

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia de mortero al sustituir 5%, 10% y 15% de  
cemento por cenizas de tusa de maíz.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero civil**

**Autor:**

Cerna Campos, Wilkins Wilder

**Asesor:**

Urrutia Vargas, Segundo Milquisider  
0000-0003-4415-0484

Chimbote – Perú 2020

**PALABRAS CLAVE:**

---

<b>Tema</b>	Resistencia a la compresión
<b>Especialidad</b>	Construcción

---

**KEYWORDS:**

---

<b>Theme</b>	Compressive strength
<b>Specialty</b>	Construction

---

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

<b>-Programa</b>	Ingeniería Civil
<b>-Línea de Investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>-OCDE</b>	Ingeniería y tecnología Ingeniería civil Tecnología de la construcción y proceso
<b>-Campo de Investigación</b>	constructivo.

---

## **TÍTULO**

Resistencia de mortero al sustituir 5%, 10% y 15% de cemento por cenizas de tusa de maíz.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar la resistencia a la compresión del mortero patrón y experimentales con combinaciones de 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz, con el objetivo de cumplir con las normas peruanas y de encontrar alternativas para los materiales de construcción.

Los Ensayos realizados en el presente estudio de investigación son: Análisis térmico diferencial, Ensayo de fluidez, Ensayo de fluorescencia de Rayos X aplicado a la ceniza de tusa de maíz, así como también se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión de los 9 cubos de mortero patrón y 27 cubos de morteros experimentales a 3, 7 y 28 días.

Como primer paso se activó la muestra de ceniza de tusa maíz a 640°C por 2 horas según los resultados obtenidos del ATD, que permitieron la presencia de Óxidos, por consiguiente, se determinó la composición química del material obteniendo como principal factor de interacción en los morteros experimentales al SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silicio) con un 10.236%, además de K<sub>2</sub>O (Óxido de Potasio) con un 63.962%, además de P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Óxido de Fósforo) con un 8.097% y ClO<sub>2</sub> (Dióxido de Cloro) con un 7.972%. El resultado promedio obtenido mediante ensayo de la Resistencia a la Compresión a los 3, 7 y 28 días de curado con respecto al mortero patrón se obtuvo 305.44 kg/cm<sup>2</sup>, 422.60 kg/cm<sup>2</sup> y 489.69 kg/cm<sup>2</sup>, a comparación del mortero experimental con 5% de sustitución con resultados a los 3, 7 y 28 días de 259.32 kg/cm<sup>2</sup>, 270.80 kg/cm<sup>2</sup>, y 361.64 kg/cm<sup>2</sup>, disminuyendo a los 3 días 15.10%, a los 7 días 35.92% y a los 28 días 26.15%, del mortero experimental con 10% de sustitución con resultados a los 3, 7 y 28 días de 114.06 kg/cm<sup>2</sup>, 147.69 kg/cm<sup>2</sup>, y 240.15 kg/cm<sup>2</sup>, disminuyendo a los 3 días 62.66%, a los 7 días 65.05% y a los 28 días 50.96% y respecto al mortero experimental con 15% de sustitución con resultados a los 3, 7 y 28 días 182.51 kg/cm<sup>2</sup>, 193.88 kg/cm<sup>2</sup> y 290.52 kg/cm<sup>2</sup>, disminuyendo a los 3 días 40.25%, a los 7 días 54.12% y a los 28 días 40.67% en referencia al mortero patrón.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research project is to evaluate the compressive strength of the standard and experimental mortar with combinations of 5%, 10% and 15% corn cob ash, with the aim of complying with Peruvian standards and finding alternatives for building materials.

The tests carried out in this research study are: Differential thermal analysis, Flow test, X-ray fluorescence test applied to corn cob ash, as well as compression resistance tests of the 9 cubes of standard mortar and 27 cubes of experimental mortars at 3, 7 and 28 days.

As the first step, the corn cob ash sample was activated at 640 ° C for 2 hours according to the results obtained from the DTA, which allowed the presence of Oxides, therefore, the chemical composition of the material was determined, obtaining as the main interaction factor in the experimental mortars to SiO<sub>2</sub> (Silicon Dioxide) with 38,559%, in addition to K<sub>2</sub>O (Potassium Oxide) with 33,258%, in addition to P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Phosphorous Oxide) with 8.097% and ClO<sub>2</sub> (Chlorine Dioxide) with 12,331%.

The average result obtained by testing the Compressive Strength at 3, 7 and 28 days of curing with respect to the standard mortar was obtained 305.44 kg / cm<sup>2</sup>,

422.60 kg / cm<sup>2</sup> and 489.69 kg / cm<sup>2</sup>, compared to the experimental mortar with 5% substitution with results at 3, 7 and 28 days of 259.32 kg / cm<sup>2</sup>, 270.80 kg / cm<sup>2</sup>, and 361.64 kg / cm<sup>2</sup>, decreasing to the 3 days 15.10%, at 7 days 35.92% and at 28 days 26.15%, of the experimental mortar with 10% substitution with results at 3, 7 and 28 days of 114.06 kg / cm<sup>2</sup>, 147.69 kg / cm<sup>2</sup>, and 240.15 kg / cm<sup>2</sup>, decreasing at 3 days 62.66%, at 7 days 65.05% and at 28 days 50.96% and with respect to the experimental mortar with 15% substitution with results at 3, 7 and 28 days 182.51 kg / cm<sup>2</sup>, 193.88 kg / cm<sup>2</sup> and 290.52 kg / cm<sup>2</sup>, decreasing 40.25% after 3 days, 54.12% at 7 days and 40.67% after 28 days in reference to the standard mortar.

## ÍNDICE

<b>PALABRAS CLAVES – LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>i</b>
<b>TÍTULO.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b>	<b>27</b>
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	<b>47</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>52</b>
<b>VII. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b>	
<b>ANEXO N°1: Ensayo de Análisis Térmico Diferencial.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO N°2: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO N°3: Ensayos de pH... ..</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO N°4: Ensayos del Agregado Fino.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO N°5: Ensayos de Peso Específico .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO N°6: Ensayos de Fluidéz de las Pastas .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO N°7: Ensayos a la Compresión de Cubos.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO N°8: Panel Fotográfico .....</b>	<b>90</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Propiedades químicas y físicas de cemento portland y ceniza de tusa de maíz.....	2
<b>Tabla 2.</b> Tolerancia para el ensayo a compresión.....	11
<b>Tabla 3.</b> Componentes químico principales en la fabricación de cemento.....	16
<b>Tabla 4.</b> Requisitos para usar el agua en la mezcla (NTP 339.088).....	20
<b>Tabla 5.</b> Proporción de materiales para morteros.....	20
<b>Tabla 6.</b> Variable Dependiente.....	25
<b>Tabla 7.</b> Variable Independiente .....	25
<b>Tabla 8.</b> Fluorescencia de rayos X de la ceniza de tusa de maíz.....	34
<b>Tabla 9.</b> pH de cemento, tusa de maíz y combinaciones .....	35
<b>Tabla 10.</b> Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216).....	36
<b>Tabla 11.</b> Gravedad específica y absorción agregado fino (ASTM C-127) .....	36
<b>Tabla 12.</b> Peso unitario del agregado fino suelto (ASTM C29).....	36
<b>Tabla 13.</b> Peso unitario del agregado fino compactado (ASTM C29M - 09).....	37
<b>Tabla 14.</b> Análisis granulométrico agregado fino (ASTM C136 - 06).....	37
<b>Tabla 15.</b> Fluidez de las pastas de mortero patrón (MTC E 616-NTP 334.126) .....	37
<b>Tabla 16.</b> Fluidez de las pastas de mortero experimental 5% (MTC E 616-NTP 334.126).....	38
<b>Tabla 17.</b> Fluidez de las pastas de mortero experimental 10% (MTC E 616-NTP 334.126) .....	38
<b>Tabla 18.</b> Fluidez de las pastas de mortero experimental 15% (MTC E 616-NTP 334.126) .....	38
<b>Tabla 19.</b> Cuadro resumen de porcentajes de fluidez (MTC E 616-NTP 334.126)...	39

<b>Tabla 20.</b> Ensayo a la compresión de cubos patrón (ASTM C 109).....	39
<b>Tabla 21.</b> Resistencia promedio del mortero patrón.....	39
<b>Tabla 22.</b> Ensayo a la compresión de cubos al 5%(ASTM C 109).....	40
<b>Tabla 23.</b> Resistencia promedio del mortero experimental al 5%.....	41
<b>Tabla 24.</b> Ensayo a la compresión de cubos al 10%(ASTM C 109).....	41
<b>Tabla 25.</b> Resistencia promedio del mortero experimental al 10%.....	42
<b>Tabla 26.</b> Ensayo a la compresión de cubos al 15%(ASTM C 109).....	43
<b>Tabla 27.</b> Resistencia promedio del mortero experimental al 15%.....	43
<b>Tabla 28.</b> Cuadro resumen de resistencia promedio patrón, 5%, 10% y 15% .....	44

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Molde de mortero .....	8
<b>Figura 2.</b> Dimensionamiento de molde cubico .....	9
<b>Figura 3.</b> Estructura de Tusa de maíz .....	22
<b>Figura 4.</b> Tusa de maíz seca a cielo abierto .....	22
<b>Figura 5.</b> Curva de pérdida de masa - análisis termo gravimétrico – ceniza de tusa de maíz .....	32
<b>Figura 6.</b> Curva calorimétrica dsc – ceniza de tusa de maíz .....	33
<b>Figura 7.</b> pH de cemento, tusa de maíz y combinaciones.....	35
<b>Figura 8.</b> Resistencia promedio del mortero patrón .....	40
<b>Figura 9.</b> Resistencia promedio del experimental al 5% .....	41
<b>Figura 10.</b> Resistencia promedio del experimental al 10% .....	42
<b>Figura 11.</b> Resistencia promedio del experimental al 15% .....	44
<b>Figura 12.</b> Resistencia promedio del patrón y experimentales .....	45
<b>Figura 13.</b> Curva de resistencia a la compresión del patrón vs experimentales .....	45
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de resistencias alcanzadas a los 3, 7 y 28 días.....	46

## I. INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como el de:

**Adesanya & Raheem (2009).** Con su Artículo: “Desarrollo de la ceniza de la tusa de maíz mezclado en cemento”; En un intento de convertir producto de desecho en el material útil para la industria de la construcción, esta investigación consideró el uso de la ceniza de la tusa de maíz (CCA) como una puzolana en la producción de cemento. El estudio investigó la composición química de la CCA. Producción de la fábrica de la CCA - cemento mezclado se llevó a cabo mediante la sustitución de 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso de Clinker de cemento Portland ordinario con CCA. La sustitución 0% sirve como el control. Los resultados mostraron que CCA es un material adecuado para su uso como una puzolana, ya que satisface el requisito mínimo de la combinación de SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de más de 70%.

**Ninaquispe y Sevillano (2016).** Con su investigación de tesis titulada: “Resistencia a la compresión 175 kg/cm<sup>2</sup> de un ladrillo de concreto en el cual el cemento ha sido sustituido en 10% por ceniza de tusa de maíz en el C.P Santa Clemencia”; de acuerdo a los resultados obtenidos en esta tesis, los ladrillos elaborados con ceniza de tusa de maíz en sustitución al 10% del cemento, llegan con una Resistencia a la Compresión de 177.68 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado; resistencia a la que se quiso llegar según la NTP para Ladrillos. La ceniza de tusa de maíz tiene la similitud de las propiedades químicas de un cemento portland; concluyendo así que reacciona como un material cementante. La significativa para los 07 días de ensayo en los que se comprobó la efectividad del uso de la ceniza al 10% de tusa de maíz como cemento. Según el grafico estadístico, el ladrillo de concreto tradicional y el ladrillo donde se sustituye el cemento por ceniza de tusa de maíz cuenta con una resistencia de 177.68 kg/m<sup>2</sup>, la cual es aceptable para la construcción.

Estudios previos determinado que la ceniza de tusa de Tusa de maíz tiene un contenido de SiO<sub>2</sub> de más de 65% y una combinación de óxidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>and SiO<sub>2</sub> en el rango

de 70-75%. Esto muestra que la ceniza de la tusa de tusa de maíz se puede utilizar como un material cementoso suplementario en el hormigón. El estudio investigó la composición química de la CTM.

**Aprianti, Shafigh, Bahri, & Nodeh, (2015)** Con su investigación titulada: “Complementario origen materiales de cemento a partir de residuos agrícolas”; Cenizas de tusa de maíz (CCA) es una pérdida muy bien derivado de la combustión de maíz. Para el año 2000, la producción mundial fue de unos 589 millones de toneladas de maíz de alrededor de 139 millones de hectáreas. En África, África del Sur tuvo la mayor producción, con 8,04 millones de toneladas en 2001, mientras que Nigeria fue el segundo mayor productor, con 4,62 millones de toneladas. Estudios previos determinando que la ceniza mazorca de maíz tiene un contenido de SiO<sub>2</sub> de más de 65% y una combinación de óxidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> en el rango de 70-75%.

La muestra de referencia de control fue servida por el reemplazo de 0%. Los resultados mostraron que el contenido de SiO<sub>2</sub> del cemento mezclado aumentó de 21,53% a 23,69% para 2% a 25% de reemplazo CCA.

**TABLA 1**

*Propiedades químicas y físicas de cemento portland y ceniza de tusa de maíz.*

Chemical composition (%)	Ordinary Portland cement I	Corn cob ash (CCA)
SiO <sub>2</sub>	20.40 - 22.00	65.40 - 67.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.70 - 5.30	6.00 - 9.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.30 - 4.20	3.80 - 5.60
CaO	61.50 - 65.4	10.30 - 12.90
K <sub>2</sub> O	1.20 - 4.80	1.80 - 2.30
MgO	2.20 - 3.00	1.00 - 1.10
SO <sub>3</sub>	0.10 - 0.20	0.40 - 0.50
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30 - 1.10	4.20 - 5.70
K <sub>2</sub> O	0.40 - 2.30	0.90 - 1.50
LOI	0.05	0.05
<i>Physical properties</i>		
<i>Median particle size (µm)</i>	-	29.00 - 45.00
<i>Specific gravity</i>	3.00 - 3.30	2.50 - 3.60
<i>Blaine fineness (m<sup>2</sup>/kg)</i>	336.50 - 399.00	270.0 - 385.00

Fuente: Adesanya y Raheem (2009)

**Bocanegra (2018).** Con su tesis: “Sustitución de 5 y 10% de cemento por ceniza de tusa de maíz en la resistencia a la compresión de un mortero”; en el cual se sustituye al cemento en un 5 y 10% por ceniza de tusa de maíz, utilizando agregado grueso de la cantera Vesique y Cemento Portland I. Utilizó un rango de activación térmica de 670°C y el material mostró como principales óxidos resultados ( $\text{SiO}_2$ –36.29%), ( $\text{K}_2\text{O}$ –31.30%), ( $\text{ClO}_2$ –11.61%) y ( $\text{P}_2\text{O}_3$ –9.30%). Se concluye que la ceniza de tusa de maíz es un material que mejora la resistencia del mortero, con un porcentaje del 5% (311.93 kg/cm<sup>2</sup>), superó al patrón (266.18 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que al 10% alcanzó un porcentaje menor del 228.88 kg/cm<sup>2</sup>. Todos los resultados mencionados fueron a los 28 días.

**Águila y Sosa (2008).** Con su artículo: “Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos”; en el cual se presenta una caracterización preliminar de algunos residuos de producciones agrícolas venezolanas y se evalúan sus potencialidades para ser utilizados como posibles fuentes de materiales puzolánicos. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica de la utilización de cenizas de cascarilla de arroz y de hoja de maíz como materiales puzolánicos, no así del bagazo de caña que queda momentáneamente descartado de ser utilizado. La ceniza de hoja de maíz presentó un 48% de sílice.

**Flores (2018).** Con su tesis: “Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz”; en el cual se sustituye cemento en un 10% y 15%, por cenizas de rastrojo de maíz en la resistencia a la compresión del mortero. Además de tener un pH de 11.13 la ceniza de tusa de maíz. Utilizó un rango de activación térmica de 780°C, con tiempo de 1.50 horas. El material mostró como principales óxidos resultados ( $\text{SiO}_2$ –64.80%), ( $\text{CaO}$ –13119%), ( $\text{ClO}_2$ – 8.235), ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ –87.30%) y ( $\text{K}_2\text{O}$ –4.257%). Se concluye que la ceniza de tusa de maíz es un material que mejora la resistencia del mortero.

**Martinez, Ortiz y Raigón (2017)**. Con su tesis: “Contenido de fósforo, potasio, zinc, hierro, sodio, calcio y magnesio, análisis de su variabilidad en accesiones cubanas de maíz”; El trabajo se realizó en una muestra de 106 accesiones, donde se incluyeron accesiones conservadas in situ y ex situ. El objetivo del estudio fue evaluar el grado de variabilidad morfoagronómica y el contenido de minerales de la colección. Los resultados obtenidos permitieron detectar la existencia de variabilidad morfoagronómica en la muestra; además, se demostró que el contenido de fósforo y calcio fue alto, mientras que el contenido de magnesio, potasio y sodio fue bajo, resultando el de hierro y zinc medio en comparación con los estándares informados en la literatura para este cultivo. Los valores de estos elementos, en el grano de maíz, son influenciados por las concentraciones presentes en el suelo o adicionadas a través de la fertilización mineral, por lo que pueden ser variables dependiendo de dichas condiciones, por tanto, se recomienda realizar un estudio más detallado sobre la variabilidad de las concentraciones de estos elementos en el maíz en Cuba. Los valores de estos elementos, en el grano de maíz, son influenciados por las concentraciones presentes en el suelo o adicionadas a través de la fertilización mineral (19), por lo que dichas concentraciones pueden ser variables. Por tanto, se recomienda realizar un estudio sobre la variabilidad de las concentraciones de estos elementos en los maíces cultivados en Cuba.

## **Fundamentación científica**

### **Mortero**

El porcentaje de agregados en el mortero varía entre 50 a 80% del volumen total de la mezcla, por lo que tienen igual importancia que la pasta del cemento endurecida, el aire incorporado, el agua libre, los aditivos y el aire naturalmente atrapado. Las características de los morteros dependen de las propiedades de los agregados en cualquiera de sus estados, los cuales se deben estudiar para conseguir morteros económicos y de excelente calidad (**Rivera, 2013, p. 41**).

El mortero es la combinación de la pasta de cemento y el agregado fino (arena) el cual se utiliza comúnmente en la elaboración de muros y recubrimiento del mismo (**Sanchez de Guzman, 2001, p. 22**).

Según los materiales y el destino de la mezcla se varía o modifica la dosificación de los morteros, su elaboración de forma mecánica o manual y tiene una gran aplicación en aplanados, recubrimientos y pegado distintas piezas (**Bocanegra, 2018, pág. 4**).

**Mortero = Cemento Portland + Agregado Fino + Aire + Agua**

### **Características del mortero y sus estados**

#### **Compresión**

Los trozos ensayados a flexión se ensayarán también a la compresión, en una sección de 50 x 50 mm, estas se colocan en las placas de la máquina con cargas en los laterales. La velocidad de carga será entre 10 y 20 kg/cm<sup>2</sup>/seg. La carga podrá aumentar a mayor velocidad hasta la mitad de la carga de ruptura, pero esto reducirá el tiempo de ensayo a 10 segundos (**Marín, 2018, p. 8**).

### **Adherencia**

Se denomina a la combinación que existe entre la unidad de mampostería y el mortero. Mientras más alto sea el grado de adherencia ayudará en la disposición del sistema para resistir esfuerzos tanto cortantes como de tensión producto de las cargas. Propiedades como la manejabilidad, plasticidad y capacidad de retener agua en un mortero intervienen con gran importancia en la adherencia final que tendrá el mortero (Silva, 2018, p. 4).

### **Retención de agua**

Esta propiedad mantiene la trabajabilidad del mortero, impidiendo la pérdida de agua. Dicha propiedad también genera problemas en el fraguado (Sandoval, 2019, p. 9).

### **Trabajabilidad**

Depende mucho de la plasticidad del material y la facilidad que presenta en el momento de ser mezclado y colocado. Normalmente se puede observar en el ensayo de consistencia ya que es muy complicado de que se cuantifique (Abanto, 1996, p. 47).

### **Durabilidad**

Es la característica de soportar la intemperie y distintos agentes de desgaste durante el diseño de servicio, además se les atribuye a ciclos como la congelación y descongelación. Existen dos formas para mejorar la resistencia como lo son la inclusión de aire entre 2 % y 6 %, como también el de colocar un revestimiento superficial (Abanto, 1996, p. 57).

### **Fluidez**

En las construcciones de mampostería reforzada se necesita que el mortero logre penetrar las aberturas donde se alberga el acero de refuerzo sin que exista segregación de la mezcla. Esta característica está directamente relacionada con la cantidad de agua y la capacidad de retención de la misma, la cual influye en el comportamiento de la estructura.

## **Consistencia**

Se define por el humedecimiento que tiene la mezcla y es producto de la cantidad utilizada de agua (Silva, 2018, p. 5).

## **Resistencia**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 334.051, 1998)** menciona que la resistencia a compresión del mortero se obtiene conforme a los resultados del ensayo a los 28 días de edad. La resistencia de los morteros elaborados con cemento Portland se determina a través de la rotura especímenes de 50mm, preparados con cemento y arena en masa.

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico (usando especímenes de 2 pul. que equivale a [50 mm]).

### **a. Equipos para el ensayo**

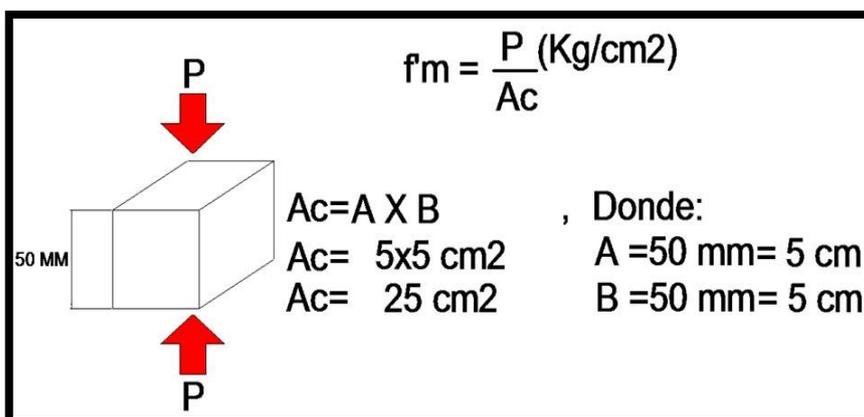
- ✓ Presas y dispositivos de peso.
- ✓ Molde cúbico de (5cm x 5cm x 5cm).
- ✓ Mezclador, tazón y paleta.
- ✓ Espátula.
- ✓ Gabinete o cuarto de curado.
- ✓ Máquina de prueba.
- ✓ Cinta transparente para el forrado del molde cubico.

### **b. Preparación de los moldes de especímenes**

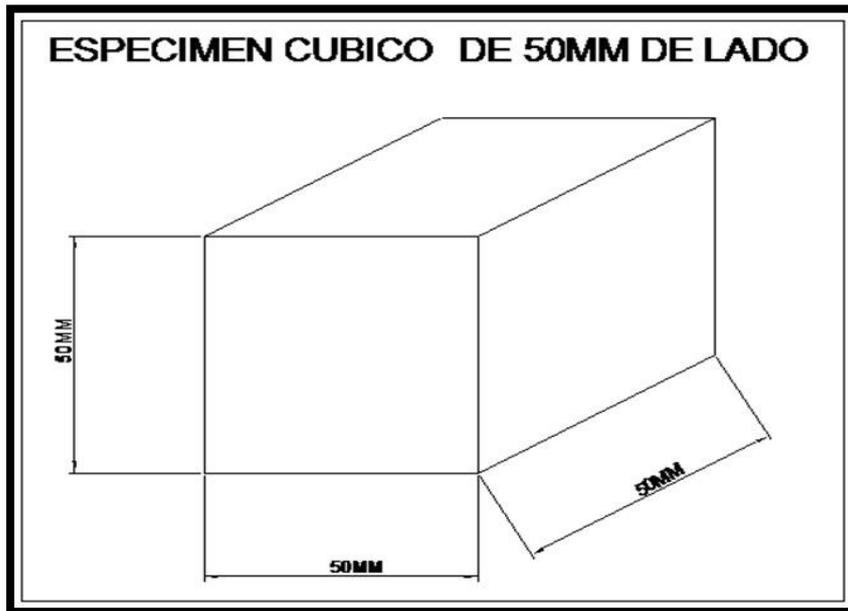
- ✓ Aplicar un delgado revestimiento de agente liberados en el interior de las caras del molde y en la placa base no absorbente. Aplicar aceite y grasa usando un paño impregnado u otro medio adecuado. Limpiar las caras del molde y la placa base con un paño tanto como sea necesario para remover cualquier exceso de agente liberador y para obtener una delgada y pareja capa de revestimiento en el interior de las superficies. Si se usa lubricante aerosol, se rocía el agente liberador sobre las caras de

los moldes y la placa base a una distancia de 6 a 8 pulgadas o [150 a 200 mm] para obtener una completa cobertura. Después de engrasado, se limpia la superficie para remover el sobrante de lubricante aerosol. Finalmente, del revestimiento sobrante deberá permitir que las huellas de los dedos se impriman con una pequeña presión

- ✓ Sellar las superficies de los moldes y las uniones de los mismos, aplicando un revestimiento de una delgada capa de grasa lubricante como petrolato. La cantidad deberá ser lo suficiente para resistir ligeramente cuando las dos mitades se hayan unido. Remover cualquier exceso de grasa con un paño.
  
- ✓ Después de poner los moldes en la placa base (y fijarlos, si es del tipo mariposa) cuidadosamente remover el sobrante de grasa o aceite de la superficie de los moldes con un paño totalmente seco y de la placa base para que el sellador impermeable sea aplicado, la cera microcristalina o la parafina se usan como selladores. Los cuales se derriten por calentamiento entre 230 ° y 248 °F ó [110 y 220 °C]. Colocar el sellador impermeable por aplicación del sellador derretido en las líneas de contacto exteriores entre el molde y la placa base (Namuche, 2018, p. 11).



**Figura N°01:** Molde de mortero.



**Figura N°02:** Dimensionamiento de molde cubico.

**c. Materiales**

- ✓ Agregado fino.
- ✓ Cemento Portland Tipo I.
- ✓ Agua.
- ✓ Ceniza de Tusa de maíz

**d. Preparación de mortero según la norma ASTM C109 – NTP 334.051 de (1998)**

- ✓ Mezclar mecánicamente de acuerdo con el procedimiento dado en la práctica C 305.
- ✓ Hacer dos o tres especímenes de una colada de mortero para cada período de prueba o edad de prueba.
- ✓ Determinación del Flujo:

Para iniciar se debe proceder con la limpieza de la mesa y el molde es colocado al centro, posteriormente se pone la una capa de mortero de 1 pulgada o [25 mm] de espesor en el molde el cual es compactado 20 veces con el apisonador el cual asegura un llenado uniforme en el molde, todo esto para la primera capa de mortero. Se sostiene

perpendicularmente una espátula para cortar el mortero y logra un mortero de superficie plana. Se limpia y seca la parte superior de la mesa cuidadosamente con el borde. Después de 1 minuto de terminado el mezclado se eleva el molde lejos del mortero. Inmediatamente deje caer a una altura de 1/2 pulgada por 25 veces durante 15 segundos. Con el uso del calibrador se obtiene las cuatro lecturas iguales al porcentaje de incremento del diámetro original del mortero.

- ✓ Para cementos Portland y Portland con inclusores de aire, se debe registrar el flujo.
- ✓ En el caso de otros cementos diferentes al Portland y Portland con inclusores de aire, realice morteros de ensayo con múltiples porcentajes de agua, para que el flujo especificado se obtenga. Haga cada ensayo con mortero fresco (**Namuche, 2018, p. 12**).

#### **e. Moldeado de Especímenes de Prueba**

- ✓ Inmediatamente después de completar la prueba de flujo, retorne el mortero de la mesa de flujo al tazón de mezclado, de forma rápida raspe los lados del tazón y transfiera dentro del mortero lo que pudo haberse recolectado de los lados del tazón y entonces remezcla durante un tiempo no mayor de 15 segundos a una velocidad media. Al completar el mezclado, la paleta se batirá dentro del tazón de mezclado para remover el mortero.
- ✓ Después de acabar el mezclado original del mortero se tiene un tiempo de 2 minutos y 30 segundos máximo para realizar los especímenes. Colocar una capa de mortero de espesor de 1 pulgada (aproximadamente la mitad del peralte del molde) en todos los espacios del cubo. Compacte el mortero en cada compartimiento 32 veces en alrededor de 10 segundos en cuatro rondas, las rondas deben ser en ángulo recto respecto a la otra y consistente en 8 golpes contiguos sobre la superficie. Se debe asegurar una presión constante del apisonado para asegurar que los moldes tengan un uniforme llenado. Posterior se completa las cuatro rondas de compactación en un cubo antes de continuar con los demás. Al finalizar el compactado de la primera capa los

compartimientos de cubo, se llena los compartimientos con el mortero sobrante y se apisona como en la primera capa. Durante la compactación de la segunda cara regrese dentro del molde mediante las manos cubiertas con guantes y el apisonador el mortero que se haya salido al borde superior del molde, al completar cada ronda y antes de iniciar la siguiente ronda de apisonado. Al culminar se debe extender la superficie superior del molde sobre sus bordes. Finalmente se regresa el mortero deprendido y se alisa la parte superior con la espátula (Namuche, 2018, p. 13)

**f. Almacenamiento de los especímenes de pruebas**

- ✓ Al finalizar el moldeo, ponga los modelos de prueba sobre el gabinete de curado o cuarto de curado. Guarde todos los modelos y posteriormente de moldeados en el gabinete de curado o cuarto de curado por 20 a 24 h con su superficie superior expuesta al aire húmedo pero protegida de escurrimientos de agua.
- ✓ Si los especímenes son removidos antes de las 24 h, guardarlos en los anaqueles del gabinete de curado o cuarto de curado hasta que ellos tengan 24 h, y entonces introduzca los especímenes en agua con cal en tanques construidos de material no corrosivo, salvo los que se realizaran pruebas a las 24 horas. Guarde el agua de curado limpia y cámbiela cuando se requiera (Namuche, 2018, p. 14).

**g. Determinación de la resistencia a la compresión**

- ✓ Según la American Society of Testing Materials (ASTM C-109, 1999) Pruebe los especímenes inmediatamente después de ser removidos del gabinete viene el curado en agua. La tolerancia permisible para ensayar los especímenes a una edad es la siguiente:

**TABLA 2**

*Tolerancia para el ensayo a compresión.*

EDAD DE CUBO	TOLERANCIA PERMISIBLE
3 días	1 hora
7 días	3 horas
28 días	12 horas

Fuente: ASTM C 109

- ✓ Limpie cada espécimen hasta obtener una condición de superficie seca y remover cualquier grano de arena suelto o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de la máquina de prueba. Revise que las caras sean realmente planas mediante un rectificador.
- ✓ Se aplican cargas en las superficies planas del molde de los especímenes. Con mucho cuidado se colocan en la máquina de prueba, debajo del centro del bloque de apoyo superior. Previo a la prueba de cada cubo, deberá averiguarse si el bloque de asiento esférico está libre para inclinarse.

#### **h. Expresión de resultados**

Se anota la carga máxima dada por la máquina y se calcula la resistencia según la fórmula:

$$F = P / A$$

Donde:

F: Es la resistencia a la compresión en (MPa).

P: Es la carga máxima total en Lb o N.

A: Es el área de la superficie de carga en plg<sup>2</sup> o mm<sup>2</sup>.

#### **i. Factores que afectan la Resistencia**

- ✓ La relación agua- cemento (a/c). – Constituye el principal factor que influye en la resistencia del mortero debido a que si este aumenta la resiste disminuye.
- ✓ El contenido de cemento, cuando aumenta también lo hace la resistencia.
- ✓ El tipo de cemento, influye mucho en la temprana o tardía resistencia del mortero.
- ✓ Las condiciones de curado, debido a la adecuada cantidad de agua durante esta etapa se presencia un incremento de la resistencia respecto al tiempo (**Namuche, 2018, p. 17**).

## **Cemento portland**

### **Definición**

Es un material con partículas muy finas el cual ha sido pulverizado, entre sus principales componentes se identifica a la alúmina, óxido de hierro y sílice que al mezclarse con el agua mediante una dosificación adecuada forma un conglomerante que tiene la propiedad de tener una gran resistencia y endurecimiento tanto en el aire como el agua.

También se puede definir como un polvo de color gris, cuenta con una gran importancia a nivel estructural por propiedades como la dureza pétrea que puede llegar a alcanzar después de combinarse con el agua, además es un aglomerante hidráulico por excelencia (**Rivera, 2013, p. 18**).

### **Propiedades físicas**

- **Densidad:**

Esta varía generalmente entre 2,90 y 3,20 g/cm<sup>3</sup> dependiendo de la densidad y cantidad del material puzolánico que se agregue. Dicha propiedad no refiere un cemento de calidad sino más bien para el control de mezclas y dosificación (**Rivera, 2013, p. 26**).

- **Finura**

La finura del cemento tiene una gran importancia debido a que a mayor finura es mayor la resistencia del cemento, sin embargo, también hace que este desprenda más calor por lo que podría demorar muchos años en hidratarse o en algunos casos no llegar a realizarse de forma total. Mientras más pequeñas sean las partículas de cementos mayor será el área de contacto que reaccione, obteniendo una mayor resistencia (**Rivera, 2013, p. 27**).

- **Consistencia normal**

Se debe preparar una pasta "normalizada", para que la hidratación del cemento sea lo más exacta posible; la cual se denomina de consistencia normal, con fines de poder determinar propiedades del cemento como estabilidad volumétrica o tiempos de fraguado.

- **Fraguado**

Durante este periodo la pasta pasa de un estado plástico a uno sólido, se debe diferenciar endurecimiento del fraguado, ya que el endurecimiento es el aumento de la resistencia de la pasta de cemento que ha sido fraguada (**Rivera, 2013, p. 29**).

- **Falso fraguado**

Se presenta en los primeros minutos del mezclado con agua y se le atribuye este nombre producto de una temprana rigidez, siendo una anomalía en el cemento, el cual pierde su plasticidad, pero al ser nuevamente mezclado esta recupera sin necesidad de adicionar agua (**Rivera, 2013, p. 31**)

- **Estabilidad volumétrica**

Se presenta en los cementos expansivos producto de un incremento en su volumen después del fraguado, las obras realizadas que no controlen esta propiedad se verán afectadas seriamente producto de los esfuerzos a los que se somete, ocasionando rompimiento de la pasta endurecida (**Rivera, 2013, p. 32**).

- **Calor de hidratación**

Se produce bajo la reacción del agua y cemento. Esta característica del cemento depende mayormente de la composición química del cemento; la temperatura del curado y la finura (**Rivera, 2013, p. 34**).

- **Resistencia del cemento**

Una de las principales propiedades del cemento y requisito de uso estructural. Por lo que siempre se indican en todas las especificaciones técnicas del material **(Rivera, 2013, p. 35)**

### **Componentes químicos**

1. Silicato tricálcico, este componente influye en la resistencia inicial y el calor de hidratación, por lo que genera una resistencia prematura y un rápido endurecimiento.
2. Silicato di cálcico, este componente influye en la resistencia a edades prolongadas y no influye en el calor de hidratación. Se estima que a los 180 días se logra un 50% de reacción.
3. Aluminato tricálcico, este componente reacciona con los silicatos ocasionando un fraguado violento. Facilita la reacción entre la sílice y cal, además de que los cementos con baja cantidad de dicho componente químico son resistentes a suelos y aguas con sulfatos.
4. Aluminio-ferrito tetracálcico, este componente influye de gran manera en la velocidad de hidratación y en el calor de hidratación con menor influencia, pero no tiene incidencia en la resistencia.
5. Otros componentes: potasio, titanio, óxido de magnesio, sodio y manganeso los cuales representan una pequeña parte de la masa del cemento **(Harmsen, 2002, p. 11)**.

Los componentes químicos esenciales para la elaboración del cemento y las proporciones generales en que actúan son:

**TABLA 3***Componentes químico principales en la fabricación de cemento.*

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Óxido de Fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita.
5%<	Óxido de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Magnesio.	Minerales Varios.

Fuente: Harmsen (1997)

**Tipos de cementos**

- ❖ Tipo I, es de uso general y no cuenta con propiedades especiales.
- ❖ Tipo II, con moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
- ❖ Tipo III, cuenta con una alta resistencia inicial y elevado calor de hidratación (no se fabrica en Perú).
- ❖ Tipo IV, se usa cuando se requiere bajo calor de hidratación.
- ❖ Tipo V, se usa cuando se desea alta resistencia a los sulfatos (**Harmsen, 2002, p. 11**).

Para la presente tesis usaremos el cemento Portland tipo I, de estos 5 tipos, cabe resaltar que en nuestro país solo se elaboran los cementos tipo I, II y V.

**Normas del cemento en el Perú**

El cemento cuenta con un gran número de normas, como las 7 normas sobre especificaciones, 5 sobre adiciones, una de muestreo e inspección y 30 sobre método de ensayo. Según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 1992) menciona que en la ley N° 25868, las daciones de normas se ubican en la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. Este organismo, congrega a expertos en el campo de consumo, tecnología y la producción a través de comités técnicos. Las industrias adoptaron a principios las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), el cual estaba en el rotulado del envase.

**Según el Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación (INANTIC, 1959)** fue la primera entidad de normalización creado por la Ley de Promoción Industrial N°13270, esta entidad se encargó de brindar normas sobre el cemento. Posteriormente **según el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC, 1982)** fue quien reemplazo al instituto anteriormente mencionado comprendido en la Ley General de Industrias N°23407, organismo que actualizó las normas existentes y formuló otras nuevas.

### **Agregado fino**

#### **Definición**

**Rivera (como se citó en Illanes, Wendy, Rojas, y Marlene, 2016, p. 15)** se define como un material inerte, natural o artificial, de forma granular que al combinarse con cemento Portland y el agua forman los morteros.

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.011, 2013)** considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que es retenido en la malla N° 200 (74um), los límites establecidos en la norma NTP 400.037 y ASTM C 33.

### **Propiedades físicas del agregado fino**

#### **a) Módulo de fineza**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100. El módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa (**Bejar y Cuellar, 2019, p. 49**). Para concretos de alta resistencia se necesitan módulos de fineza con valores entre 2.8 y 3.1, mientras que módulos de fineza entre 2.2 y 2.8 generan concretos con baja segregación y de buena trabajabilidad (**Silva, 2018, p. 12**).

#### **b) Peso unitario**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.017, 1999)** se define como el peso que logra un determinado volumen unitario. El cual varía de acuerdo a condiciones intrínsecas como el tamaño máximo, granulometría y la forma.

##### ✓ **Peso unitario suelto**

Se denomina PUS, para determinar se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta llegar al punto de derrame, luego se nivela a ras del molde con la barra metálica.

##### ✓ **Peso unitario compactado**

Se le llama así a los granos que se someten a compactación, de tal forma que incrementan el grado de acomodamiento de las partículas del agregado fino, por consecuente el valor de la masa unitaria también, sirve para determinar el volumen absoluto de los agregados.

Usualmente se llena en tres capas iguales, se apisona cada tercio del volumen con 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y después de a rasa al nivel del molde.

#### **c) Peso específico**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.022, 2013)** Se define como un indicador de calidad para obtener valores del peso límite (máximo y mínimos) en los agregados. Además, se define como la relación entre el peso del material y su volumen.

#### **d) Contenido de humedad**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 339.185, 2002)** se refiere al agua mantenida por las partículas del agregado fino, esta propiedad varía según el tiempo o condiciones ambientales. Se define como la resta entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno durante 24 horas, dividido entre el peso natural del material y todo multiplicado por 175.

#### **e) Absorción**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.022, 2013)** es la capacidad que tiene los agregados de atrapar moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad es denominado como absorción, radica en aportar agua en la elaboración del concreto o mortero, esta propiedad puede variar la resistencia y trabajabilidad de los morteros.

#### **f) Granulometría**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.012, 2001)** es la forma en cómo se distribuye el agregado en relación a sus tamaños, está relacionada con la trabajabilidad del concreto en estado fresco, el límite de la granulometría recomendada está dada por NTP 400.037 o ASTM C 33 según lo establecido para el agregado fino. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

#### **g) Tamaño máximo de agregados**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 400.012, 2001)** se define como el conjunto de agregados que está dado por la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más.

#### **Agua para la mezcla**

**Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP 339.088, 2016)** es el agua total que contiene el concreto fresco y se utiliza para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c). Este material tiene dos funciones; por un lado, facilita la hidratación del cemento y por el otro asegura la trabajabilidad del concreto.

Se prohíbe el uso de aguas que tengan más del 1% de sulfatos, aguas ácidas, aguas calcáreas, aguas provenientes de minas, minerales carbonatadas, aguas que contengan residuos industriales, descargas de desagües, algas, humus, materia orgánica, con contenido de azúcares o sus derivados. También se debe evitar agua que tengan sales de potasio o sodio disueltas. Las aguas no potables tienen como propiedades principales los siguientes valores máximos:

**TABLA 4***Requisitos para usar el agua en la mezcla (NTP 339.088)*

REQUISITOS	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO
Cloruros	ppm	300
Sulfatos	ppm	300
Sales de magnesio	ppm	125
Sales solubles	ppm	500
Potencial de Hidrógeno	pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	ppm	500
Materia orgánica expresada en oxígeno	ppm	10

Fuente: Normas Técnicas Peruanas

**Diseño de mortero**

Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2003, p. 71) para el diseño del mortero se tendrá en cuenta la dosificación y la referencia que tiene capeco en proporción volumétrica, para una determinada resistencia requerida según el tipo de uso.

Para realizar los cálculos respectivos se tendrá en cuenta las propiedades físicas del agregado fino con el cual se procede al cálculo de material necesario para los ensayos respectivos, para determinar la resistencia que se alcanza con el mortero al sustituir el cemento por cenizas de TUSA DE MAIZ en cantidad de porcentajes.

**TABLA 5***Proporción de materiales para morteros.*

PROPORCIÓN	RELACIÓN A/C	CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE MORTERO		
		CEMENTO (BOLSA)	ARENA (m3)	AGUA (LITROS)
1 : 1	0.29	23.00	0.66	286.00
1 : 2	0.43	15.20	0.86	277.00
1 : 3	0.57	11.20	0.96	272.00
1 : 4	0.72	8.90	1.00	272.00
1 : 5	0.85	7.40	1.05	268.00
1 : 6	1.00	6.30	1.07	269.00
1 : 7	1.14	5.50	1.10	267.00
1 : 8	1.29	4.90	1.11	268.00

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción.

## **Tusa de maíz**

### **Definición**

La tusa es un residuo o subproducto agrícola importante que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de tusa. La magnitud de la tusa de maíz se ve afectada por las variedades de maíz. Las tusas de maíz que contienen hemicelulosa son las más altas (12,4%) en comparación con el contenido de otros productos agrícolas (Córdoba, et al., 2013, p. 172).

### **Uso de la tusa de maíz.**

**Reducción de color de aguas residuales:** su capacidad absorbente permite reducir y filtrar aguas residuales, dando un resultado efectivo de disminución de turbiedad y color (Torres y Gaibor, 2016, p. 198).

**Abrasivo de limpieza con tusa de maíz triturado:** las tusas de maíz triturada sirven para limpieza por abrasión o rozamiento, son colocadas en ollas vibro-giratorias permite secar las piezas, sin afectar la superficie sean metálicas, plásticas o de vidrio, mediante soplete sirve para la limpieza a presión en interiores de fábricas, equipos mecánicos y piezas metálicas (Chicaiza, 2017, p. 28)

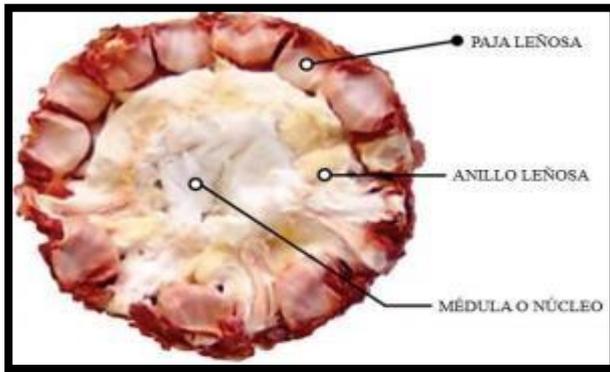
**Producción de tableros aglomerados con tusa de maíz triturado:** Los tableros aglomerados son paneles compuestos de partículas o virutas de tusa maíz, son resistentes a perforaciones, los aglomerados presentan una estructura muy compacta con poco volumen, tienen buen comportamiento a flexión (Mgbemene, et al., 2013)

### **Propiedades de la tusa de maíz**

La tusa de maíz es liviana, se presenta en forma cilíndrica sólida, formada a partir del esclerénquima que son tejidos compuestos por células muertas que ayudan al soporte. Los colores son variados y dependen de la especie del maíz. La tusa de maíz presenta una estructura en capas no tiene una superficie uniforme, es esponjosa y porosa con pequeños hoyuelos, la densidad se encuentra en aproximadamente 170 kg/m<sup>3</sup> hasta 295 kg/m<sup>3</sup>.

### **Estructura de la tuza de maíz**

Tiene una forma alargada tubular, está conformada por tres capas, el núcleo o médula es esponjosa y blanda, luego está el anillo con tejidos leñosos y por último la superficie exterior paja leñosa (**Chicaiza, 2017, p. 28**).



**Figura N°03:** Estructura de Tusa de maíz.

### **Extracción de la ceniza de tusa de maíz.**

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015, p. 110) en el departamento de Huánuco provincia de Huacaybamba, las zonas andinas cuentan con gran variedad de plantas nativas de Tusa de maíz. Nuestra recolección de esta planta fue en zonas alto andinas de Huacaybamba - Huánuco, luego fue previamente secada y pre quemado para luego tamizamos por la malla # 200 y finalmente calcinarlo a 640 C° por 2 horas para lograr obtener la Ceniza de Tusa de maíz.



**Figura N°04:** Tusa de maíz seca a cielo abierto.

## **Justificación de la investigación**

Mediante esta investigación se pretende proporcionar una bibliografía que permita reducir el costo del mortero. Reaprovechando los recursos orgánicos que no están siendo aprovechados y que se encuentran como materia prima.

Por lo cual la razón principal del enfoque de esta investigación, es la implementación de la ceniza de Tusa de maíz como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de mortero. Se pretende mejorar las propiedades de dicho mortero, a través del uso de Ceniza de Tusa de maíz como material aditivo puzolánico, en remplazo de una fracción del cemento.

Contribuyendo de este modo con ceniza de Tusa de maíz que puede alterar el medio físico que puede generar nuevos aditivos en nuestra región Áncash. Será de gran utilidad establecer una metodología del procedimiento experimental para la elaboración de mortero de albañilería con ceniza de Tusa de maíz el cual podría ser utilizado en las futuras construcciones de nuevas viviendas.

Se conoce que de una hectárea de cultivo se puede cosechar hasta seis toneladas de tusa y de estas aproximadamente dos toneladas se desechan por lo que el 40% de este material no tiene un fin para cumplir un ciclo de reutilización. Además, permitiría optimizar el valor económico del cemento y optar de manera fácil la Tusa de maíz. Al utilizar la ceniza como aditivo de sustitución en porcentaje del cemento, nos ayudaría a economizar el costo del mortero al usar menos cemento.

## **Problema**

### **Realidad problemática**

En la actualidad en países más avanzados ya se han erradicado problemas como la resistencia en las edificaciones, y en nuestro País esto sigue siendo un impedimento ya que si bien es cierto hay muchas propuestas, ninguna es accesible, ya sea porque los materiales no están al alcance de todos o no se encuentran en abundancia; es por ello que motivados por el bajo rendimiento de las edificaciones de concreto, es decir en edificios y más aún en las viviendas, por tratar de economizar, buscamos una opción que sea económica, resistente y que no pierda sus propiedades, para así tener construcciones más seguras y que se cumpla el estándar requerido de acuerdo a la norma Técnica del Perú, por eso tratamos de innovar el concepto de construcción para las zonas más pobre, de manera que con este material a ser usado como la ceniza de tusa de maíz pueda sustituir al cemento en un porcentaje de 5%, 10% y 15%.

De acuerdo a lo anteriormente escrito, formulamos la siguiente pregunta o problema de investigación:

### **Formulación del problema**

**¿En qué medida mejorará la resistencia a la compresión del mortero al sustituir el cemento en un 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz en comparación a un mortero convencional?**

## Conceptualización y operacionalización de variables

**TABLA 6**

*Variable Dependiente*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Resistencia a la Compresión del Mortero	El máximo esfuerzo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (NTP 334.051).	Se prepara 4 tipos de diseño de mezcla de mortero, patrón, experimental 1, 2 y 3. Cada tipo de diseño tendrá 9 muestras las cuales se someten al curado sumergido en agua por 3, 7 y 28 días, donde se realiza la rotura obteniendo el valor del esfuerzo a la compresión.	CARGA AXIAL  ÁREA  TIEMPO	ESFUERZO  Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 7**

*Variable Independiente*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Proporción de ceniza de tusa de maíz.	Es el material cementante suplementario en el hormigon.	Es la mezcla de un porcentaje de ceniza de tusa de maíz en sustitución del cemento en una unidad de mortero.	Relación agua/cemento  Masas unitarias de agregados  Humedad del agregado  Dosificación	Porcentaje 5%,10% y 15% de ceniza de tusa de maíz.

Fuente: Elaboración Propia

## **Hipótesis**

Al sustituir al cemento por 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz, mejorará la resistencia a compresión en comparación a un mortero convencional.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar la Resistencia a la Compresión del mortero al sustituir 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz, en comparación con un diseño de mortero convencional.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el grado de calcinación (temperatura) de la tusa de maíz, mediante ATD (Análisis Térmico Diferencial).
- ✓ Determinar la composición química de la ceniza de tusa de maíz mediante análisis de fluorescencia de Rayos x.
- ✓ Determinar el pH del cemento tipo I, ceniza de tusa de maíz y combinaciones.
- ✓ Determinar la fluidez del mortero experimental con sustitución del 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz.
- ✓ Determinar y comparar la resistencia a la compresión de los cubos de mortero patrón y experimentales a los 3, 7 y 28 días de curado.

## II. METODOLOGÍA

### Tipo y diseño de investigación

#### Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido que buscamos resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, sin causar daños al medio ambiente, se tuvo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, se ha comprobado de manera experimental la falta de resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento en un 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz respecto a un mortero convencional. Los ensayos de resistencia a la compresión se hicieron de manera experimental, por lo que el tiempo fue un factor importante en la obtención de los resultados.

#### Diseño de investigación

Fue un diseño experimental, porque es un proceso en el cual estudiaremos la mezcla convencional del mortero en comparación con la nueva mezcla elaborado con la sustitución al cemento en un 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz de Huacaybamba, el estudio en su mayor parte se encontró en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, donde se estuvo en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo su diseño de investigación el siguiente:

#### (GRUPO CONTROL)

#### Mortero Patrón.

Días de Curado	Mortero Patrón		
3			
7			
28			

**(GRUPO EXPERIMENTAL)**

**Mortero Experimental (Sustituyendo al Cemento en 5%).**

Días de Curado	Mortero experimental		
3			
7			
28			

**Mortero Experimental (Sustituyendo al Cemento en 10%).**

Días de Curado	Mortero Experimental		
3			
7			
28			

**Mortero Experimental (Sustituyendo al Cemento en 15%).**

Días de Curado	Mortero Experimental		
3			
7			
28			

## **Población y Muestra**

### **Población**

La población estuvo constituida:

- Conjunto de dados de mortero de 50 mm de lado. Elaborado con agregados fino, con agua potable, con cemento portland tipo I Pacasmayo, con ceniza de tusa de maíz.

### **Muestra**

Presentó una población de elementos homogéneos y nos permitió seleccionar de manera aleatoria los elementos de la muestra, los cuales fueron enumerados de acuerdo al orden en que se requiere verificar la resistencia a la compresión.

### **Proceso:**

Seleccionamos los elementos de la muestra n=27:  
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27

La muestra aleatoria fue: De acuerdo al tiempo de su elaboración, de acuerdo a la resistencia a la compresión en diseño de una mezcla convencional y experimental.

Son 36 especímenes de mortero distribuido de la siguiente manera para cada porcentaje de sustitución:

- 9 especímenes de control (0% de sustitución, patrón)
- 9 especímenes experimentales (5 % de sustitución)
- 9 especímenes experimentales (10 % de sustitución)
- 9 especímenes experimentales (15% de sustitución)

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN
La Observación Científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía De Observación Resumen</li> <li>• Fichas Técnicas De Laboratorio</li> </ul>	<p>Muestreo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo Control (Diseño de Mortero de Concreto Convencional)</li> <li>• Grupo Experimental (Diseño de Mortero de Concreto sustituyendo 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz)</li> </ul>

Siendo un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación Cuasi-Experimental y realizar ensayos de las muestras de nuestra población en un laboratorio se opta por usar como Técnica de Investigación: LA OBSERVACION CIENTIFICA. donde se quiere ir comparando la variación de la resistencia a medida que llegue a su fraguado final, y el comportamiento de los agregados que se utilizaran en nuestro diseño de mezcla ya sea para un mortero convencional o un mortero sustituyéndole 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz, la cual nos brindara una resistencia para cada tipo de mortero (experimental o convencional). Los materiales a utilizarse en el mortero se evaluaron mediante ensayos que determinen su calidad para la mezcla de concreto a utilizar, mediante los siguientes ensayos:

- Granulometría
- Peso Específico de Arena Gruesa
- Peso Unitario de Arena
- Contenido de Humedad
- Fluorescencia de Rayos X
- Diseño de Mezcla

- Ensayo de Fluidez
- Elaboración de Unidades
- Ensayo a la Comprensión
- Elaboración de guía de registros para anotar nuestros avances de 3, 7 y 28 días.
- Para los cálculos y para el análisis de los resultados arrojados en el laboratorio mecánica de suelos nos basaremos con la ayuda de los programas.
- Se usó cámara fotográfica y demás instrumentos que registraron lo planteado en el presente perfil del proyecto.

### **Guía de observación**

#### **Situación a observar**

Registrar los resultados que se obtengan en la rotura de probetas de estudio obtenidos de la resistencia, así como también se deberá registrar el peso y la capacidad de absorción de cada probeta con la finalidad de registrar los resultados obtenidos con respecto a los diseños de concreto elaborados.

#### **Procesamiento y análisis de la información**

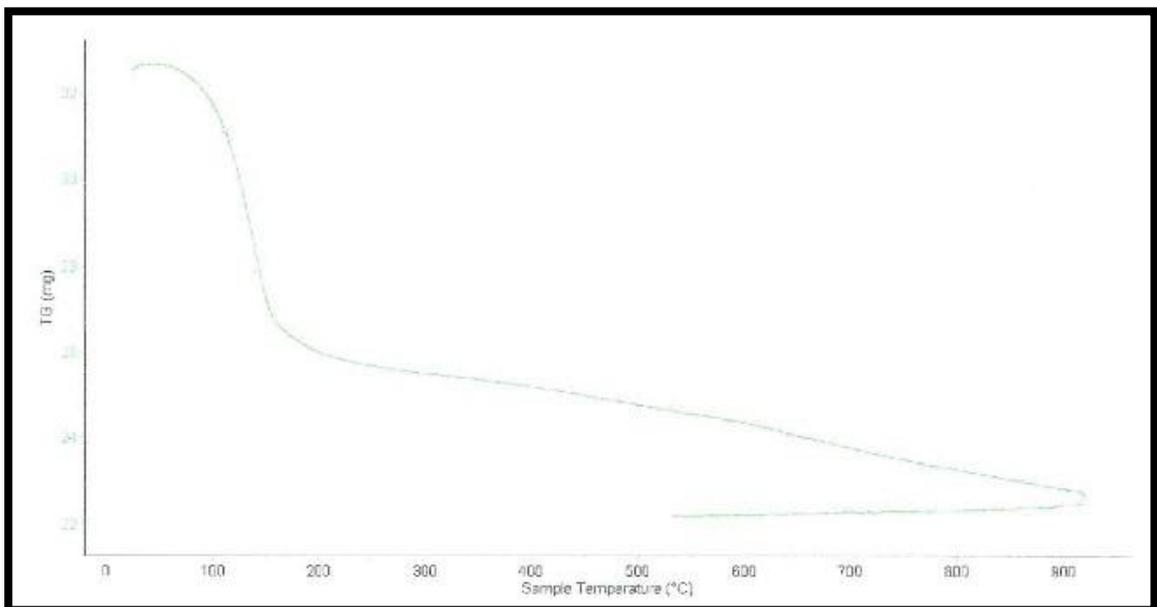
Registrar los resultados que se obtengan y realizar el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de morteros sustituyendo al cemento en un 5%, 10% y 15% de ceniza de tusa de maíz.

### III. RESULTADOS

#### ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LA CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

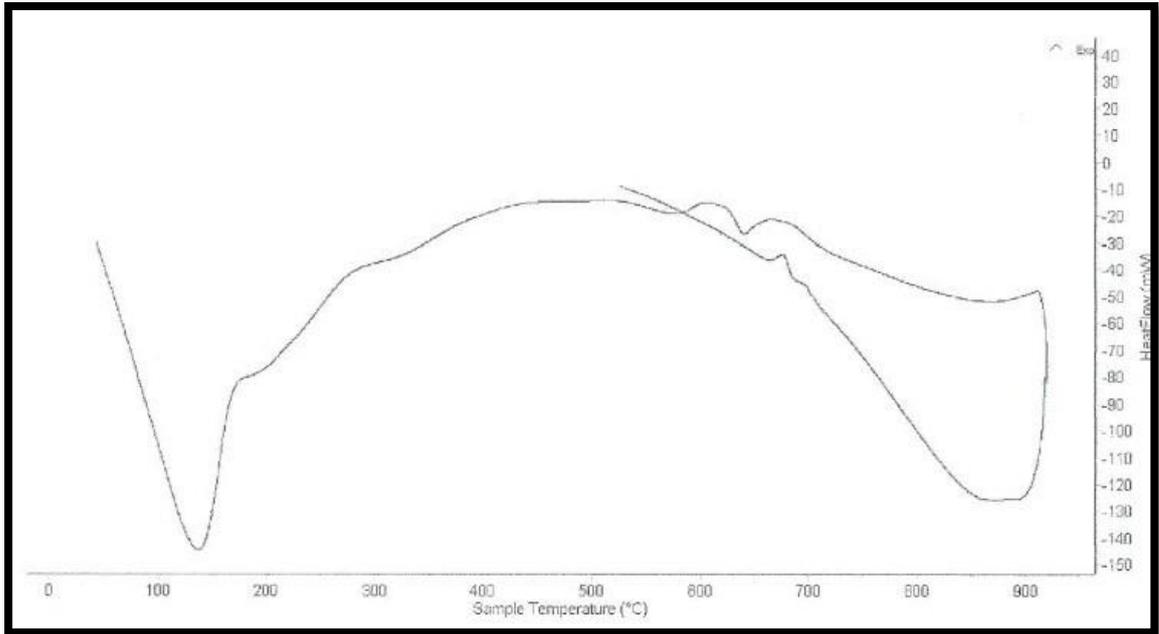
Este ensayo se realizó para obtener la temperatura óptima de calcinación, mediante el Análisis Térmico Diferencial. Se trabajó con una masa inicial de 32.4 mg.

Los resultados del análisis se muestran en la Figura N° 05 y Figura N°06.



**Figura N°05:** Curva de pérdida de masa - análisis termo gravimétrico – ceniza de tusa de maíz. (LABORATORIO DE POLÍMEROS - UNT, 2020)

Se puede observar una acelerada pérdida de masa entre los 70 y 150°C, posteriormente se observa una pérdida de masa de manera progresiva en la curva el cual llega hasta los 900°C y no tiene más masa que perder por lo cual esta retorna a 0. La ceniza de tusa de maíz pierde hasta un 30% de su masa inicial.



**Figura N°06:** Curva calorimétrica dsc – ceniza de tusa de maíz. (LABORATORIO DE POLÍMEROS - UNT, 2020)

De acuerdo a la curva calorimétrica de la ceniza de tusa de maíz a 140°C y a 640°C se muestran dos picos de absorción térmica donde se presenta una variación en la estructura molecular del material, por lo que para la investigación se consideró una temperatura de 600°C durante 2 horas, la cual se tomó en cuenta según antecedentes.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MATERIALES:

Para obtener la caracterización del material se sometió a una prueba de Rayos XDE mediante un Espectrómetro de Fluorescencia.

### CENIZA DE TUSA DE MAÍZ:

**TABLA 8**

*Fluorescencia de rayos X de la ceniza de tusa de maíz*

<b>Óxido</b>	<b>Concentración % masa</b>	<b>Normalizado al 100%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.866	2.965
<b>SiO<sub>2</sub></b>	6.441	10.236
<b>P<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5.095	8.097
<b>SO<sub>2</sub></b>	0.779	1.238
<b>ClO<sub>2</sub></b>	5.017	7.972
<b>K<sub>2</sub>O</b>	40.251	63.962
<b>CaO</b>	0.692	1.099
<b>TiO</b>	0.085	0.136
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.016	0.025
<b>MnO</b>	0.044	0.071
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.858	1.363
<b>Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.007	0.011
<b>CuO</b>	1.099	1.747
<b>ZnO</b>	0.628	0.998
<b>SrO</b>	0.011	0.018
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.004	0.007
<b>PbO</b>	0.036	0.141
<b>Total</b>	62.930	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas

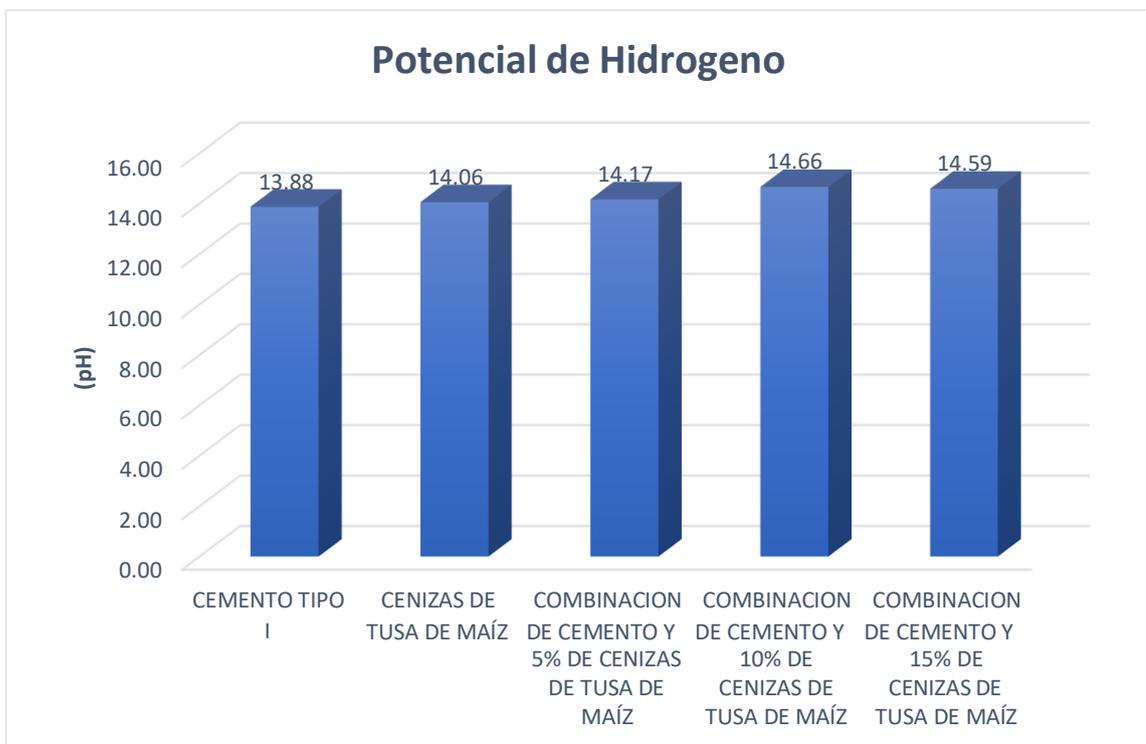
## POTENCIAL DE HIDRÓGENO:

**TABLA 9**

*pH de cemento, tusa de maíz y combinaciones.*

MUESTRAS	ENSAYO pH
CEMENTO TIPO I	13,88
CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,06
COMBINACION DE CEMENTO Y 5% DE CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,17
COMBINACION DE CEMENTO Y 10% DE CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,66
COMBINACION DE CEMENTO Y 15% DE CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,59

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C



**Figura N°07:** pH de cemento, tusa de maíz y combinaciones. (LABORATORIO DE ENSAYOS CLÍNICOS "COLECBI" S.A.C, 2020)

## CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO:

**TABLA 10**

*Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)*

PRUEBA N°	1	2
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	725.5	546.6
TARA + SUELO SECO (gr)	721.3	544.3
PESO DEL AGUA (gr)	4.2	2.3
PESO DE LA TARA (gr)	167.7	209.7
PSO DEL SUELO SECO (gr)	553.6	334.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.69
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.72	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 11**

*Gravedad específica y absorción agregado fino (ASTM C-127)*

A PESO DE MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (aire) gr.	300.00	300.00
B PESO DE PICNOMETRO + AGUA gr.	669.20	669.20
C VOLUMEN DE MASA + COLUMEN DE VACIOS (A+B) cm <sup>3</sup>	969.20	969.20
D PESO DE PICNOMETRO + AGUA + MATERIAL gr.	859.10	859.10
E VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIOS (C-D) cm <sup>3</sup>	110.10	110.10
F PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA gr.	297.80	297.80
G VOLUMEN DE MASA (E-(A-F))	107.90	107.90
H P.E. BULK (BASE SECA) F/E	2.705	2.705
I P.E. BULK (BASE SATURADA) F/E	2.725	2.725
J P.E APARENTE (BASE SECA) F/E	2.760	2.760
K ABSORCIÓN (%) ((D-A)/A)X100	0.74	0.74

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 12**

*Peso unitario del agregado fino suelto (ASTM C29)*

ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE MOLDE + MUESTRA	7700	7750	7700
PESO DE MOLDE	3326	3326	3326
PESO DE MUESTRA	4374	4424	4374
VOLUMEN DE MOLDE	2780	2780	2780
PESO UNITARIO (Kg/m <sup>3</sup> )	1573	1591	1573
PESO UNITARIO PROM. (Kg/m <sup>3</sup> )	1579		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1568		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 13***Peso unitario del agregado fino compactado (ASTM C29M - 09)*

ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE MOLDE + MUESTRA	8300	8350	8300
PESO DE MOLDE	3326	3326	3326
PESO DE MUESTRA	4974	5024	4974
VOLUMEN DE MOLDE	2780	2780	2780
PESO UNITARIO (Kg/m3)	1789	1807	1789
PESO UNITARIO PROM. (Kg/m3)		1795	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1782	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 14***Análisis granulométrico agregado fino (ASTM C136 - 06)*

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
N°4	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	16.50	2.40	2.40	98.00
N°16	155.40	22.60	25.00	50.00
N°30	171.90	25.00	50.00	50.00
N°50	123.80	18.00	68.00	32.00
N°100	48.10	7.00	75.00	25.00
N°200	116.90	17.00	92.00	8.00
PLATO	55.00	8.00	100.00	0.00
TOTAL	687.50	100.00		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**PORCENTAJES DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO:**

Se realizó tres tandas para realizar los especímenes del mortero patrón y experimentales, obteniendo 9 muestras de mortero para ser ensayadas a los 3, 7 y 28 días.

La relación agua cemento utilizada en el mortero Patrón fue de A/C: 0.485.

**TABLA 15***Fluidez de las pastas de mortero patrón (MTC E 616-NTP 334.126)*

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.45			
12.30			
12.40	12.36	10.16	21.68
12.30			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

La relación agua cemento utilizada en el mortero Experimental con 5% de ceniza de tusa de maíz fue de A/C: 0.53.

**TABLA 16**

*Fluidez de las pastas de mortero experimental 5% (MTC E 616-NTP 334.126)*

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.50			
12.50			
12.30	12.38	10.16	21.80
12.20			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

La relación agua cemento utilizada en el mortero Experimental con 10% de ceniza de tusa de maíz fue de A/C: 0.55.

**TABLA 17**

*Fluidez de las pastas de mortero experimental 10% (MTC E 616-NTP 334.126)*

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.40			
12.40			
12.00	12.40	10.16	22.05
12.80			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

La relación agua cemento utilizada en el mortero Experimental con 15% de ceniza de tusa de maíz fue de A/C: 0.57.

**TABLA 18**

*Fluidez de las pastas de mortero experimental 15% (MTC E 616-NTP 334.126)*

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.50			
12.20			
12.20	12.30	10.16	21.06
12.30			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 19***Cuadro resumen de porcentajes de fluidez (MTC E 616-NTP 334.126)*

MUESTRA	PATRÓN		EXPERIMENTAL	
	0%	5%	10%	15%
RELACIÓN A/C	0.485	0.530	0.550	0.570
FLUIDEZ (%)	21.678	21.80	22.05	21.06

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS:****TABLA 20***Ensayo a la compresión de cubos patrón (ASTM C 109)*

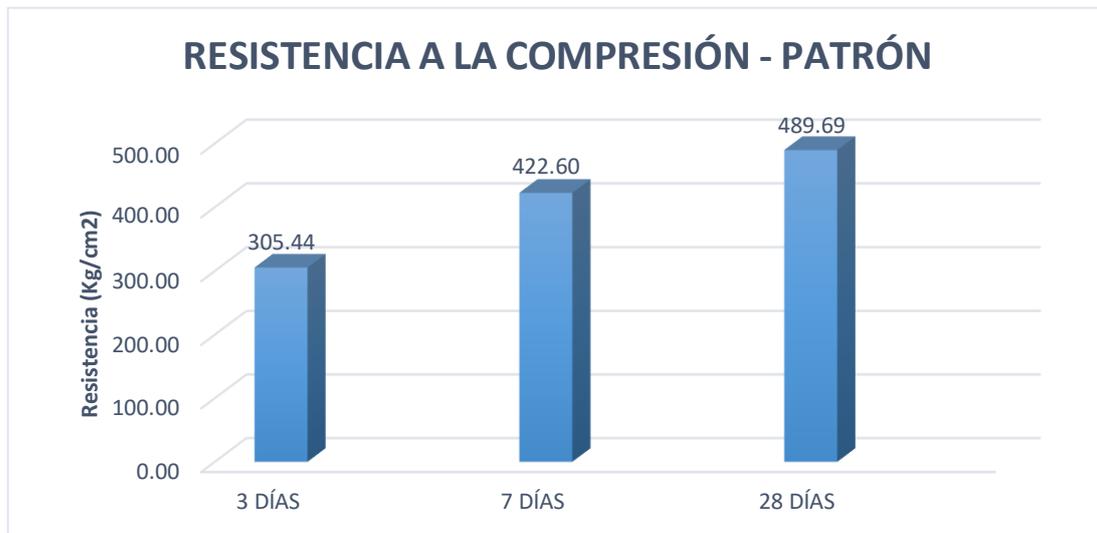
DISEÑO PATRÓN							
N°	3 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	305.00	5.08	5.07	5.09	25.76	8160	316.82
2	305.00	5.06	5.05	5.08	25.55	7530	294.69
3	304.00	5.07	5.06	5.10	25.65	7820	304.82
N°	7 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	305.00	5.07	5.01	5.06	25.40	10360	407.86
2	307.50	5.01	5.06	5.04	25.35	11160	440.23
3	307.50	5.07	5.08	5.07	25.76	10810	419.71
N°	28 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	305.00	5.06	5.05	5.08	25.55	12460	487.61
2	306.50	5.03	5.06	5.08	25.45	12390	486.80
3	306.50	5.09	5.04	5.08	25.65	12690	494.67

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 21***Resistencia promedio del mortero patrón*

DÍAS DE CURADO	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm)	305.44	422.60	489.69

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.



**Figura N°08:** Resistencia promedio del mortero patrón. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)

**TABLA 22**

*Ensayo a la compresión de cubos al 5%(ASTM C 109)*

DISEÑO PATRÓN							
N°	3 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	282.50	5.08	5.08	5.07	25.81	6550	253.81
2	284.00	5.09	5.06	5.07	25.76	6670	258.97
3	282.50	5.07	5.08	5.04	25.76	6830	265.19
N°	7 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	298.00	5.05	5.05	5.05	25.50	60920	271.35
2	298.50	5.06	5.07	5.06	25.65	6940	270.52
3	299.00	5.05	5.08	5.06	25.65	6940	270.52
N°	28 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	310.00	5.09	5.05	5.05	25.70	9430	366.86
2	311.00	5.07	5.07	5.06	25.70	9340	363.35
3	310.00	5.05	5.08	5.05	25.65	9100	354.72

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 23***Resistencia promedio del mortero experimental al 5%.*

DÍAS DE CURADO	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm)</b>	259.32	270.80	361.64

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**Figura N°09:** Resistencia promedio del experimental al 5%. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)**TABLA 24***Ensayo a la compresión de cubos al 10%(ASTM C 109)*

DISEÑO PATRÓN							
N°	3 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm²)
1	226.30	5.08	5.08	5.08	25.81	2980	115.48
2	237.10	5.08	5.08	5.08	25.81	2920	113.15
3	229.80	5.08	5.08	5.08	25.81	2930	113.54
N°	7 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm²)

1	283.50	5.02	5.01	5.02	25.15	3860	153.48
2	281.00	5.01	5.03	5.02	25.20	3590	142.46
3	282.00	5.04	5.03	5.02	25.35	3730	147.13
<b>N°</b>							
							<b>28 DÍAS</b>
	<b>PESO</b>	<b>LONG.</b>	<b>LONG.</b>	<b>LONG.</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CARGA</b>	<b>RESIST.</b>
	<b>(gr)</b>	<b>(a)</b>	<b>(b)</b>	<b>(c)</b>	<b>(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg.f)</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	297.00	5.08	5.06	5.09	25.70	6140	238.87
2	295.50	5.09	5.07	5.06	25.81	6230	241.41
<b>3</b>	<b>296.50</b>	<b>5.09</b>	<b>5.08</b>	<b>5.06</b>	<b>25.86</b>	<b>6210</b>	<b>240.17</b>

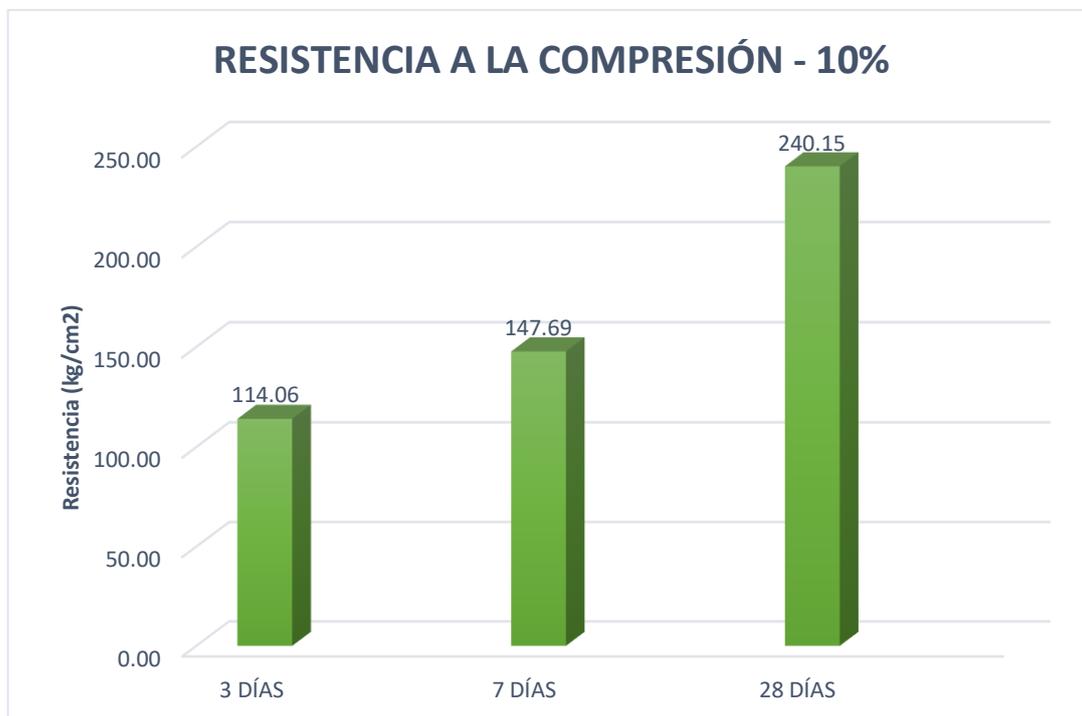
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 25**

*Resistencia promedio del mortero experimental al 10%.*

<b>DÍAS DE CURADO</b>	<b>3 DÍAS</b>	<b>7 DÍAS</b>	<b>28 DÍAS</b>
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	114.06	147.69	240.15

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.



**Figura N°10:** Resistencia promedio del experimental al 10%. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)

**TABLA 26***Ensayo a la compresión de cubos al 15%(ASTM C 109)*

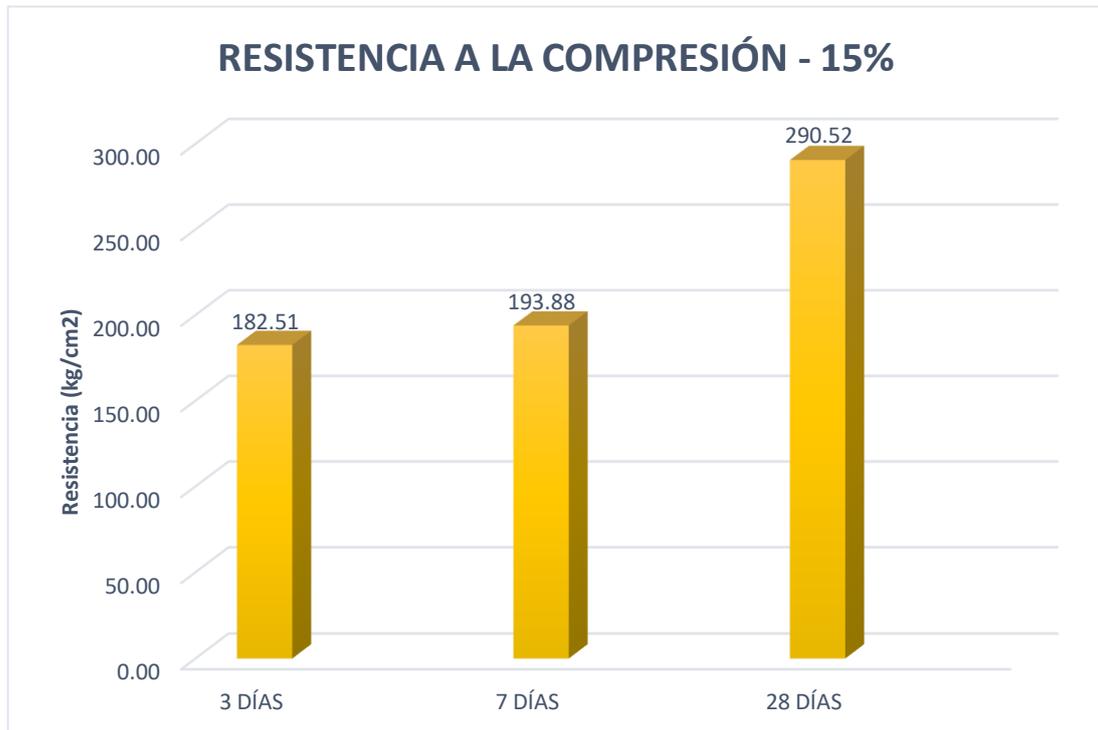
DISEÑO PATRÓN							
N°	3 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	298.70	5.08	5.08	5.08	25.81	4830	187.16
2	286.70	5.08	5.08	5.08	25.81	4580	177.48
3	295.20	5.08	5.08	5.08	25.81	4720	182.90
N°	7 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	307.50	5.08	5.09	5.10	25.86	5010	193.76
2	304.50	5.06	5.08	5.06	25.70	5010	194.91
3	309.00	5.07	5.09	5.08	25.81	4980	192.98
N°	28 DÍAS						
	PESO (gr)	LONG. (a)	LONG. (b)	LONG. (c)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg.f)	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	310.50	5.10	5.08	5.06	25.91	7580	292.57
2	311.00	5.09	5.08	5.09	25.86	7520	290.83
3	<u>309.30</u>	<u>5.10</u>	<u>5.09</u>	<u>5.07</u>	<u>25.96</u>	<u>7480</u>	<u>288.15</u>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

**TABLA 27***Resistencia promedio del mortero experimental al 15%.*

DÍAS DE CURADO	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm)	182.51	193.88	290.52

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.



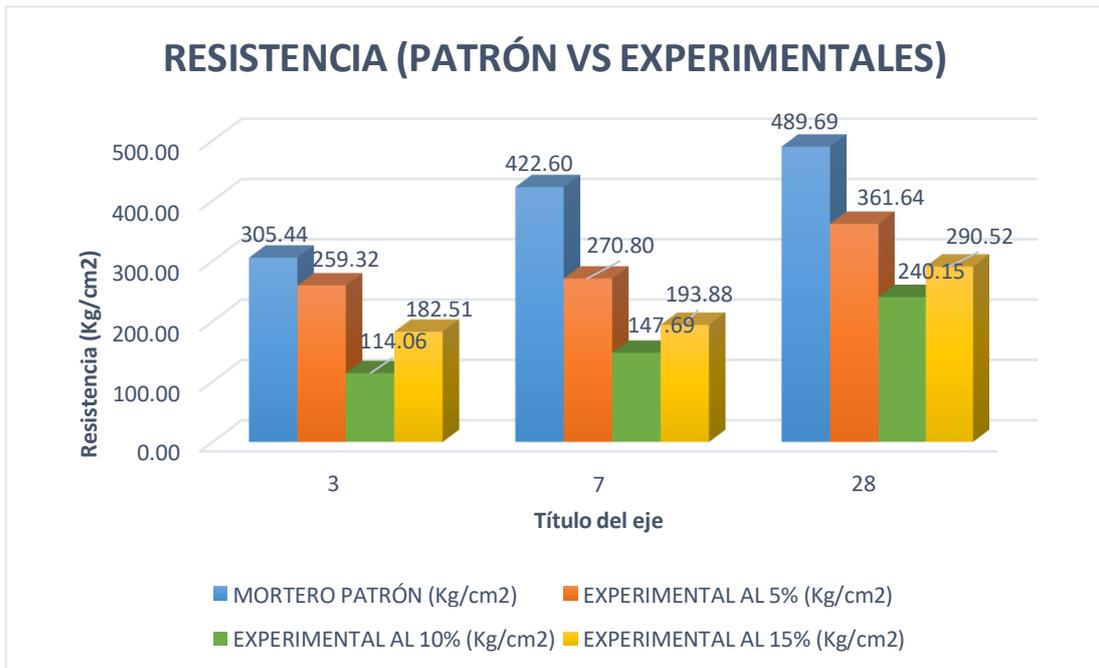
**Figura N°11:** Resistencia promedio del experimental al 15%. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)

**TABLA 28**

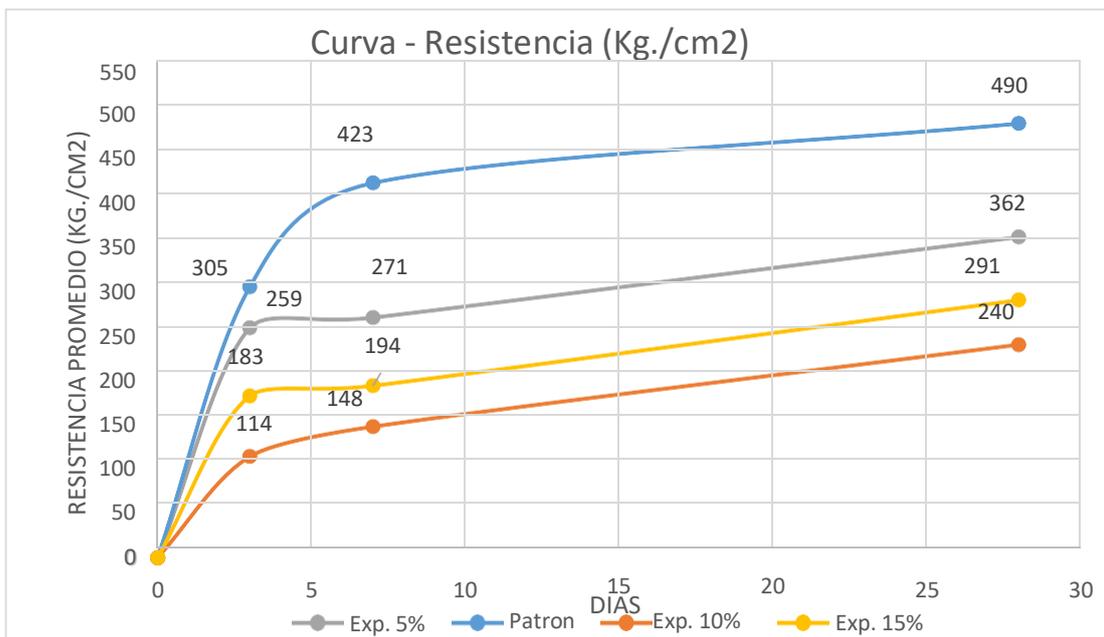
*Cuadro resumen de resistencia promedio patrón, 5%, 10% y 15%.*

DÍAS DE CURADO	MORTERO PATRÓN (Kg/cm2)	EXPERIMENTAL AL 5% (Kg/cm2)	EXPERIMENTAL AL 10% (Kg/cm2)	EXPERIMENTAL AL 15% (Kg/cm2)
3	305.44	259.32	114.06	182.51
7	422.60	270.80	147.69	193.88
28	489.69	361.64	240.15	290.52

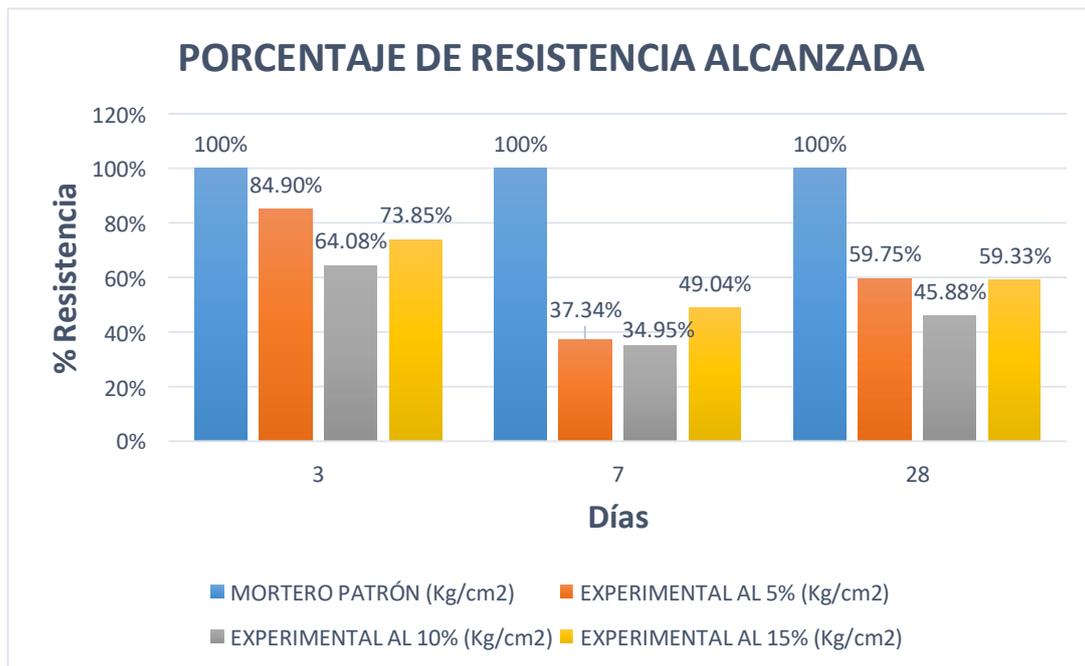
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.



**Figura N°12:** Resistencia promedio del patrón y experimentales. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)



**Figura N°13:** Curva de resistencia a la compresión del patrón vs experimentales. (LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)



**Figura N°14:** Porcentaje de resistencias alcanzadas a los 3, 7 y 28 días.  
(LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA-USP, 2020)

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

- ✓ **Definir el tiempo y grado de calcinación** de la ceniza de tusa de maíz, (Figura N° 05) se observa que la mayor pérdida de masa es a 900°C, mientras que en el análisis calorimétrico se originan dos picos de absorción térmica en la gráfica que indican una transformación de fase a 140°C y 640°C (Figura N° 06), dan origen la activación de óxidos. Según (**Bocanegra, 2018,p.48**) la temperatura es de 2 horas a 670°C sin embargo se consideró a través del ATD 2 horas a 640°C para realizarse la calcinación.
- ✓ **El análisis químico de fluorescencia de rayos X** de la ceniza de tusa de maíz contiene como elemento primordial el Óxido de Potasio  $K_2O$  con 63.559% del total (Tabla N°8), este componente tiene una gran afinidad por la humedad, además de absorber cantidades elevadas de agua y generar expansión del mortero al reaccionar con el agregado (**Águila y Sosa, 2008**). La ceniza de tusa de maíz contiene también Dióxido de Silicio  $SiO_2$  con 10.236% del total, este compuesto tiene la propiedad de darle durabilidad y resistencia a las pastas de mortero. También contiene el Óxido de Fósforo ( $P_2O_3$ ) con 8.097% del total; el cual genera eflorescencia (sales minerales) que dañan la estructura de la pasta de mortero (**Bocanegra, 2018,p.45**). La presencia del Dióxido de Cloro  $ClO_2$  el cual está presente con un 7.972% sirve como un acelerante en el tiempo de fraguado (**Fernandez, 2004**). Los contenidos elevados de Óxido de Potasio  $K_2O$  varían en gran cantidad a investigaciones previas, producto que este material se ve influenciado por los minerales del suelo, por lo que puede tener variaciones de los elementos que la componen, dependiendo del lugar donde sea cultivado (**Martinez, Ortiz, y Raigon, 2017, p. 100**).
- ✓ **En la determinación del pH** de la ceniza de tusa de maíz es de 14,06 (Tabla N° 9) el cual es menor al mencionado en Bocanegra, C. (2018) el cual fue de  $pH=14.78$ . Al tener un pH alcalino la ceniza de tusa de maíz se considera un compuesto aglomerante con excelente actividad puzolánica y cementante (**Flores, 2019,p.55**). Se conoce que el Óxido de Potasio  $K_2O$  es una base o álcali, el cual tiene la propiedad de otorgarle una alta alcalinidad a la ceniza de tusa de maíz.

- ✓ **En la determinación de la fluidez** de las pastas de mortero (Tabla N°19), la relación a/c respecto a su fluidez para la elaboración de mortero patrón cumple con los parámetros de la N.T.P 334.051 siendo este de 0.485 con una fluidez de 21.678% y los experimentales al 5%, 10% y 15% de 0.53 con una fluidez de 21.80%, 0.55 con una fluidez de 22.05% y 0.57 con una fluidez de 21.06%. Estos últimos se vieron aumentados por la presencia del Óxido de Potasio  $K_2O$  el cual exige una mayor cantidad de agua por su aridez (**Bocanegra, 2018,p.48**).
  
- ✓ **En la determinación de las resistencias** el mortero patrón mostró promedios a los 3 días de 305.44 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días 422.60 kg/cm<sup>2</sup> y 28 días 489.69 kg/cm<sup>2</sup> (Tabla N°28), los cuales no fueron alcanzados por los experimentales a 3, 7 y 28 con 5%, 10% y 15% de sustitución de ceniza de tusa de maíz que obtuvieron niveles muy por de bajos de lo esperado, producto de la presencia del  $K_2O$ . Siendo el experimental a 3 días con 5% de sustitución el más cercano al patrón (Figura N° 13), disminuyendo 15.10% de la resistencia y el experimental a 7 días con 10% de sustitución el más alejado del patrón, disminuyendo 65.05% de la resistencia. También se observó de las resistencias de los morteros experimentales que a mayor porcentaje de sustitución ceniza de tusa de maíz por cemento es menor la resistencia alcanzada, siendo inversamente proporcional.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

1. Se concluye del Análisis Térmico Diferencial la temperatura de calcinación de 2 horas a 640°C, se logró tener un cambio en la estructura de la ceniza de tusa de maíz formando óxidos y perdiendo un 30% de masa inicial.
2. La ceniza de tusa de maíz térmicamente activada contiene un 10.236% de SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silicio) siendo el principal óxido y actuando como compuesto influyente en la resistencia y durabilidad del mortero, sin embargo, la cantidad es inferior a otros compuestos. También contiene 63.962% K<sub>2</sub>O (Óxido de Potasio) el cual actuó como un elemento árido dentro de la mezcla, siendo perjudicial, además de la presencia de ClO<sub>2</sub> (Dióxido de Cloro) con un 7.972% que actuó como acelerante en el fraguado.
3. El pH del cemento fue de 13.88, el de ceniza de tusa de maíz 14.06, por lo que sus combinaciones al 5%, 10% y 15% fueron de 14.17, 14.66, 14.59 respectivamente, favoreciendo en la reacción como aglomerante.
4. La relación Agua/Cemento del mortero patrón fue de 0.485 con una fluidez de 21.678%, el mortero experimental de 5% con un a/c de 0.53 y fluidez de 21.80%, el mortero experimental de 10% con un a/c de 0.55 y fluidez de 22.05%, el mortero experimental de 15% con un a/c de 0.57 y fluidez de 21.06%, explicando que la mayor fluidez fue en el mortero con 10% de sustitución el cual presenta los porcentajes de resistencia más alejados del patrón.
5. Los morteros experimentales de sustitución de 5, 10 y 15% de ceniza de tusa de maíz a 3 días de fraguado disminuyeron en un 15.10%, 62.66% y 40.25% respecto al patrón. Además de los morteros experimentales de sustitución de 5, 10 y 15% de ceniza de tusa de maíz a 7 días de fraguado disminuyeron en un 35.92%, 65.05% y 54.12% respecto al patrón. Finalmente, los morteros experimentales de sustitución

de 5, 10 y 15% de ceniza de tusa de maíz a 28 días de fraguado disminuyeron en un 26.15%, 50.96% y 40.67% respecto al patrón. Se concluye que los niveles de resistencias no lograron alcanzar al patrón, debido a la ausencia del Óxido de Calcio (CaO) que constituye un componente primordial en el cemento y el bajo porcentaje de Dióxido de Sílice  $\text{SiO}_2$  que reflejó los resultados.

## **RECOMENDACIONES:**

1. Se recomienda realizar un estudio para estandarizar el proceso de recolección y preparación de la ceniza de tusa de maíz con el fin de que este no altere los resultados.
2. Se debe realizar un estudio más detallado de la composición química y la estructura molecular de la ceniza de tusa de maíz debido a la alta presencia de sales.
3. Se sugiere realizar estudios a los morteros patrón y experimentales a edades de 60 y 90 días con el fin de ver su comportamiento y contrastarse con los resultados brindados.
4. Buscar otro material que aporte el CaO (Óxido de Calcio) y mejore los resultados en combinación con la ceniza de tusa de maíz.
5. Se recomienda eliminar el K<sub>2</sub>O (Óxido de Potasio) de la ceniza de tusa de maíz antes de ponerlo en contacto con la mezcla de mortero experimental, como lo son el Litio o Magnesio.
6. Según lo antes mencionado se invita a seguir profundizando en la investigación de materiales que mejoren la resistencia del mortero y sean de fácil acceso.
6. Se recomienda buscar otro material que complemente con el compuesto FE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, para obtener mayor durabilidad en el mortero.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1996). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO*. Obtenido de UDOCZ: <https://www.udocz.com/read/21543/tecnologia-del-concreto-teoria-y-problemas-ing-flavio-abanto-castillo>
- Adesanya, D., & Raheem, A. (Enero de 2009). Development of corn cob ash blended cement. *Construction and Building Materials*, 23(1), 347 - 352. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.013>
- Águila, I., y Sosa, M. (Diciembre de 2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(4). Caracas. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000400006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006)
- Aprianti, E., Shafigh, P., Bahri, S., & Nodeh, J. (15 de Enero de 2015). Materiales cementantes complementarios de origen agrícola residuos. 74, 176 - 187. Malaya, Malasia: Elsevir Ltd. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061814011507?via%3Dihub>
- ASTM C-109. (1999). Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando especímenes cúbicos de 2 pulg o 50mm. Obtenido de [https://kupdf.net/download/astm-c-109\\_5aac4a3e2b6f5004c5a229c\\_pdf](https://kupdf.net/download/astm-c-109_5aac4a3e2b6f5004c5a229c_pdf)
- Bejar, H. E., y Cuellar, K. A. (2019). *Características de los agregados provenientes de las canteras ubicadas en la*. Obtenido de Repositorio de Tesis de la UTEA: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/208/Caracter%20de%20los%20agregados%20provenientes%20de%20las%20canteras%20ubicadas%20en%20la%20cuenca%20del%20r%20C%20Vilcabamba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bocanegra, C. (28 de Setiembre de 2018). *Sustitución de 5 y 10% de cemento por ceniza de tusa de maíz en la resistencia a la compresión de un mortero*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5480>
- CAPECO. (Octubre de 2003). Aporte Unitario para Morteros. *Costos y Presupuesto Edificación*. Lima, Perú. Obtenido de [https://issuu.com/trialh/docs/costos\\_y\\_presupuestos\\_edificacion\\_-/69](https://issuu.com/trialh/docs/costos_y_presupuestos_edificacion_-/69)

- Chicaiza, V. (Julio de 2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE BLOQUES TRADICIONALES Y BLOQUES ELABORADOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO GRANULAR Y BLOQUES ELABORADOS CON TUSA DE MAÍZ TRITURADO COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26499>
- Córdoba, J. A., Salcedo, E., Rodríguez, R., Zamora, J. F., Manríquez, R., Contreras, H., . . . Delgado, E. (Octubre de 2013). CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN QUÍMICA DEL OLOTE: DEGRADACIÓN HIDROTÉRMICA BAJO CONDICIONES SUBCRÍTICAS. *Revista Latinoamericana de Química*, 41(3), 171 - 184. Guadalajara, Mexico. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rlq/v41n3/v41n3a4.pdf>
- Fernandez, M. (2004). *Los Aditivos*. Obtenido de ESPECIFICAR : <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/aditivos.pdf>
- Flores, C. (20 de Marzo de 2019). *Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro: <http://www.repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10412>
- Harmsen, T. E. (2002). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. *CIVIL ENGINEERING*. Lima, Perú: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Obtenido de CIVIL ENGINEERING: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenno-de-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>
- Illanes, A., Wendy, K., Rojas, Y., y Marlene, J. (Mayo de 2016). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón y concreto reciclado, evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido*. Obtenido de REPOSITORIO ACADÉMICO UPC: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620542>
- INANTIC. (31 de Noviembre de 1959). Ley de promoción Industrial. Lima, Perú. Obtenido de [http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/DS\\_42\\_F..pdf](http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/DS_42_F..pdf)
- INDECOPI. (24 de Noviembre de 1992). Decreto Ley N°25868 - Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. *Repositorio Indecopi*. (D. O. Peruano, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.indecopi.gob.pe/handle/11724/4924>

- ITINTEC. (28 de Mayo de 1982). Ley de Promoción Industrial N° 13270. Lima, Perú. Obtenido de [http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/DS\\_42\\_F..pdf](http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/DS_42_F..pdf)
- Marín, A. (25 de Febrero de 2018). *Resistencia a la compresión en mortero sustituyendo 7% de cemento por cenizas de tallo de maíz y adicionando 3% de agua de penca azul*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8009>
- Martinez, M., Ortiz, R., & Raigon, M. (Enero de 2017). CONTENIDO DE FÓSFORO, POTASIO, ZINC, HIERRO, SODIO, CALCIO Y MAGNESIO, ANÁLISIS DE SU VARIABILIDAD EN ACCESIONES CUBANAS DE MAÍZ. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 38(1)*, 92-101. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n1/ctr12117.pdf>
- Mgbemene, C., Rosenkraz, A., Pichelin, A., Lehmann, M., Job, C., Kimeng, H., . . . Nduka, O. (2013). Feasibility Study on the Production of Particleboard from Maize Cobs, Rice Husks, and Groundnut Shells Using Acacia Mimosa Tannin Extract as the Bonding Adhesive. *American Society of Civil Engineers*. Obtenido de [https://www.academia.edu/20645668/Feasibility\\_Study\\_on\\_the\\_Production\\_of\\_Particleboard\\_from\\_Maize\\_Cobs\\_Rice\\_Husks\\_and\\_Groundnut\\_Shells\\_Using\\_Acacia\\_Mimosa\\_Tannin\\_Extract\\_as\\_the\\_Bonding\\_Adhesive](https://www.academia.edu/20645668/Feasibility_Study_on_the_Production_of_Particleboard_from_Maize_Cobs_Rice_Husks_and_Groundnut_Shells_Using_Acacia_Mimosa_Tannin_Extract_as_the_Bonding_Adhesive)
- MINAM. (2015). SERVICIO DE PROSPECCION, COLECCION, ELABORACION DE MAPAS DE DISTRIBUCIÓN Y ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES ASOCIADOS AL CULTIVO DE LAS RAZAS DE MAIZ. Perú. Obtenido de [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz\\_13regiones\\_2015.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz_13regiones_2015.pdf)
- Namuche, F. (28 de Diciembre de 2018). *Resistencia de la sustitución del 5%, 10% y 15% de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7981>
- Ninaquispe, L. E., y Sevillano, M. A. (20 de Octubre de 2016). EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2. Chimbote, Perú. Obtenido de <https://studylib.es/doc/8790240/tesis-completo-final-al-100%25--20-10-2016->

- NTP 334.051. (05 de Agosto de 1998). Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50 mm de lado. 2°. Lima, Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/388990823/ntp-334-051>
- NTP 339.088. (10 de Febrero de 2016). REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONCRETO. Obtenido de [https://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=351438cc-b6bd-4d8b-8012-df3707bc9c82&groupId=10154](https://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=351438cc-b6bd-4d8b-8012-df3707bc9c82&groupId=10154)
- NTP 339.185. (16 de Mayo de 2002). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/375184167/NTP-339-185-CONTENIDO-DE-HUMEDAD-DE-AGREGADOS-pdf>
- NTP 400.011. (06 de Octubre de 2013). Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto). Lima, Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/438211081/NTP-400-011>
- NTP 400.012. (31 de Mayo de 2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú. Obtenido de <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>
- NTP 400.017. (29 de Abril de 1999). Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. *STUDYLIB*. Lima, Perú. Obtenido de STUDYLIB: <https://studylib.es/doc/5144494/norma-t%C3%A9cnica-ntp-400.017-peruana>
- NTP 400.022. (26 de Diciembre de 2013). Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú. Obtenido de [https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino\\_59c03df208bbc5f314686f9e\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf)
- Rivera, G. (28 de Agosto de 2013). *Libro de tecnología del concreto y mortero*. Obtenido de CIVILGEEKS: <https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-a-rivera-l/>
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Santafé de Bogotá: BHANDAR EDITORES LTDA. Obtenido de <https://www.google.com.pe/search?tbm=bks&q=diego+sanchez+de+guzman+tecnologia+del+concreto+y+del+mortero>
- Sandoval, C. (25 de Febrero de 2019). *Resistencia a compresión de mortero con cemento sustituido al 9% y 18 % de la combinación de Polvo de Vidrio y*

*Ceniza de Concha de Abanico*. Obtenido de Repositorio insitucional de la Universidad San Pedro:  
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8010>

Silva, P. (06 de Noviembre de 2018). *Resistencia de mortero  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento en 15% por ceniza de material no maderable de Schimus Molle L*. Obtenido de Repositorio Insitucional de la Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7960>

Torres, N., y Gaibor, K. (2016). ESTUDIO DE LA APLICACION DEL OLOTE O TUSA DE MAÍZ PARA LA REDUCCIÓN DEL COLOR EN AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO CANTÓN GUANO. *Repositorio Digital de la Universidad de Chimborazo*. Chimborazo, Ecuador: Riobamba: Universidad nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1399>

## **VII. AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad San Pedro por haberme abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a las diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mis Asesores por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

# **ANEXO N°01**

## **ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL**



Trujillo, 27 de agosto del 2018

**INFORME N° 174 - AGO 18**

**Solicitante:** Cerna Campos Wilkins Wilder - Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 47079220

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Ceniza de tusa de maíz (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CTM-174A	32.4 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

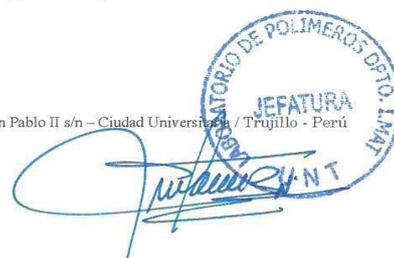
- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 32.4 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa



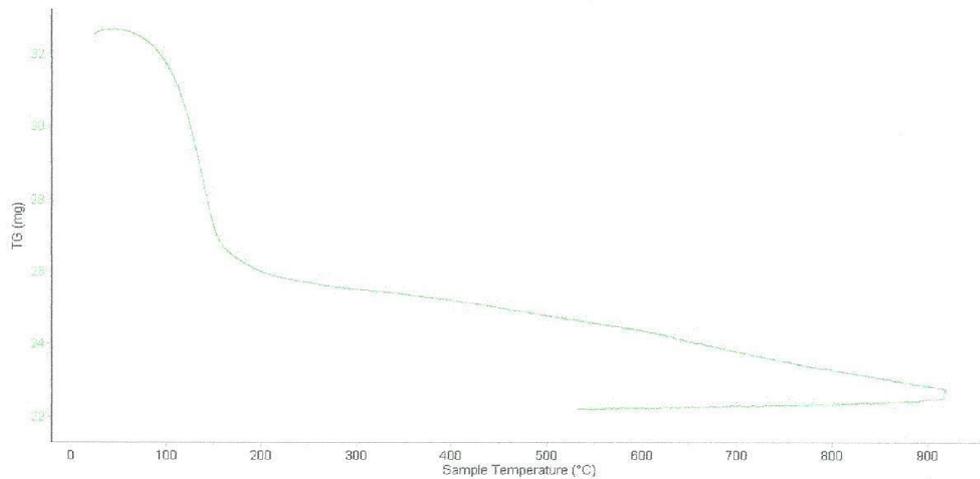


Trujillo, 27 de agosto del 2018

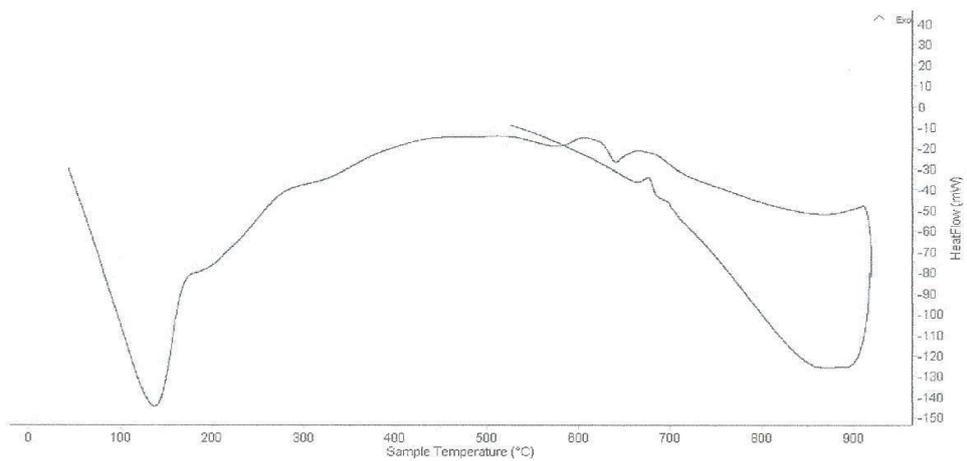
INFORME N° 174 - AGO 18

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





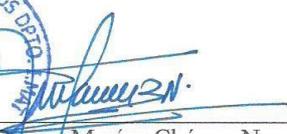
Trujillo, 27 de agosto del 2018

**INFORME N° 174 - AGO 18**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante pérdida de masa del material entre 70 y 150°C, posteriormente la pérdida se efectúa de manera lenta y progresivamente conforme aumenta la temperatura. El material llega a perder aproximadamente 30% de masa respecto al inicial, cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico de absorción térmica a aproximadamente 140°C, además muestra uno de menor intensidad a 640°C, más adelante, en temperaturas superiores no se muestra ninguna absorción que indique alteraciones en las características del material.

Trujillo, 27 de agosto del 2018

  
  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

## **ANEXO N°02**

### **ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°183-LAQ/2018**

**Análisis de una muestra de ceniza de tusa de maíz por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de tusa de maíz a pedido del Sr. **Cerna Campos, Wilkins**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Resistencia de Mortero al Sustituir 5%, 10% y 15% de Cemento por Cenizas de Tusa de Maíz."**

La muestra procede de una cantera en Tres Piedras, Huarney, fue calcinada a 640°C por 2 horas, y está en la forma de grano fino de color plomo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3910 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



## UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

### FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

#### Laboratorio de Archeometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

#### **Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de tusa de maíz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los potenciales óxidos presentes en una



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

muestra calcinada; este total está muy por debajo del 100% indicando que hay presentes compuestos livianos diferentes de óxidos. .

Tabla 1. Composición elemental de ceniza tusa de maíz en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.866	2.965
SiO <sub>2</sub>	6.441	10.236
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.095	8.097
SO <sub>2</sub>	0.779	1.238
ClO <sub>2</sub>	5.017	7.972
K <sub>2</sub> O	40.251	63.962
CaO	0.692	1.099
TiO	0.085	0.136
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.016	0.025
MnO	0.044	0.071
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.858	1.363
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.011
CuO	1.099	1.747
ZnO	0.628	0.998
SrO	0.011	0.018
ZrO <sub>2</sub>	0.004	0.007
PbO	0.036	0.141
Total	62.930	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Archeometría

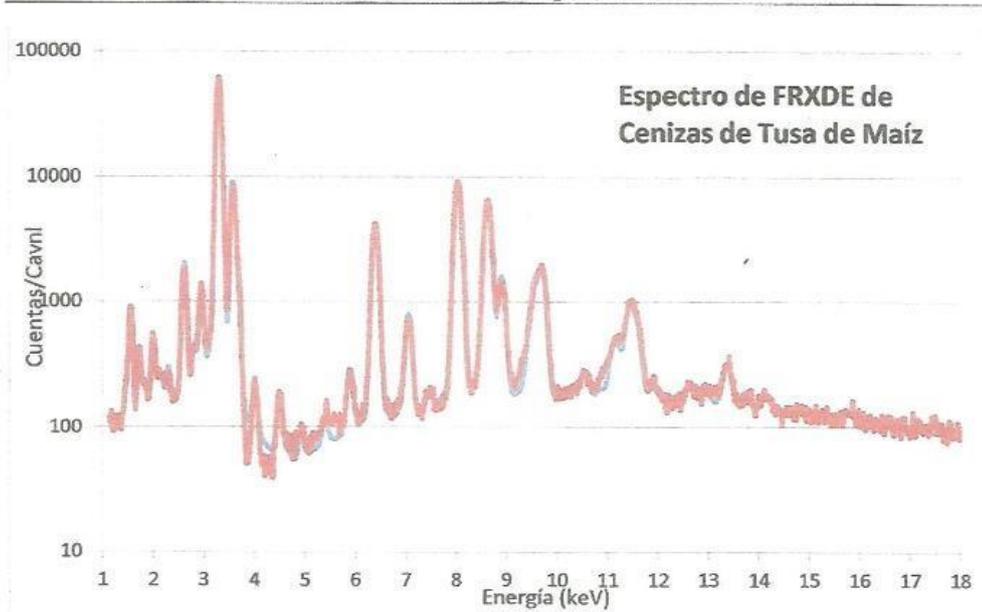


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas de tusa de maíz en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Archeometría



Lima, 07 de Noviembre del 2018

# **ANEXO N°03**

## ENSAYOS DE pH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180906-005**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : WILKINS CERNA CAMPOS.  
DIRECCIÓN : Av. Amazonas S/N Huaraz.  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de papel cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-09-06  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-09-06  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-09-06  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 180906-4

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
CEMENTO TIPO I	13,88

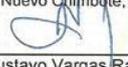
**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.; sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 07 del 2018.  
GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe)/ [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180906-009**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : WILKINS CERNA CAMPOS.  
DIRECCIÓN : Av. Amazonas S/N Huaraz.  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de papel cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-09-06  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-09-06  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-09-06  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 180906-4

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
COMBINACIÓN DE CEMENTO Y 5% DE CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,17

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.; sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 07 del 2018.

GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 329  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe)/ [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180906-007**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: WILKINS CERNA CAMPOS.
DIRECCIÓN	: Av. Amazonas S/N Huaraz.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de papel cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-09-06
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-09-06
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2018-09-06
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 180906-4

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
COMBINACIÓN DE CEMENTO Y 10% DE TUSA DE MAÍZ	14,66

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

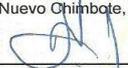
pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.; sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 07 del 2018.

GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

**INFORME DE ENSAYO N° 20180906-008**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: WILKINS CERNA CAMPOS.
DIRECCIÓN	: Av. Amazonas S/N Huaraz.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de papel cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-09-06
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-09-06
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2018-09-06
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 180906-4

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
COMBINACIÓN DE CEMENTO Y 15% DE CENIZAS DE TUSA DE MAÍZ	14,59

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.; sobre muestras ingresadas por el solicitante.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 07 del 2018.  
GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha.2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)

# **ANEXO N°04**

## **ENSAYOS DEL AGREGADO FINO**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

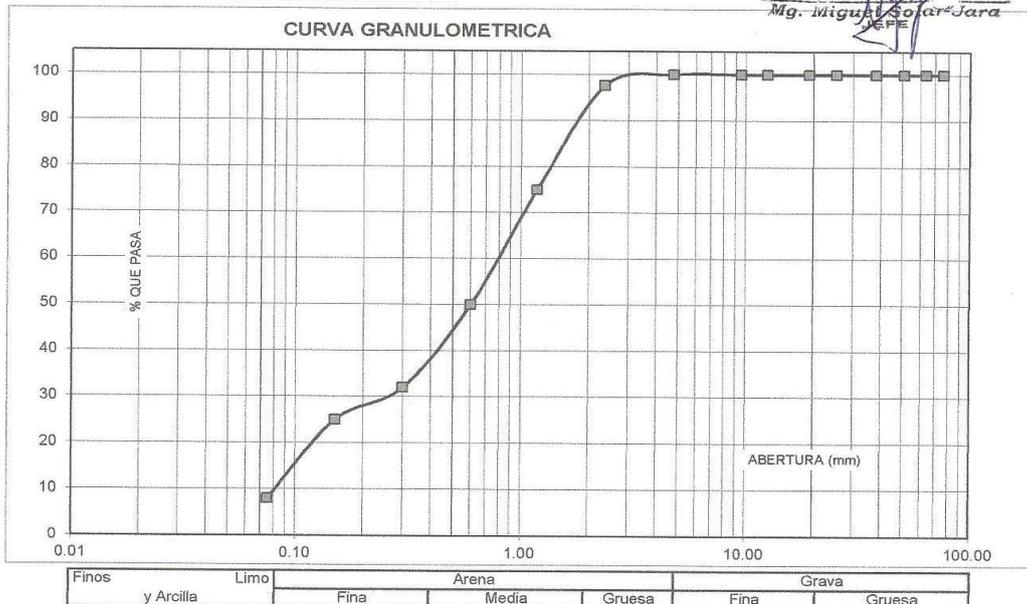
SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
 POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 30/07/2020

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	16.50	2.4	97.6
N° 16	1.18	155.38	22.6	75.0
N° 30	0.60	171.88	25.0	50.0
N° 50	0.30	123.76	18.0	32.0
N° 100	0.15	48.13	7.0	25.0
N° 200	0.08	116.88	17.0	8.0
PLATO	ASTM C-117-04	55.00	8.0	100.0
TOTAL		<b>687.5</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.20

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES  
 Mg. Miguel Solari Jara  
 JEFE





**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
COMPRESION DE UN MORTERO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	725.5	546.6
TARA + SUELO SECO (gr)	721.3	544.3
PESO DEL AGUA (gr)	4.2	2.3
PESO DE LA TARA (gr)	167.7	209.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	553.6	334.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.69
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.72	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Mg. Miguel Solar Jara



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**  
(ASTM C29 / C29M - 09)

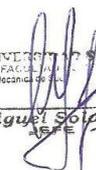
SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
COMPRESION DE UN MORTERO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7700	7750	7700
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4424	4374
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m3 )	1573	1591	1573
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>		1579	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		1568	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8300	8350	8300
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5024	4974
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m3 )	1789	1807	1789
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>		1795	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		1782	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
**Mg. Miguel Solar Jara**

# **ANEXO N°05**

## **ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO**



### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletair )  
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
MATERIAL : 100% DE CENIZA DE TUZA DE MAIZ  
FECHA : 30/07/2020

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL	0.00	0.00
LECTURA FINAL	21.89	21.89
PESO DE MUESTRA	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	21.89	21.89
PESO ESPECIFICO	2.924	2.924
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	2.924	

  
Mg. Miguel Spitar Jara  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### **DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletir )  
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
MATERIAL : 95% DE CEMENTO + 5% DE CENIZA DE TUZA DE MAIZ  
FECHA : 30/07/2020

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL	0.00	0.00
LECTURA FINAL	22.30	22.30
PESO DE MUESTRA	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	22.30	22.30
PESO ESPECIFICO	2.870	2.870
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	2.870	

  
*Mg. Miguel Espinoza Jara*  
MATERIALES



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)  
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
MATERIAL : 85% DE CEMENTO + 15% DE CENIZA DE TUZA DE MAIZ  
FECHA : 30/07/2020

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL	0.00	0.00
LECTURA FINAL	22.00	22.00
PESO DE MUESTRA	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	22.00	22.00
PESO ESPECIFICO	2.909	2.909
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( )	2.909

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Mg. Miguel Sola Jara  
GERENTE

# **ANEXO N°06**

## **ENSAYOS DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS**



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-PATRON  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.45	12.36	10.16	21.678
12.30			
12.40			
12.30			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
**Mg. Miguel Solár Jara**  
JEFE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 5%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
10.20	10.16	10.16	0.02
10.15			
10.20			
10.10			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Mecánica de Suelos y Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 5%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020  
RELACION A/C : 0.53

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.50	12.38	10.16	21.80
12.50			
12.30			
12.20			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Urb. Alcañal de Chimbote, 20000  
**Mg. Miguel Solar Jara**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 10%**  
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020  
RELACION A/C : 0.55

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.40	12.40	10.16	22.05
12.40			
12.00			
12.80			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
Mg. Miguel Solís Jara  
JEFE

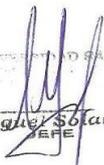


**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL 15%**  
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 30/07/2020  
RELACION A/C : 0.57

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.50	12.30	10.16	21.06
12.20			
12.20			
12.30			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE

**ANEXO N°07**  
ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE  
CUBOS



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 5%  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 30/07/2020

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	
Nº ELEMENTO										
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	21/09/2018	282.5	2.159	5.08	5.08	5.07	25.81	6550.00	253.81
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	21/09/2018	284.0	2.175	5.09	5.06	5.07	25.76	6670.00	258.97
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	21/09/2018	282.5	2.176	5.07	5.08	5.04	25.76	6830.00	265.19
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	25/09/2018	298.0	2.314	5.05	5.05	5.05	25.50	6920.00	271.35
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	25/09/2018	298.5	2.300	5.06	5.07	5.06	25.65	6940.00	270.52
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	25/09/2018	299.0	2.303	5.05	5.08	5.06	25.65	6940.00	270.52
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	16/10/2018	310.0	2.388	5.09	5.05	5.05	25.70	9430.00	366.86
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	16/10/2018	311.0	2.391	5.07	5.07	5.06	25.70	9340.00	363.35
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	16/10/2018	310	2.393	5.05	5.08	5.05	25.65	9100.00	354.72

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Mg. Miguel Salazar Jara  
JEFE



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 10%**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 30/07/2020

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm <sup>2</sup> )	Maxima (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	226.3	1.726	5.08	5.08	5.08	25.81	2980.00	115.48
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	237.1	1.809	5.08	5.08	5.08	25.81	2920.00	113.15
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	229.8	1.753	5.08	5.08	5.08	25.81	2930.00	113.54
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	283.5	2.245	5.02	5.01	5.02	25.15	3860.00	153.48
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	281.0	2.221	5.01	5.03	5.02	25.20	3590.00	142.46
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	282.0	2.216	5.04	5.03	5.02	25.35	3730.00	147.13
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	297.0	2.270	5.08	5.06	5.09	25.70	6140.00	238.87
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	295.5	2.263	5.09	5.07	5.06	25.81	6230.00	241.41
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	296.5	2.266	5.09	5.08	5.06	25.86	6210.00	240.17

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DE MATERIALES  
Mg. Miguel Sotlar Jara



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 15%**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH: CERNA CAMPOS WILKINS WILDER  
 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO AL SUSTITUIR 5%, 10%, Y 15% DE CEMENTO  
 POR CENIZAS DE TUSA DE MAIZ  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 30/07/2020

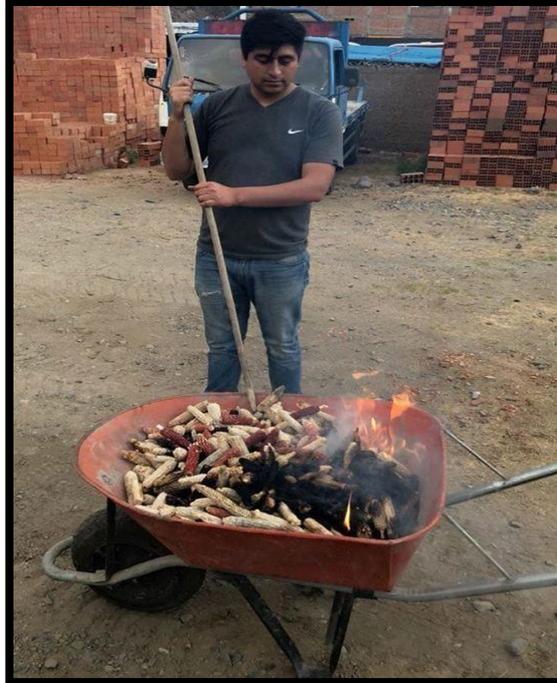
N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm <sup>2</sup> )	Maxima (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	298.7	2.278	5.08	5.08	5.08	25.81	4830.00	187.16
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	286.7	2.187	5.08	5.08	5.08	25.81	4580.00	177.48
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	19/10/2018	295.2	2.252	5.08	5.08	5.08	25.81	4720.00	182.90
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	307.5	2.332	5.08	5.09	5.10	25.86	5010.00	193.76
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	304.5	2.341	5.06	5.08	5.06	25.70	5010.00	194.91
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	23/10/2018	309.0	2.357	5.07	5.09	5.08	25.81	4980.00	192.98
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	310.5	2.369	5.10	5.08	5.06	25.91	7580.00	292.57
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	311.0	2.363	5.09	5.08	5.09	25.86	7520.00	290.83
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	13/11/2018	309.3	2.350	5.10	5.09	5.07	25.96	7480.00	288.15

  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DE MATERIALES  
 Mg. Miguel Esteban Jara  
 JEFE

# **ANEXO N°08**

## **PANEL FOTOGRAFICO**

## PREPARACIÓN DE LA CENIZA DE TUSA DE MAÍZ



*Fotografía 1.* Se recolecto la tusa de maíz y se inició con el pre-quemado.



*Fotografía 2.* Se quemaron las tusas de maíz para obtener las cenizas.



*Fotografía 3.* Tomó 20 minutos que todas las tusas se prendan.



*Fotografía 4.* Al apagarse el fuego se recolecto la ceniza de tusa de maíz.



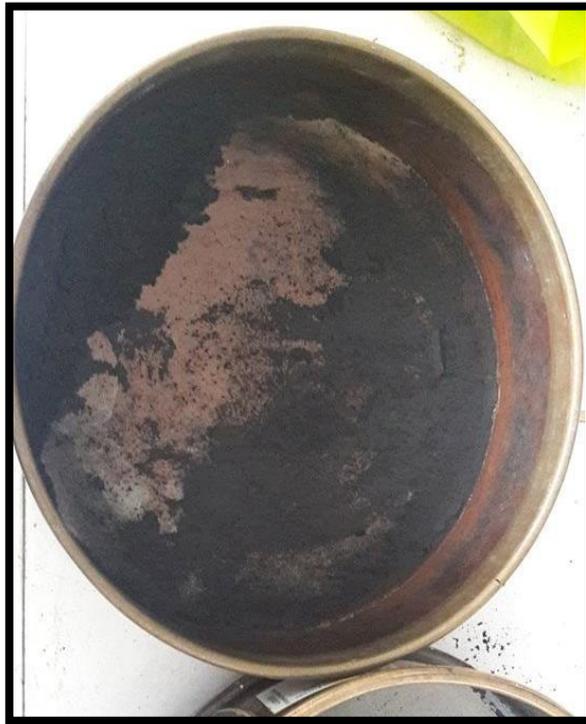
*Fotografía 5.* La ceniza pre-quemada fue llevada y pesada en el laboratorio de la USP.



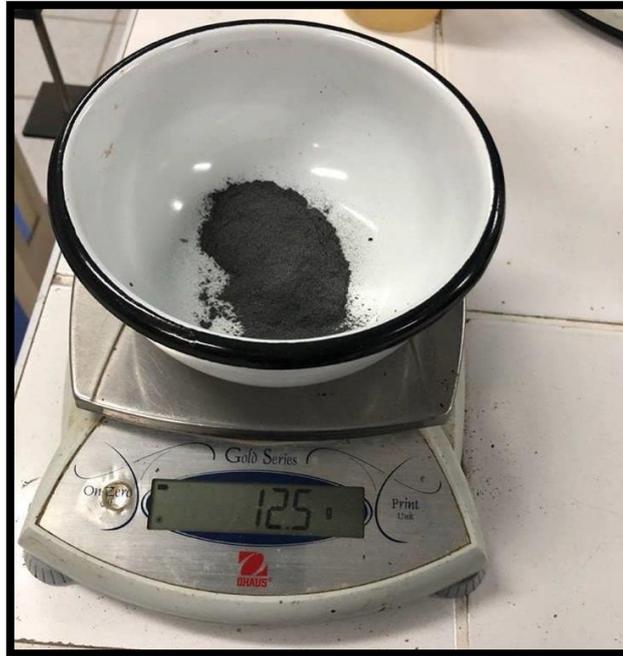
*Fotografía 6.* Con los resultados del ATD se procedió a calcinar la ceniza de tusa de maíz a 640°C por 2 horas.



*Fotografía 7.* La ceniza se mantuvo en el tiempo indicado, sin ninguna interrupción.



*Fotografía 8.* Se tamizó y pasó por la malla #200.



*Fotografía 9.* Se procedió al pesado para los distintos ensayos como pH y para las mezclas.

### ENSAYO DE FLUIDEZ



*Fotografía 10.* Juntamos los materiales para elaboración de mezclas con ceniza de tusa de maíz.



*Fotografía 11.* Se hace el ensayo de fluidez para los morteros patrón y experimentales.



*Fotografía 12.* El ensayo de Fluidez se realizó con supervisión del asesor.

PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS DEL MORTERO PATRÓN Y EXPERIMENTALES



*Fotografía 13-14.* Se comenzó con el mezclado de los morteros patrón y experimentales.



**Fotografía 15-16.** Se realizó el vaciado de mezcla de mortero y se compacto con 32 veces cada cubo, en 2 capas.

## PESAJE Y MEDICIÓN DE LOS CUBOS

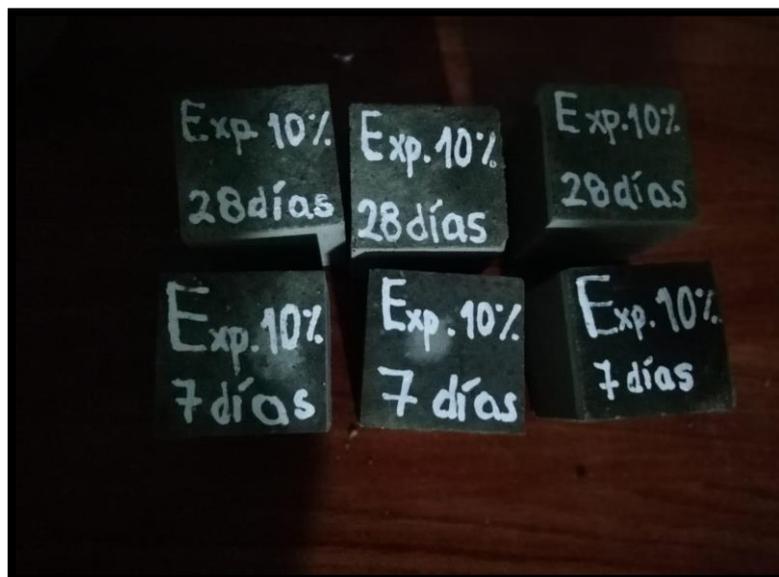


*Fotografía 17.* Se desmoldaron los morteros patrones de distintas edades.

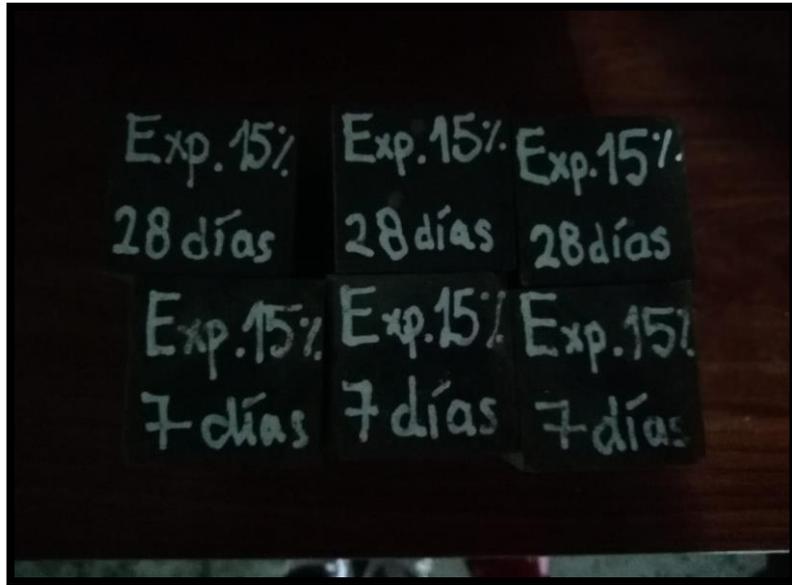




*Fotografía 18-19.* Se desmoldaron los morteros experimentales al 5%.



*Fotografía 20.* Se desmoldaron los morteros experimentales al 10%.



*Fotografía 21.* Se desmoldaron los morteros experimentales al 15%.



*Fotografía 22.* Los morteros patrones y experimentales son curados.



*Fotografía 23.* Se procedió a la medición de los cubos de morteros patrón.

### ENSAYO DE COMPRESIÓN



*Fotografía 24.* Se realizó el ensayo de resistencias a los morteros patrón.



*Fotografía 25.* Se realizó el ensayo de resistencias a los morteros a 3 días de edad.



*Fotografía 26.* Se realizó el ensayo de resistencias a los morteros experimentales a 7 días de edad.



*Fotografía 27.* Se realizó el ensayo de resistencias a los morteros experimentales a 28 días de edad.





**Fotografía 28-29.** Se tomaron nota de las resistencias para luego ser analizadas y graficadas.