>2</sup>, pero obteniendo resistencias aceptables con las tres muestras de cemento son su respectivo tiempo de antigüedad.

## V. CONCLUSIONES

- Los ensayos demuestran que, la muestra “A” (3 meses de antigüedad) reporta mejores resultados en sus propiedades físico – mecánicas sobre las muestras “B” (6 meses de antigüedad) y “C” (12 meses de antigüedad).
- Los resultados de los ensayos de las muestras evaluadas: “A”, “B” y “C”, reportan resultados que sus parámetros físicos analizados están dentro de lo propuesto en la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), y en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC-2016.
- Los resultados de los ensayos mecánicos de las muestras “A”, “B” y “C” reportan valores aceptables teniendo como valor patrón la Resistencia a la Compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, evaluando a los 28 días para la muestra “A” fue 176 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra “B” fue 173 kg/cm<sup>2</sup> y la muestra “C” fue 172 kg/cm<sup>2</sup>.
- De los resultados físico – mecánicos de las muestras “A”, “B” y “C” se reporta que, a mayor tiempo de almacenamiento el cemento pierde sus propiedades físico – mecánicas.
- De los resultados de los ensayos mecánicos de las muestras “A”, “B” y “C, con resistencias a la compresión de:  $f'c=176$  kg/cm<sup>2</sup>, 173 kg/cm<sup>2</sup> y 172 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, estos pueden ser utilizadas en obras civiles de cargas variables tales como: veredas, rampas, patios y losas deportivas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda probar estos concretos hechos con cementos envejecidos en losas deportivas, veredas, patios y rampas, ya que son obras civiles que no está expuesta a grandes cargas.
  
- Se recomienda que los municipios, en las cuales tengan cementos que hayan pasado el tiempo de almacenamiento, estos no sean desechados ya que según lo investigado se demostró que estos pueden ser utilizados en obras civiles que no sean de concreto estructural.
  
- Se recomienda que para la preparación de la pasta de concreto elaborado con cemento envejecido, se utilicen los agregados y herramientas adecuadas para obtener la resistencia a la compresión esperada.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Matouschek, M. O. (1974). *Influencia de la Edad y del Tipo de Almacenamiento en los Cementos Chilenos*. IDIEM, 02.

NTP. (2011). CEMENTOS. *Cementos Portland. Requisitos*. Norma Técnica Peruana.

NTP. (2013). *Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat*. Norma Técnica Peruana.

Castro, C. C. (2014). *Consistencia Normal del Cemento, Tiempo de Fraguado, Fraguado Inicial y Mezcla Mecánica*. POPAYÁN.

Vaca, J. D. (2014). *Densidad Real del Cemento*. LOJA

Zurita, J. F. (2015). *Consistencia Normal y Tiempo de Fraguado del Cemento*. QUITO

Sanchez Muñoz, F. L., & Tapia Medina, R. D. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3,7,14,28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. TRUJILLO.

MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. En M. d. Comunicaciones, Manual de Ensayos de Materiales. Lima.

Ruiz Uceda, R. F., & Vasallo Barrios, M. (2018). *Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Elaborados con Cementos ICO, MS y UG, Trujillo 2018*. TRUJILLO.

Alvarado Corcuera, D. A., & Cortez Medina, P. J. (2018). *Influencia del Tiempo de Almacenamiento y Tipo de Cemento en la Fluidéz del Fraguado y Compresión de Morteros de Asiento*. TRUJILLO.

## Anexo 1: Resultado de propiedades Físicas.



### LABORATORIO DE MATERIALES

Expediente N° : 333 - 2018 FERMATI - Chiclayo  
Solicitante : Bach. COLIN KEIN CORONEL TORRES  
Proyecto : TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS."  
Fecha Recepción : Chiclayo, 04 de Mayo del 2018  
Fecha Ensayo : Chiclayo, 05 de Mayo del 2018

**ENSAYO** : Finura del cemento por medio de la malla nº 200  
**REFERENTE** : MTC E-604

ENSAYO MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA (gr)	MUESTRA RETENIDA (R)	FINURA DEL CEMENTO (F)
A	50.0000	9.5000	19.00
B	50.0000	11.4400	22.88
C	50.0000	19.1700	38.34

#### Observaciones:

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

A : Muestra de cemento, edad tres (03) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (06) meses de antigüedad.

C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

#### Formula:

$$F = \frac{R}{50} \times 100$$

#### Donde:

F : Finura del cemento expresada como porcentaje en peso del residuo que no pasa el tamiz N° 200.

R : Peso del residuo que no pasa el tamiz N° 200, en gramos.

  
Wilson Olaya Aguilar  
LABORATORISTA - FERMATISAC



  
J. Miguel Delgado Valera  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 150115



LABORATORIO DE MATERIALES

Expediente Nº : 333 - 2018 FERMATI - Chiclayo  
 Solicitante : Bach. COLIN KEIN CORONEL TORRES  
 Proyecto : TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS."  
 Fecha Recepción : Chiclayo, 04 de Mayo del 2018  
 Fecha Ensayo : Chiclayo, 05 de Mayo del 2018

**ENSAYO** : Consistencia normal del cemento  
**REFERENTE** : MTC E-605

ENSAYO MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PENETRACION (mm)
A	650	205	9.783
B	650	210	10.742
C	650	215	10.432

Observaciones:

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO  
 A : Muestra de cemento, edad tres (03) meses de antigüedad.  
 B : Muestra de cemento, edad seis (06) meses de antigüedad.  
 C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

  
 Wilson Olaya Aguilar  
 LABORATORISTA - FERMATISAC



  
 J. Miguel Delgado Valera  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 150115

LABORATORIO DE MATERIALES

Expediente N° : 333 - 2018 FERMATI - Chiclayo  
 Solicitante : Bach. COLIN KEIN CORONEL TORRES  
 Proyecto : TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS."  
 Fecha Recepción : Chiclayo, 04 de Mayo del 2018  
 Fecha Ensayo : Chiclayo, 05 de Mayo del 2018

**ENSAYO** : Tiempo de Fragua del cemento portland (método de vicat)  
**REFERENTE** : MTC E-606

ENSAYO MUESTRA	REPLICA N°	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)
A	1	90	280
A	2	95	285
A	3	90	283
Promedio		92.67	282.67
B	1	110	310
B	2	100	315
B	3	105	310
Promedio		105.00	311.67
C	1	160	380
C	2	155	395
C	3	145	390
Promedio		153.33	388.33

Observaciones:

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

A : Muestra de cemento, edad tres (03) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (06) meses de antigüedad.

C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.



Wilson Olaya Aguilar  
 LABORATORISTA - FERMATISAC




J. Miguel Delgado Valera  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 150115

LABORATORIO DE MATERIALES

Expediente N° : 333 - 2018 FERMATI - Chiclayo  
 Solicitante : Bach. COLIN KEIN CORONEL TORRES  
 Proyecto : TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS."  
 Fecha Recepción : Chiclayo, 04 de Mayo del 2018  
 Fecha Ensayo : Chiclayo, 06 de Mayo del 2018

**ENSAYO** : Densidad del cemento portland (frasco de le chatelier)  
**REFERENTE** : MTC E-610

ENSAYO MUESTRA	CANTIDAD DE CEMENTO (gr)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	DENSIDAD (g/ml)	PROMEDIO DENSIDAD (g/ml)
A	64	22.7	22.30	2.87	2.86
	64	22.6	22.37	2.86	
	64	22.6	22.40	2.86	
B	64	22.6	21.90	2.92	2.93
	64	22.5	21.80	2.94	
	64	22.6	21.90	2.92	
C	64	22.7	21.20	3.02	3.01
	64	22.6	21.30	3.00	
	64	22.6	21.30	3.00	

Observaciones:

- Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO
- A : Muestra de cemento, edad tres (03) meses de antigüedad.
- B : Muestra de cemento, edad seis (06) meses de antigüedad.
- C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

  
 Wilson Olaya Aguilar  
 LABORATORISTA - FERMATISAC



  
 J. Miguel Delgado Valera  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 150115

## Anexo 2: Resumen de propiedades Mecánicas.



### LABORATORIO DE MATERIALES

Expediente N° : 333 - 2018 FERMATI - Chiclayo  
 Solicitante : Bach. COLIN KEIN CORONEL TORRES  
 Proyecto : TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO HECHOS CON CEMENTO ENVEJECIDO PARA SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES, CHACHAPOYAS, AMAZONAS."  
 Fecha Recepción : Chiclayo, 04 de Mayo del 2018

ENSAYO : Resistencia a la compresión testigos cilíndricos  
 REFERENTE : MTC E-704

ENSAYO MUESTRA	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (A) (cm <sup>2</sup> )	Carga (P) (Kgf)	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
N	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	32567	179
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	32333	178
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	32481	179
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	32637	180
A	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21702	120
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	22247	123
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31937	176
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31501	174
B	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21212	117
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21757	120
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31447	173
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31265	172
C	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	20977	116
	08/05/2018	15/05/2018	7	181.46	21521	119
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31211	172
	08/05/2018	05/06/2018	28	181.46	31029	171

Observaciones:

Cemento : Pacasmayo, Tipo ICO

N : Muestra de cemento fresco

A : Muestra de cemento, edad tres (03) meses de antigüedad.

B : Muestra de cemento, edad seis (06) meses de antigüedad.

C : Muestra de cemento, edad doce (12) meses de antigüedad.

  
 Wilson Olaya Aguilar  
 LABORATORISTA - FERMATISAC



  
 J. Miguel Delgado Valera  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 150115

### Anexo 3: Panel fotográfico



Foto N° 01: Peso de la muestra de cemento para el ensayo de finura, malla N°200



Foto N° 02: Tamiz N°200



Foto N° 03: Peso de la muestra retenida  
Tamiz N°200



Foto N° 04: Peso de la Muestra retenida  
Tamiz N°200



Foto N° 05: Peso de la muestra de cemento para el ensayo de consistencia



Foto N° 06: Equipo de Vicat



Foto N° 07: Enrasado de la muestra



Foto N° 08: Muestra lista para el ensayo de consistencia





Foto N° 09: Lectura de la penetración del equipo de Vicat



Foto N° 10: Equipo de Vicat (aguja de Vicat)



Foto N° 11: Peso de la muestra de cemento para el ensayo de tiempo de fraguado



Foto N° 12: Enrasado de la muestra.



Foto N° 13: Lectura del tiempo de fraguado.



Foto N° 14: Peso de la muestra de cemento para el ensayo de Densidad



Foto N° 15: Frasco de Le Chatelier.



Foto N° 16: Frasco de Le Chatelier con kerosene



Foto N° 17: Baño de agua



Foto N° 18: Maquina de ensayos universal



Foto N° 19: Rotura de testigos cilíndricos