

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Resistencia a la compresión de mortero con cemento  
sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por  
ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*) ”**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

**Autor**

Aznaran Bocanegra, Ze Carlos Aldair

**Asesor**

Ing. Lopez Carranza, Ruben

Chimbote – Perú

2018

**Palabras clave:** Tecnología de materiales, sustitución, resistencia a la compresión.

**Keywords:** Technology of materials, substitution, resistance to compression.

**Línea de investigación:**

Código	Línea
1.0.	Ingeniería
2.0.	Ingeniería y Tecnología
2.1.	Ingeniería civil

**“Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*)”**

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se elaboró un mortero de concreto sustituyendo al cemento 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro, la cual modificó la resistencia a la compresión en comparación a un mortero convencional. Asimismo, se evaluó que cumpla con las normas técnicas peruana y especificaciones técnicas ASTM.

Esta investigación, consiste primero en recolectar la cáscara de arroz las cuales son provenientes de la apiladora “Zavaleta”–Santa, estas fueron pre-calcinadas a cielo abierto, para luego activarse térmicamente a 360 °C por 2 horas, obteniéndose así las cenizas de cáscara de arroz la cual posee gran actividad puzolánica. Mientras que la concha de choro se obtuvo de las peñas que se encuentra en la playa “El Dorado”-Chimbote, las conchas de choro presenta un alto contenido de Óxido de Calcio, esta se activara a 890 °C por 1<sup>½</sup> horas.

Una vez obtenidas las cenizas de los materiales antes mencionados, se procedió a la mezcla de ambas, obteniéndose así el mortero utilizando cemento portland tipo I, agregados y agua.

Este proyecto beneficia a la comunidad debido al fácil uso de este diseño, siendo un logro para la ingeniería y la construcción ya que se está creando un mortero con la utilización de materiales reutilizables, los cuales pasarían a reemplazar parte del cemento por residuos crustáceos (conchas de choros), y residuos vegetales (cáscara de arroz). Como resultado obtuvimos resistencias que no pasan los valores de un mortero patrón, sin embargo cumplen la resistencia óptima según Norma técnica peruana y Especificaciones técnicas ASTM.

## **ABSTRACT**

The present research project was developed a concrete mortar replacing the cement 9% by rice husk ash and 6% by choro shell ash, which modified the compressive strength compared to a conventional mortar. Likewise, it was evaluated that it complies with the Peruvian Technical Standards and ASTM technical specifications.

This investigation, consists first in collecting the rice husk which will come from the "Zavaleta" -Santa stacker, these will become pre-calcined in the open sky, and then thermally activated at 360 ° C for 2 hours, thus obtaining the ashes of rice husk which has great pozzolanic activity. While the conch of choro will be obtained from the rocks that are found in the beach "El Dorado" -Chimbote, the shells of choro presents a high content of calcium oxide, this will be activated at 890 ° C for 1½ hours.

Once the ashes of the aforementioned materials have been obtained, the two will be mixed, obtaining the mortar using type I portland cement, aggregates and water.

This project benefits the community due to the easy use of this design, being an achievement for engineering and construction since it is creating a mortar with the use of reusable materials, which would replace part of the cement by crustacean waste (shells) of choros), and vegetable waste (rice husk). As a result we obtained resistances that do not pass the values of a standard mortar, however they meet the optimum resistance according to the Peruvian Technical Standard and ASTM Technical Specifications.

## ÍNDICE

PALABRAS CLAVE	.....I
TÍTULO DEL TRABAJO	.....II
RESUMEN	.....II
ABSTRACT	.....IV
ÍNDICE	.....V
INTRODUCCIÓN	.....1
ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	.....2
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	.....5
PROBLEMA	.....7
CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	.....11
HIPÓTESIS	.....24
OBJETIVOS	.....24
METODOLOGÍA	.....25
RESULTADOS	.....33
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	.....51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....54
AGRADECIMIENTO	.....57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....58
ANEXOS	.....62

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla N° 01: Tipos de mortero .....	13
Tabla N° 02: Componentes químicos del cemento .....	14
Tabla N° 03: Composición química del cemento tipo I .....	14
Tabla N° 04: Gradación .....	15
Tabla N° 05: Límites permisibles del agua .....	16
Tabla N° 06: Dosificación de Norma NTP 3934.051 para 6 cubos .....	16
Tabla N° 07: Dosificación de norma para 3 cubos .....	16
Tabla N° 08: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de cáscara de arroz .....	20
Tabla N° 09: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de concha de choro .....	22
Tabla N° 10: Pesos de ceniza de cáscara de arroz antes y después de calcinar...	38
Tabla N° 11: Pesos de ceniza de concha de choro antes y después de calcinar...	38
Tabla N° 12: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de cáscara de arroz .....	39
Tabla N° 13: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de concha de choro .....	40
Tabla N° 14: Ensayo de pH .....	41
Tabla N° 15: Ensayo de peso específico .....	41
Tabla N° 16: Pesos de arena gradada para mortero – propuesta .....	44
Tabla N° 17: Peso de cemento .....	44
Tabla N° 18: Peso de agua – relación agua/cemento .....	44
Tabla N° 19: Peso de cemento, ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro .....	45
Tabla N° 20: Peso de agua – relación agua/cemento experimental .....	45
Tabla N° 21: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón – 3 días .....	46
Tabla N° 22: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón - 7 días .....	46
Tabla N° 23: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón - 28 días .....	46
Tabla N° 24: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón – 60 días .....	46
Tabla N° 25: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental – 3 días....	47

Tabla N° 26: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental - 7 días.....	47
Tabla N° 27: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental - 28 días...	47
Tabla N° 28: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental – 60 días...	47
Tabla N° 29: Promedio de resistencia de cada grupo de morteros .....	49
Tabla N° 30: Resistencias a la compresión de cubos de mortero con una sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de Choro según días de curado .....	69
Tabla N° 31: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.....	69

## **LISTA DE GRÁFICOS**

	Pág.
Gráfico N° 01: Clasificación de las Puzolanas .....	17
Gráfico N° 02: Análisis termo gravimétrico – Ceniza de cáscara de arroz.....	34
Gráfico N° 03: Curva calorimétrica – Ceniza de cáscara de arroz.....	35
Gráfico N° 04: Análisis termo gravimétrico – Ceniza de concha de choro.....	36
Gráfico N° 05: Curva Calorimétrica – Ceniza de concha de choro.....	37
Gráfico N° 06: Barra de promedio de resistencias de mortero patrón .....	48
Gráfico N° 07: Barra de promedio de resistencias de mortero experimental...	48
Gráfico N° 08: Barra de promedio de resistencias de mortero patrón y experimental .....	49
Gráfico N° 09: Línea de promedio de resistencias de mortero patrón y experimental .....	50



# **INTRODUCCIÓN**

## **ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA**

### **Nivel internacional**

Andrés Mafla, B. (2009). Este trabajo tiene el fin de reducir costos y desechos industriales y la búsqueda de cementos con características especiales, se propone la adición de estos desechos, estudiando en este documento la cáscara de arroz rico en SiO<sub>2</sub>, el material se activó térmicamente a 700 °C por aproximadamente 3 horas a una velocidad de calentamiento de 250°C/hora.

Luego se procede a mezclar con el mortero, los porcentajes de sustitución fueron 5 y 10% del contenido total del cemento; Se obtuvieron los resultados para las muestras analizadas, se encuentra que la resistencia se incrementa notablemente en la sustitución del 5%.

Águila, I. & Sosa, M., (2011). Este artículo 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. Siendo esta investigación experimental. Se incluyen para su estudio las cenizas de cascarilla de arroz, hoja de maíz y bagazo de caña, todas ellas con importantes cantidades de sílice amorfa en su composición química. Mediante ensayos de laboratorio, se realiza una primera caracterización física y química de cada uno de los materiales, con el fin de determinar si poseen la composición necesaria para ser considerados como posibles materiales puzolánicos. Esta caracterización se complementa con ensayos de resistencia a compresión y durabilidad de muestras de mortero, se realizó la sustitución con 10, 15, 20, 25 y 30% al peso del cemento.

Analizando los resultados solo en el material de ceniza de cáscara de arroz la resistencia aumento sustituyendo 10, 15 y 20% aumentado un 10, 12, 13% respectivamente en cuanto a tu resistencia en comparación a un mortero patrón a los 28 días.

La resistencia a los 90 días siguió aumentando la resistencia un 15% en el mortero sustituido el 10%.

Salas, J., Castillo, P., Sánchez, I. & Veras, J. (2011).

En este trabajo se usó la ceniza de cáscara de arroz como material para la sustitución al cemento en un 33, 50 y 67%.

La calcinación de este material fue entre 450 °C – 700 °C, durante 2-4 horas.

A efecto de necesidades de resistencia típica en la realización de mortero a bajo coste y a reserva de otras características, este estudio presenta valores suficientes para ser utilizable debido a que la resistencia no aumenta pero se mantiene.

### **Nivel nacional**

Ruiz, A. (2016). En el presente trabajo se ha realizado la comparación de la resistencia a compresión incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar en valores de 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al peso del cemento, siendo esta investigación experimental, se realiza el ensayo a compresión correspondiente para edades de curado de 03, 07 y 14 días. Llegando a determinar que para cada tipo de ceniza incorporada, los resultados han variado notoriamente, cabe decir que se ha logrado incrementar la resistencia con respecto al mortero cemento – arena sin la incorporación de ningún tipo de aditivo en los siguientes porcentajes, con ceniza de cáscara de arroz, incremento la resistencia incorporando 0.5%, para el caso de ceniza de afrecho de cebada, con 0.5% de incorporación y para el caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar con 1% de incorporación, pero entre los tres porcentajes máximos mencionados la resistencia máxima total se ha logrado con la incorporación de 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Cabrera, J. (2015). Esta Industria tiene como residuo principal la cascarilla de arroz, la cual se utiliza como material combustible en múltiples Industrias, ya que permite disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustibles fósiles.

La Ceniza de la Cascarilla de Arroz (CCA) es el residuo sólido de cualquier transformación termoquímica (en nuestro caso combustión) y su uso como materia prima o insumo es el objeto de estudio de esta investigación.

Como objetivo se tiene realizar: un estudio oferta y demanda del Bio – cemento para lograr confirmar que el proyecto tiene un nicho en el mercado, un estudio oferta y demanda de la cascarilla de arroz y demás insumos para confirmar que existe disponibilidad de los mismos (caliza, arcilla, yeso y cascarilla de arroz), establecer indicadores de sostenibilidad ambiental del proyecto con la finalidad de prevenir la posible contaminación del medio ambiente, realizar Diseño de Planta para la elaboración de Fabricación de Bio - cemento y realizar una Evaluación Económica Financiera del Proyecto para la viabilidad del proyecto, la cual es aceptable.

El proyecto de pre factibilidad para instalación de una planta productora de Bio - cemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz para la Región Lambayeque colaborará con el desarrollo, disminuirá la contaminación al ambiente y sus habitantes; además con la presente investigación se le busca utilidad a los residuos Agroindustriales de las arroceras (entre otras) que con el tiempo siguen creciendo.

### **Nivel local**

Coronación, S. (2016). Siendo esta investigación experimental. La presente investigación se basa en la utilización de 2 tipos de materiales para sustituir al cemento (5% de ceniza de cáscara de arroz y 5% de concha de abanico). La activación mecánica de la concha de abanico se dio por 4 horas a 900°C, mientras que la cáscara de arroz se activó térmicamente al horno por 2 horas a 400°C. La investigación consiste en sustituir al cemento 5% de cáscara de arroz y 5% de concha de abanico en mezcla de mortero, para evaluar la resistencia a la compresión a edades de 3, 7 y 28 días. El objetivo del proyecto es mostrar la factibilidad de la aplicación de la cáscara de arroz y concha de abanico como adición al cemento, es decir determinar que son puzolanas artificiales y que por sus características pueden reemplazar ventajosamente un porcentaje de cemento. Se concluye que con una resistencia de 404.97 kg/cm<sup>2</sup> a los

28 días, esta aumenta en un 4% en comparación de la muestra patrón, ubicándose así en la clasificación de tipo M según la ASTM-270, resultando un mortero de alta resistencia a la compresión.

Cribillero M. & Rodríguez A. (2015). Sostiene que la concha de choro calcinada a 800°C durante 1 hora y 30 minutos produce, un compuesto mineralógico que esta principalmente hecho a base del CaO. Las conchas de choro tienen una concentración de CaO 95.546% en peso, respectivamente.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Mediante la presente investigación, se busca determinar la resistencia del mortero elaborado a base de cenizas de cáscaras de arroz y ceniza de conchas de choros con el fin de elaborar un mortero con materiales reutilizables, el cual cumpla con la norma técnica peruana y las especificaciones técnicas ASTM.

El desarrollo de la actual civilización genera gran deterioro del medio ambiente; punto clave es la emisión de contaminantes. La industria de la construcción representa una de las que generan mayor impacto ambiental, especialmente la producción de cemento ya que contamina al ambiente por la emisión del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), razón por la que es necesario el generar y utilizar materiales y componentes constructivos de baja energía incorporada y fácil reintegración al medio ambiente al final de su vida útil. Investigaciones actuales en el campo de los materiales compuestos dirigen sus esfuerzos en el uso de materias primas alternativas.

Una posibilidad la representan algunas técnicas tradicionales utilizadas en Perú, de uso en construcción vernácula, como son morteros de cáscara de arroz, conchas de abanico, conchas de choros, bagazo de caña, hojas de maíz, etc. Estas aplicaciones son de tipo empírico, y aun cuando su eficacia este por comprobarse con hechos, éstas carecerán de sustento científico.

Se busca medir las características del mortero con materiales que están al alcance de la población, uno de los materiales más utilizado y desechado es la cáscara del arroz, la producción de arroz cáscara registró 357 mil 231 toneladas y significó un incremento de 31,0% en comparación al 2015 contribuyendo Ancash con un 17.7% de la producción de la cáscara de arroz a nivel nacional (INEI), de igual manera ocurre con las conchas de choros, del desembarque de los principales recursos de invertebrados el choro aporta con 1.5% (IMARPE), ambos elementos son reutilizables. Mediante investigaciones científicas se encontraron la riqueza que contiene la cascarilla de arroz en SiO<sub>2</sub>, utilizándose, así como un material cementante suplementario el cual podría conducir a la disminución de emisiones de dióxido de carbono causado por la producción del cemento, modificando también las propiedades mecánicas y durabilidad del cemento, mientras que las conchas de choro contienen CaO. Convirtiéndose así en una opción favorable la mezcla de estas dos sustancias, las cuales aportarían a la industria de la construcción.

Hoy en día encontramos morteros en la construcción con una resistencia moderada, los cuales son costosos de cierta manera.

En el presente proyecto tratamos de contribuir con avances tecnológicos para obtener un mortero con modificaciones o efectos en la resistencia, se tendrá en cuenta el aspecto económico para que esté al alcance de la población del distrito de Chimbote.

Se propone la reutilización de desechos y materiales locales de fácil acceso, estos materiales serían cáscara de arroz procedente del distrito de Santa, apiladora "Zavaleta", y las conchas de choro proveniente de las peñas del dorado, Chimbote. Siendo estos materiales ricos en silicio y calcio, con los cuales obtendremos una resistencia en mortero aceptable para la construcción en la sociedad, que de manera indirecta aporta en la economía y en el medio ambiente.

## **PROBLEMA**

### **Realidad problemática**

#### **Nivel internacional**

Sánchez, G. (2011). El mortero, a nivel internacional es el material más utilizado en la construcción, y a menos que haya una revolución en los materiales de construcción, seguirá siéndolo; gran parte de la infraestructura de los países está elaborada con él, por lo que su conocimiento y tecnología son básicos para el ingeniero civil encargado de alguna etapa del proceso constructivo. Es un tema con implicaciones socioeconómicas. El Reino Unido, un país desarrollado, destina 40% de la inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, 4% de su Producto Interno Bruto.

Los problemas de resistencia, durabilidad han afectado diversos tipos de estructuras, las cuales una vez que se presentan ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada. Los problemas de durabilidad no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimientos periódicos.

Una posibilidad la representan algunas técnicas tradicionales utilizadas en México, de uso en construcción vernácula, como son morteros de cal y aditivos como el alumbre o el mucílago de nopal. Estas aplicaciones son de tipo empírico, y aun cuando su eficacia está comprobada con hechos, éstas carecen de sustento científico. Dicha posibilidad puede ser complementada con materias primas de desecho y/o susceptibles de reciclaje, aprovechándolas en la generación de nuevos elementos, para así disminuir el impacto que produce el explotar y producir nuevas fuentes de insumos equivalentes para generar bienes similares.

## **Nivel nacional**

Los cambios estacionales que modifican el clima pueden afectar las construcciones; por ejemplo, la elevación de la temperatura ambiente, la disminución de la humedad relativa, el incremento de la velocidad del viento o el tiempo de radiación solar. Son factores que ocasionan el denominado “clima cálido” o “caluroso”, que exige tecnologías apropiadas para asegurar el buen desempeño del mortero.

Existen casos, como ocurre en la ciudad de Pisco, donde en los meses de verano se incrementa las temperaturas máximas en más de 5 puntos y decrece en igual o mayor dimensión, la humedad relativa y la velocidad máxima del viento. En otra, como la ciudad vecina de Chincha no se cuenta con información meteorológica.

En climas cálidos se incrementa la temperatura del mortero fresco, debido a la mayor temperatura de sus componentes, lo que disminuye la trabajabilidad y acelera el fraguado de las mezclas.

## **Nivel local**

Se puede afirmar que la ciudad de Chimbote se desplanta sobre un depósito potente de arena con niveles superficiales de agua, que es susceptible de sufrir licuación y densificación, produciendo asentamientos diferenciales a las edificaciones. La zona norte comprende San Pedro, Pensacola, Casco Urbano, La Caleta y la Siderúrgica.

En San Pedro existe arena suelta a medianamente densa, con nivel freático a 5.0 metros. En la Siderúrgica existen depósitos de arena fina a media con lentes de limos y gravilla, cubiertos por material orgánico de relleno, con nivel freático de 0.5 a 1.0 metro. El Casco Urbano está constituido por estratos de arena fina a media con lentes de caliche y grava, con nivel freático a 1.50 metros. La Caleta y El Puerto están formados por suelos limo arenosos sueltos con materia orgánica, de espesor 1.5 a 4.0 metros, supra yaciendo arenas medianamente compactas y gravas. Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, de aquí partimos nuestro trabajo de investigación, buscando innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más



pobres, se plantea la sustitución de las cenizas de 9 % por ceniza de cáscara de arroz y 6 % por ceniza de concha de choro, como material puzolánico, por cemento como solución buscando comprobar que añadiendo estos materiales mencionados se pueda modificar la resistencia a compresión de mortero.

### **Formulación del problema**

En la industria arrocera, el principal desecho que se genera es la cascarilla que recubre el grano del arroz. La cascarilla del arroz, compuesta fundamentalmente por fibras, celulosa y minerales, tiene una utilización restringida en el campo de la elaboración de alimentos concentrados para animales, debido a su alto contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), elemento que no sufre disociamiento al quemarse. Debido a su constitución fisicoquímica, la cascarilla es además un desecho de muy difícil biodegradación, esto sumado al hecho de que en las plantas procesadoras de arroz la cantidad de cascarilla generada oscila en cifras cercanas al 25% en peso de la producción total y considerando el muy bajo peso específico de la cascarilla a granel ( $100\text{kg}/\text{m}^3$ ) ocasiona que la evacuación y el transporte de la cascarilla represente un problema considerable que implica unos costos elevados y un impacto perjudicial para el medio ambiente al contaminar las fuentes de agua.

En el caso del uso de los residuos crustáceos como agregado estaría contribuyendo a reducir la explotación de canteras y se les daría uso a estos botaderos de conchas o de peñas ya que estos son materiales renovables, reduciendo al mismo tiempo la contaminación ambiental. Es decir, que en comparación con el cemento Portland, estos materiales puzolánicos, contribuyen a una reducción de costos, económicos y ecológicos, mejorando en la mayoría de los casos la calidad del producto.

Actualmente el estado de las viviendas en nuestra localidad, por ser ubicada en un área geográfica de condiciones geológicas adversas hace que las estructuras de las obras civiles en concreto como morteros sean expuestas y presenten deterioro por su defecto. Por lo cual son preocupantes ya que las condiciones de salubridad, funcionalidad y hacinamiento (agrupar a un grupo de personas en un mismo lugar) son problemas

consecuentes que se da al bajo rendimiento de las edificaciones; es decir presenciamos fallas en algunas partes de su infraestructura y en otras no se terminan de ejecutar esto se debe por el alto costo de los materiales que intervienen en la construcción, de aquí partimos con nuestra investigación, buscando una alternativa de solución para las zonas más pobres que presenciamos a nivel local, nacional e internacional.

Por lo cual formulamos la siguiente pregunta Específica:

**¿En qué medida se modificará la resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de ceniza de concha de choro en comparación a un mortero patrón?**

## CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### **Tecnología de los materiales**

Abanto, F. (2017). La Tecnología de materiales es la disciplina técnica que trata sobre los procesos industriales que nos permiten obtener piezas útiles para conformar máquinas y dispositivos a partir de las materias primas específicas.

La Tecnología de materiales es el estudio y puesta en práctica de técnicas de análisis, estudios físicos y desarrollo de materiales.

### **Propiedad de los materiales**

Gutiérrez, J. (2015). Estas propiedades se ponen de manifiesto ante estímulos como la electricidad, la luz, el calor o la aplicación de fuerzas a un material.

Describen características como elasticidad, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo o comportamiento óptico, que por lo general no se alteran por otras fuerzas que actúan sobre el mismo.

### **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza.

Las propiedades mecánicas principales son: dureza, resistencia, elasticidad, plasticidad y resiliencia.

**Plasticidad:** Capacidad de un material a deformarse ante la acción de una carga, permaneciendo la deformación al retirarse la misma. Es decir, es una deformación permanente e irreversible.

**Dureza:** es la resistencia de un cuerpo a ser rayado por otro. Opuesta a duro es blando. El diamante es duro porque es difícil de rayar. Es la capacidad de oponer resistencia a la deformación superficial por uno más duro.

**Resistencia:** se refiere a la propiedad que presentan los materiales para soportar las diversas fuerzas. Es la oposición al cambio de forma y a la separación, es decir a la destrucción por acción de fuerzas o cargas.

## **Mortero**

Agreda, T. & Magin, K. (2012). Los morteros son mezclas plásticas aglomerantes, que resultan de combinar arena y agua con un aglutinante tal como el cemento portland y otros. Generalmente se utiliza para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de muros, entre otras.

Los morteros de cemento portland es un mortero en el que se utiliza cemento como conglomerantes.

## **Características del mortero**

Porrero, J. (2014).

**Trabajabilidad:** Este conocimiento es primordial en la etapa en que el mortero se mantiene en estado plástico, puesto que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra. Es una característica que contribuye a evitar la segregación y facilita el manejo previo durante la colocación de la mezcla.

Para que la mezcla pueda colocarse fácilmente en las formas y se obtenga un vaciado compacto y denso, es necesario que sea suficientemente plástico.

**Adherencia:** es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el mortero al deslizamiento sobre la superficie del soporte en el que se aplica.

Se mejora mediante un mayor incremento de cemento y cal y mediante el uso de finos arcillosos en la arena.

**Fraguado:** se define como fraguado el cambio de estado físico que sufre una pasta desde una condición blanda hasta una condición de rigidez.

**Resistencia mecánica a la compresión:** Determina la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

### **Tipos de mortero**

Tabla N° 01: Tipos de mortero.

Tipo de mortero	Resistencia (mayor o igual)
M	175 Kg/cm <sup>2</sup>
S	125 Kg/cm <sup>2</sup>
N	50 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Tipos de mortero, norma ASTM-270

### **Componentes del mortero**

#### **Cemento portland:**

Harmsen, T. (2002). El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

#### **Componentes Químicos:**

Silicato tricalcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato dicalcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricalcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

Aluminio- ferrito tetracalcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: Óxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla N° 02: Componentes químicos del cemento

%	Componente químico	Procedencia usual
	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
95%<	Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Óxido de Hierro (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: Componentes químicos del cemento, Fondo Editorial

### Tipos de Cementos:

Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tabla N°03: Composición química del cemento tipo I

Componentes	Cemento Pacasmayo tipo I
Óxido de Sílice: SiO <sub>2</sub>	20.5%
Óxido de Hierro: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.14%
Óxido de Aluminio: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.07%
Óxido de Calcio: CaO	62.92%
Óxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: SO <sub>3</sub>	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R.I	0.68%
Cal Libre: Cao	1.10%
Álcalis: Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O	0.22%
Silicato Tricalcico: C <sub>3</sub> S	44.70%

Fuente: Componentes químicos del cemento tipo I, Cementos Pacasmayo

### **Agregado fino**

Gerardo, A. (2013). El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (74um)

### **Propiedades físicas:**

El fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según especificaciones técnicas de las normas peruanas.

**Gradación:** Para la gradación de la arena se utiliza las mallas N° 04 el cual debe pasar en un 100% todo el material, además de las mallas N° 08, 16, 30, 50, 100 y 200; el agregado no debe tener más de 50% de retenido en dos mallas consecutivas y a la vez debe tener como máximo 25% entre la malla N° 50 y 100.

Tabla N° 04: Gradación

Malla	% que pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	20 a 40
N° 100 (0.15 mm)	10 a 25
N° 200 (0.075 mm)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.051

### **Agua**

Marqués, E. (2015). El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento,

pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla usándola como curado en obras de estructuras de concreto pasando los 28 días.

El agua de mezclado ocupa normalmente entre el 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado.

Tabla N°05: Límites permisibles del agua.

Descripción	Límite permisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

Fuente: Requisitos para agua de mezcla, Norma Técnica Peruana 339.088

## Dosificación de morteros

### Dosificación de Norma NTP 334.051

Tabla N°06: Dosificación de norma NTP 334.051 para 6 cubos.

	Agua (g)	Cemento (g)	Agregado fino (g)
Masa	242	500	1375
Proporciones	0.485	1.00	2.75

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.051

Para 3 cubos:

### Dosificación de norma para 3 cubos

Tabla N° 07: Dosificación de norma para 3 cubos.

	Agua (g)	Cemento (g)	Agregado fino (g)
Masa	121	250	687.5

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.051



## Concreto puzolánico

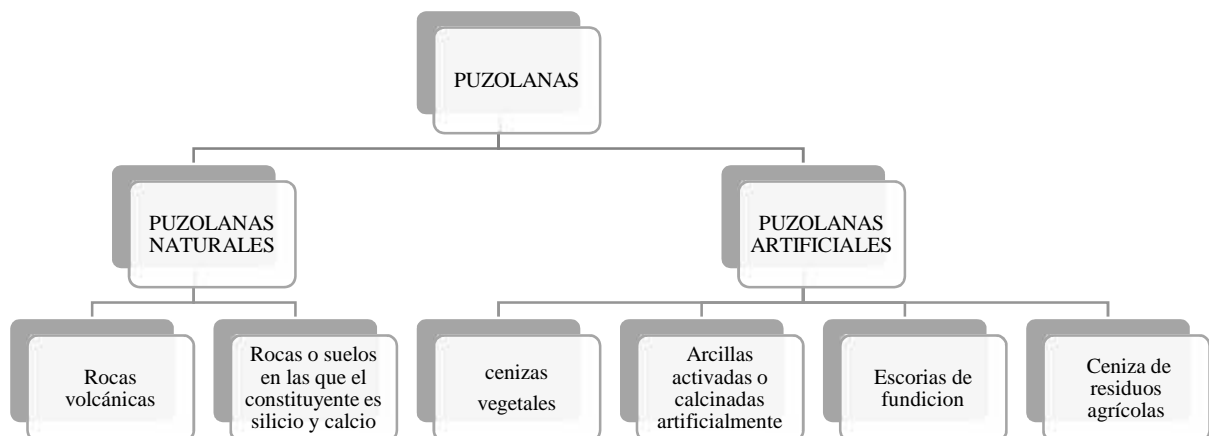
Villegas, A. (2012). Los concretos puzolánicos consisten en el reemplazo parcial del cemento portland por materiales con características puzolánicas. La puzolana es un material natural o artificial que contiene silicio en forma reactiva. La norma ASTM C 618 describe la puzolana como un material silicio o aluminoso el cual, en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes.

Como sabemos, el hidróxido de calcio se forma como uno de los productos de la hidratación del cemento. Este compuesto no tiene valor cementante y es soluble en agua y puede ser lixiviado por filtraciones de agua

### Clasificación de las puzolanas:

Los materiales que tienen la capacidad necesaria para cumplir con los requisitos de la definición de puzolana son muy numerosos, estos materiales se clasifican de acuerdo a su origen:

Gráfico N°01. Clasificación de las Puzolanas



Fuente: Villegas, A. (2012). Concreto Puzolánico

## **Puzolanas Artificiales**

Martínez, I. (2011). Cenizas de residuos agrícolas. La ceniza de cascarilla de arroz, las cenizas del bagazo y de la paja de la caña de azúcar. Cuando son quemados conveniente, se obtiene un residuo mineral rico en silicio y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura combustión

## **Puzolanas utilizadas en la investigación**

En esta investigación se tomara la siguiente puzolana como aditivo para el cemento, esto debido a sus altos contenido de silicio y calcio además de ser materiales de desecho de la industria y reutilizables.

## **Ceniza de cáscara de arroz**

### **Materia prima:**

Aliaga, A. (2017). La cáscara de arroz, también denominada “pajilla” se obtiene del proceso de pilado, en el cual la cáscara se separa haciendo pasar el arroz en cáscara entre rodillos de jebe, luego de una operación previa de limpieza.

La cáscara de arroz posee una superficie áspera y abrasiva, es muy resistente a la degradación natural y debido a su bajo contenido de proteínas no es apropiada para forraje de animales, hechos que dificultan su aprovechamiento económico.

Se cree que la sílice en la cáscara de arroz existe en forma opalina (una forma amorfa e hidratada de sílice). Aparentemente la sílice es tomada del suelo y transportada a la planta de arroz como ácido Mono silícico, el cual llega a concentrarse en las cáscaras por evaporación y finalmente polimeriza a la forma de membrana sílice-celulosa.

### **Material:**

Muchas cenizas de plantas tienen un alto contenido de sílice por lo que son aptas como puzolanas. Recientemente se han efectuado investigaciones para identificar qué tipo de plantas producen puzolana de buena calidad y que por su cantidad puedan ser susceptibles de explotación. La cáscara del arroz ha demostrado tener la potencialidad máxima por las siguientes razones:

Es disponible en grandes cantidades en varias partes del mundo.

Cuando es quemada produce bastante ceniza (una tonelada por cinco de cáscara).

Típicamente contiene un 90% de sílice por lo que es una excelente puzolana.

La desventaja de la cáscara de arroz consiste en que, para hacerla altamente puzolánica, es necesario tener bien controlada su quema.

La temperatura no debe pasar de 700°C, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad. Se utiliza en la producción de cemento en el Asia, particularmente en la India; y está en investigación en las áreas del África donde se cultiva arroz.

Otro de los factores positivos que presenta la cascarilla de arroz es que al ser calcinada produce una gran cantidad de ceniza, entre el 13% y el 29% del peso inicial, y el contenido de sílice que presenta es altísimo, entre el 87% y el 97%.

Además, presenta pequeñas cantidades de sales orgánicas, que constituyen impurezas eliminables con reflujos en medio ácido. A parte de la sílice, la cascarilla de arroz contiene cerca de un 85% de sustancias orgánicas, como celulosa o lignina.

El uso de ceniza de cáscara de arroz (C.C.A) reactiva como material cementante suplementario puede conducir a la reducción de emisiones de dióxido de carbono causada por la producción de cemento. También puede mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad de concretos y morteros.

La ceniza de cáscara de arroz es obtenida por medio de la quema de la cáscara de arroz, y se ha encontrado que tiene buenas características como material puzolánico.

## Composición química de la cáscara de arroz y de la ceniza de cáscara de arroz:

Tabla N° 08: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de cáscara de arroz

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39.1	Ceniza de sílice (SiO <sub>2</sub> )	94.1
Hidrógeno	5.2	Óxido de Calcio (CaO)	0.55
Nitrógeno	0.6	Óxido de Magnesio (MgO)	0.95
Oxígeno	37.2	Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	2,10
Azufre	0.1	Óxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.11
Cenizas	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.05
		Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.12
		Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.82
Total	100.0	Total	100.0

Fuente: Varón CJ. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz.

**Accesibilidad:** La cáscara de arroz la encontramos en el distrito de Santa “Apiladora Zavaleta” – a 20 minutos de Chimbote.

### Productividad de la cáscara de arroz

Producción de arroz cáscara se incrementó en 31.0% en abril de 2016

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que, en abril del presente año, la producción de arroz registró 357 mil 231 toneladas y significó un incremento de 31,0% en comparación al mes del 2015, debido a la mayor producción registrada en el departamento de La Libertad (241.9%) como resultado de las favorables condiciones climatológicas en la costa norte.

También, contribuyeron con este resultado, la mayor producción de cáscara de arroz se dio en Loreto (100.2%), Puno (97.3%), Cusco (40.2%), Áncash (17.7%) y Huánuco (12.4%).

En cambio, disminuyó la producción de este cereal en los departamentos de Pasco (-65.3%), Madre de Dios (-54.7%), Junín (-41.1%), Cajamarca (-25.7%), Amazonas (-25.4%), Ucayali (-15.6%), Arequipa (-10.8%) y San Martín (-3.2%) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y INFORMATICA, (2016)

### **Ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*)**

#### **Materia prima:**

Álamo, V. (2011). Menciona al choro (*Aulacomya atra*) como un bivalvo de concha mitiliforme de color negro brillante o negro violáceo o azulado, con su borde dorsal redondeado y su parte más alta hacia la mitad de la valva; el borde ventral es generalmente recto, a veces cóncavo. Presenta estrías radiales bien marcadas, en ocasiones cruzadas por finas estrías transversales, independientes de las líneas de crecimiento.

Esta especie vive alrededor de los 2 años agregando que su crecimiento es del tipo lineal y muy rápido.

Consideran que es una especie de molusco bivalvo filtrador de la familia Mytilidae nativa de América del Sur, donde se la encuentra en las costas de Perú y todo Chile.

El calcio es absorbido por el choro y recorre por toda su flujo sanguíneo luego se cristaliza en la segunda capa de la concha del choro.

#### **Material:**

Cribillero M. & Rodríguez A. (2015). Sostiene que la concha de choro calcinada a 800°C durante 1 hora y 30 minutos produce, un compuesto mineralógico que está principalmente hecho a base del CaO. Las conchas de choro tienen una concentración de CaO 95.546% en peso, respectivamente. Que sustituyendo al cemento en morteros beneficia a resistencia a la compresión en morteros

Tabla N° 09: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de concha de choro

Ceniza de concha de choro		Resultados(%) 890°C por 1 <sup>1/2</sup> horas	
Composición química		(% Óxidos)	(% Normalizado)
Óxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.3527	20.870
Óxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	2.511	3.021
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	0.118	0.142
Dióxido de Cloro	ClO <sub>2</sub>	0.118	0.226
Óxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	0.078	0.094
Óxido de Calcio	CaO	62.335	74.975
Óxido de fierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.022	0.027
Óxido de Nitrógeno	Ni <sub>2</sub> O	0.006	0.007
Óxido de Cobre	CuO	0.016	0.020
Óxido de Zinc	ZnO	0.002	0.002
Óxido de Estroncio	SrO	0.072	0.086
Dióxido de Zirconio	ZrO <sub>2</sub>	0.002	0.003
Óxido de Cadmio	CdO	0.174	0.210
Óxido de Estaño	Son	0.249	0.288
Total		83.141	100.00

Fuente: UNMSM-Laboratorio de Archeometria-FRXDE

### **Accesibilidad:**

Local: La concha de choro (*AULACOMYA ATRA*), se encuentra en la playa “El dorado” – Chimbote, a 45 minutos del centro de Chimbote

### **Productividad de la concha de choro:**

#### **Desembarques de los principales recursos de invertebrados marinos.**

El desembarque de invertebrados marinos en el litoral peruano durante el segundo trimestre de 2017 fue de 14 313.5 t. El choro ocupado el 1.5% en cuanto a desembarcaciones a nivel nacional (IMARPE) 2 -3 mil t/año.

El desembarque de choro fue de 0.01 t (preliminar a mayo), proveniente de Punta Huacha (100.0%). La CPUE mensual fue de 0.01 t/viaje en el mes de abril, en mayo no se registraron desembarques.

Las tallas en junio estuvieron comprendidas entre 45 y 94 mm de longitud, con media en 67.3 mm y con ejemplares menores a la talla comercial (65 mm) en 39.9%. %. Reproductivamente, predominaron hembras en procesos de desove (47.0%) y en maduración (45.5%).

### **Procedimiento para la mezcla de morteros**

Se coloca la paleta mezcladora y el recipiente de mezclado secos en su posición de trabajo en la mezcladora. Luego se introducen los materiales para una amasada en el recipiente y se mezclan en la siguiente forma:

Se vierte toda el agua de mezclado en el recipiente.

Se agrega el cemento al agua y se mezcla durante 30s a la velocidad lenta.

Se agrega lentamente la totalidad de la arena en un periodo de 30s, mientras se mezcla a la velocidad lenta.

Se detiene la mezcladora, se cambia a velocidad media y se mezcla durante 30s.

Se detiene la mezcladora y se deja reposar el mortero durante 90s. durante los primeros 15 s de este intervalo, se arrastra hacia el fondo con el raspador, el mortero adherido a la pared del recipiente. Durante el resto del intervalo, se tapa el recipiente.

Se mezcla durante 60s a la velocidad media.

### **Resistencia a la compresión**

La resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento, la estructura que se logra, integrada por los granos de arena rodeados por la pasta del cemento endurece poco a poco convirtiéndose con el tiempo en una piedra artificial. Los investigadores han llegado a correlacionar de manera exhaustiva la resistencia del mortero con la relación por peso entre el agua y el cemento, esta relación se denota  $a/c$ . la siguiente figura muestra la correlación entre ambos, y como a manera que aumenta le relación agua /cemento, disminuye la resistencia de mortero.

## **HIPÓTESIS**

Al sustituir el cemento el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza concha de choro, se podría obtener precursores puzolánicos de sílice y calcio respectivamente el cual en combinación modificaría la resistencia a compresión de un mortero experimental en comparación a un mortero patrón.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la resistencia a la compresión de un mortero, sustituyendo al cemento el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por concha de choro, comparándolo con un diseño de mortero patrón.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar la temperatura de calcinación de la concha de choro y la cáscara de arroz, mediante un análisis térmico diferencial, para luego activarlo térmicamente.
- Caracterización de los materiales:
  - a. Determinación de la composición química y de la ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro por fluorescencia de Rayos x.
  - b. Determinación de pH y peso específico de la ceniza de cáscara de arroz y concha de choro en combinación del 9% y 6% respectivamente.
- Determinación del porcentaje de fluidez del mortero, mediante ensayo en la mesa de fluidez.
- Elaborar las mezclas de mortero homogéneas determinando las proporciones de mezcla y relación agua-cemento del mortero patrón y experimental con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro.
- Determinar y comparar la resistencia de los cubos de mortero con la sustitución de 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por concha de choro, con un diseño patrón.



## **METODOLOGÍA**

## **Métodos de investigación**

El método de investigación que se aplica es la experimentación, ya que se utilizan nuevos tipos de materiales para la elaboración de un mortero, aplicando 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de concha de choro, en la sustitución del cemento en el diseño de mezcla del mortero, y en el cual lo comparamos con un mortero convencional.

El método experimental se apoya en pruebas, ensayos, repetición, laboratorio especializados. La mayor parte del estudio, se realizará en el laboratorio, observando y debatiendo los resultados obtenidos.

Por ende, se diría que nuestra investigación está orientada al nivel experimental, ya que se buscó dos materiales que mediante su combinación se convirtieron en precursores puzolánicos, cumpliéndose así el aumento de la resistencia del mortero de acuerdo a la Norma Técnica Peruana y las Especificaciones Técnicas ASTM, y a la vez el costo sea más accesible para la población.

## **Tipo y diseño de investigación**

### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación correspondiente es de tipo cuasi-experimental, precedentemente los resultados de los mismos son utilizados para la solución de problemas relacionados al mortero y generando obras alternativas de diseñar viviendas con mayor durabilidad, sirve como una técnica nueva para el proceso constructivo. Se logró consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso constructivo.

Nuestra investigación es cuasi-experimental, porque se trata de un experimento en donde el investigador manipula una variable y controla/aleatoriza el resto de las variables. Cuenta con un grupo de control, y el investigador sólo pone a prueba un efecto a la vez.

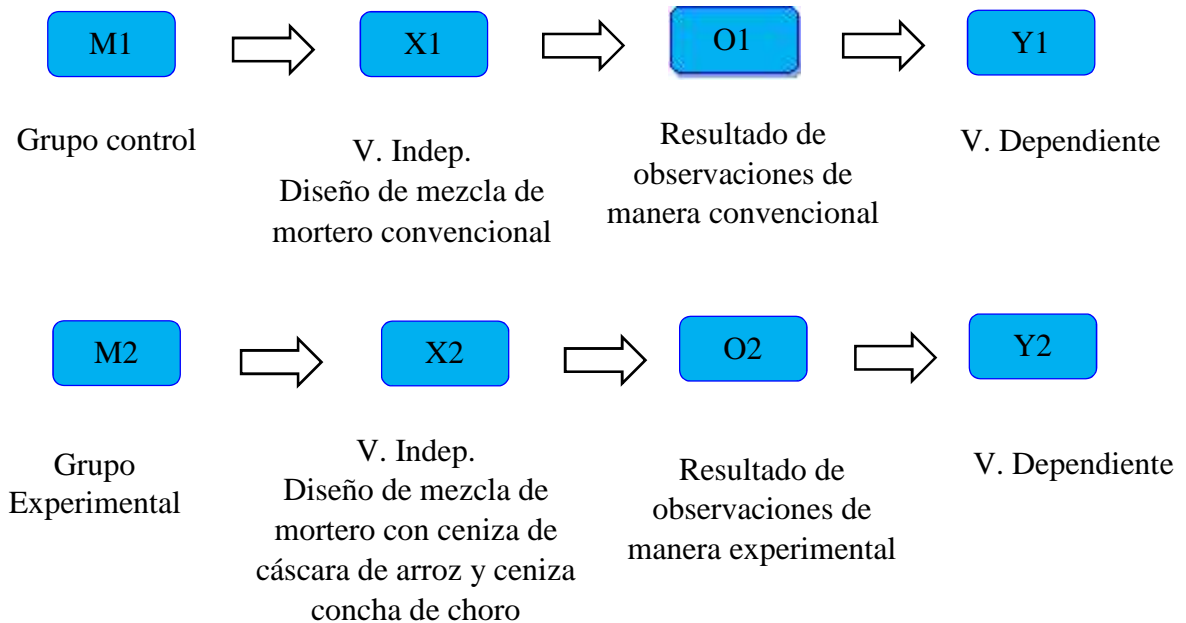
Asimismo se buscó resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, ya que teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, se comprobó de manera

experimental la resistencia a la compresión de un mortero utilizando 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de ceniza de concha de choro, en comparación de un mortero convencional.

### Diseño de investigación

El diseño que le corresponde a esta investigación es experimental de nivel cuasi-experimental, porque se evaluaron las dos muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtendrá los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control y Grupo Experimental, en donde se utilizó como material el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro en relación al proceso de un mortero experimental con el de un mortero convencional.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Dónde:

M1: Muestra 1 de elementos en grupo control (Morteros convencional).

M2: Muestra 2 de elementos en grupo experimental (Morteros elaborados de manera experimental, sustituyendo 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro).

X1: Variable independiente (Diseño de mezcla de mortero elaborado de manera convencional).

X2: Variable independiente (Diseño de mezcla de mortero sustituyendo 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro)

Y1: Variable dependiente (Resistencia a la compresión de un mortero elaborado de manera convencional).

Y1': Variable dependiente (Resistencia a la compresión de un mortero modificado).

O1: Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo control.

O1': Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo experimental.

## **Población y muestra**

### **Población**

Conjunto de morteros elaborados de manera convencional y experimental sustituyéndole 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de ceniza concha de choro, para elaborar 24 morteros (12 morteros patrón y 12 morteros experimental), el cual es la población adoptada, según la NTP 334.051 nos dice que son 3 especímenes por tiempo curado, siendo nuestro tiempo ensayo de 3, 7, 28 y 60 días según NTP 334.090 siendo requisitos ya establecidos por dicha norma.

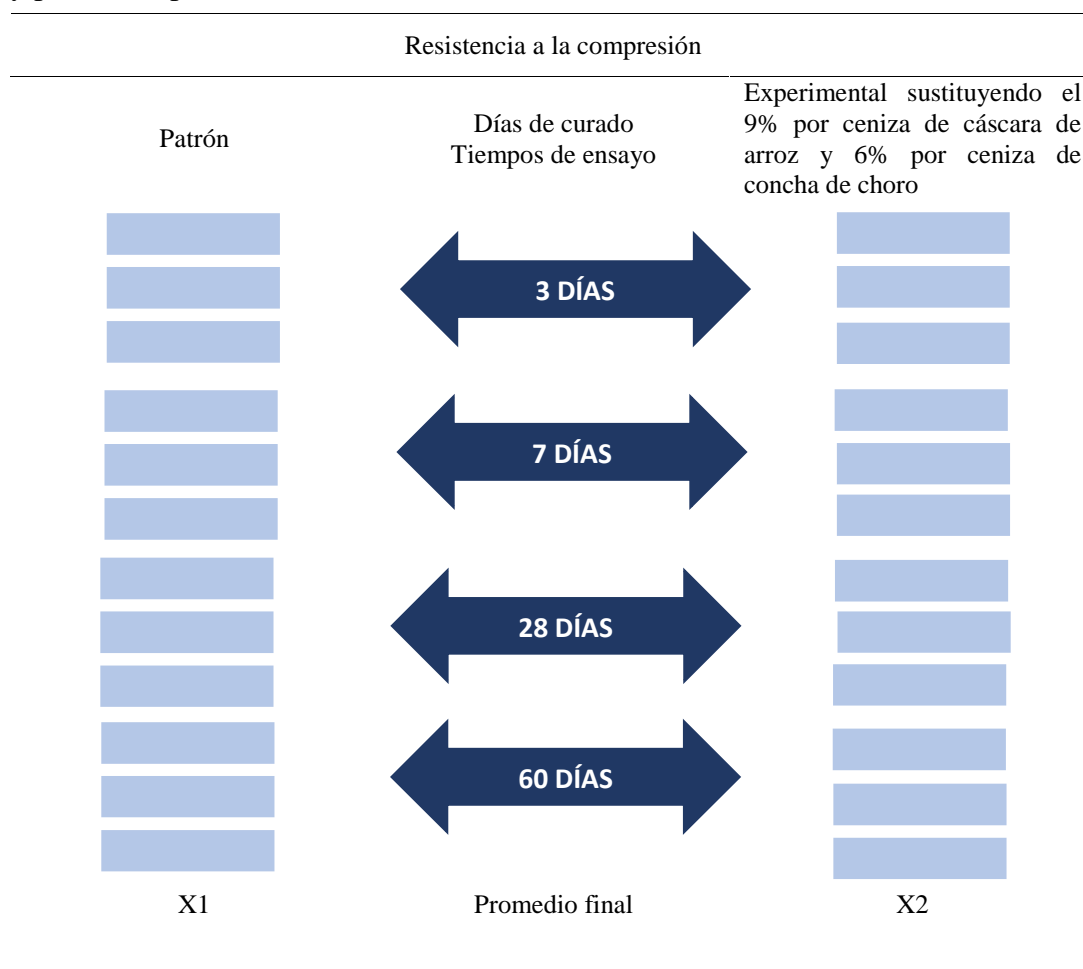
N: Conformado por 24 morteros

## Muestra

Utilizamos testigos (probetas cubicas de mortero de 5 x 5 x 5 cm), los cuales se experimentaron en el laboratorio de mecánica de suelos, para fundamentar nuestra hipótesis.

La muestra fue de un conjunto de 24 morteros (tanto convencionales como experimentales) formando cada grupo de 12 especímenes patrón y 12 especímenes experimentales según la Norma Técnica Peruana 334.051. Nos dice que son 3 especímenes por tiempo curado, siendo nuestro tiempo ensayo de 3, 7, 28 y 60 días según NTP 334.090 siendo requisitos ya establecidos por dicha norma.

Para efectuar los ensayos, se usó el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro para determinar la resistencia a la compresión de ambos grupos y poder compararlos.



## Técnica e instrumento de investigación

A través de los ensayos de laboratorio para las muestras , en forma visual y analítica determinaremos las propiedades físicas y químicas y a la vez en situación de probeta de mortero obtendremos el comportamiento y resistencia de los materiales de la zona de estudio del presente proyecto, el cual se realizó los ensayos técnicos en laboratorio de mecánica de suelos y en el laboratorio de física de la Universidad San Pedro para desarrollar las pruebas de resistencia a la compresión de morteros.

En el proyecto de investigación se utilizó las técnicas del laboratorio y de las normas, ya que nos permite clasificar los materiales y evaluar las probetas de morteros, que con el uso de las máquinas para la resistencia a compresión de probetas de mortero nos brindó la información que deseamos obtener positivamente.

Técnicas de recolección de información	Instrumento	Ámbito de la investigación
La observación científica	Guía de observación resumen  Fichas técnicas de laboratorio	Muestreo:  Grupo control (Diseño de mortero Convencional)  Grupo experimental (Diseño de mortero sustituyendo 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de ceniza concha de choro)

Siendo un proyecto de investigación con un nivel de investigación cuasi-experimental y realizar ensayos de las muestras en un laboratorio, se optó por usar como técnica de investigación: la observación científica. (Guía de observación como instrumento), en donde se comparó la variación de la resistencia a medida que llegue a su fraguado final, y el comportamiento de los agregados que se utilizaron en nuestro diseño de mezcla ya sea para un mortero convencional o un mortero sustituyendo el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro, la cual nos brindó una

resistencia para cada tipo de mortero (experimental o convencional). Teniendo en cuenta así que el material que se utilizó en nuestro diseño de mortero fue evaluado por una serie de ensayos ya que dichos ensayos son los que determinaron si los materiales son buenos para nuestra mezcla, por ello se tuvo en cuenta los siguientes ensayos.

**Los Instrumentos serán tomados con respecto a los siguientes ensayos:**

Ensayo Granulométrico

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X

Diseño de Mezcla

Ensayo de Fluidez

Elaboración de Unidades

Ensayo a la Comprensión

La Guía de Registro realizados por nosotros mismos, para ver el avance de nuestros morteros se tomará de acuerdos a los 3, 7, 28 y 60 días.

Para los cálculos y para el análisis de los resultados arrojados en el laboratorio de mecánica de suelos nos basamos con la ayuda de los programas.

En los ensayos que se realizaron se contó con expertos en laboratorio de suelos.

Se utilizaron elementos como cámara fotográfica y demás instrumentos que permitirán registrar y evidenciar lo planteado en el presente perfil del proyecto.

**Procesamiento y análisis de los datos**

Se aplicó los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

**Métodos descriptivos**

Dentro de los métodos descriptivos, la recolección de datos se clasificó sistemáticamente y se presentó en tablas estadísticas de distribución de frecuencias, además para visualizar mejor el comportamiento de variables se construyó gráficos

estadísticos y se calculó medidas estadísticas como: Media aritmética, Moda, Varianza, desviación estándar.

### **Métodos estadísticos inferenciales**

Se aplicó la prueba de hipótesis: diferencia de medias, para comprobar científicamente la hipótesis de trabajo formulada.

Así mismo se aplicó análisis de varianza para evaluar y comparar la variabilidad de la información en los grupos de estudios respectivos.

Para proyectar e inferir los resultados obtenidos de la muestra hacia la población, se aplicó la estimación de parámetros, en este caso de la media poblacional y varianza poblacional.



## **RESULTADOS**

**Determinar la temperatura de calcinación y activación térmica.**

**Muestra: ceniza de cáscara de arroz**

Curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico

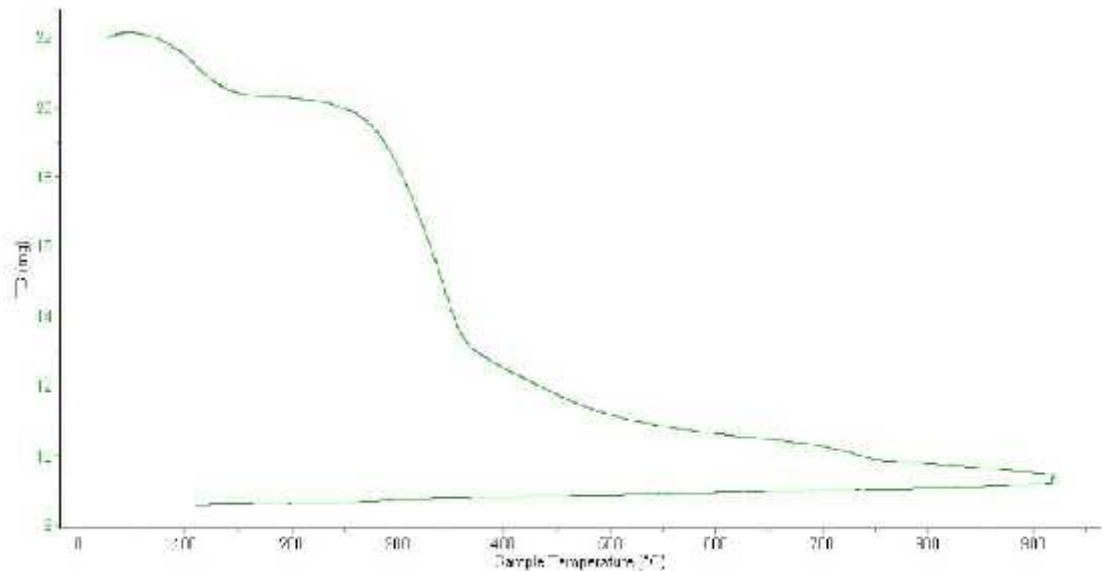


Gráfico N° 02: Análisis termo gravimétrico – Ceniza de cáscara de arroz.

Fuente: UNT-Laboratorio de polímeros

En la gráfica N° 02 se observa dos importantes pérdidas de masa de la muestra de ceniza de cáscara de arroz, la primera entre los 80 y 115°C y la segunda pérdida se desarrolla entre los 250 y 360°C, desde ahí se da una pérdida de masa más lenta hasta 900°C.

El material experimenta una pérdida de masa de aproximadamente 60% de su masa inicial cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.

## Curva calorimétrica análisis térmico diferencial

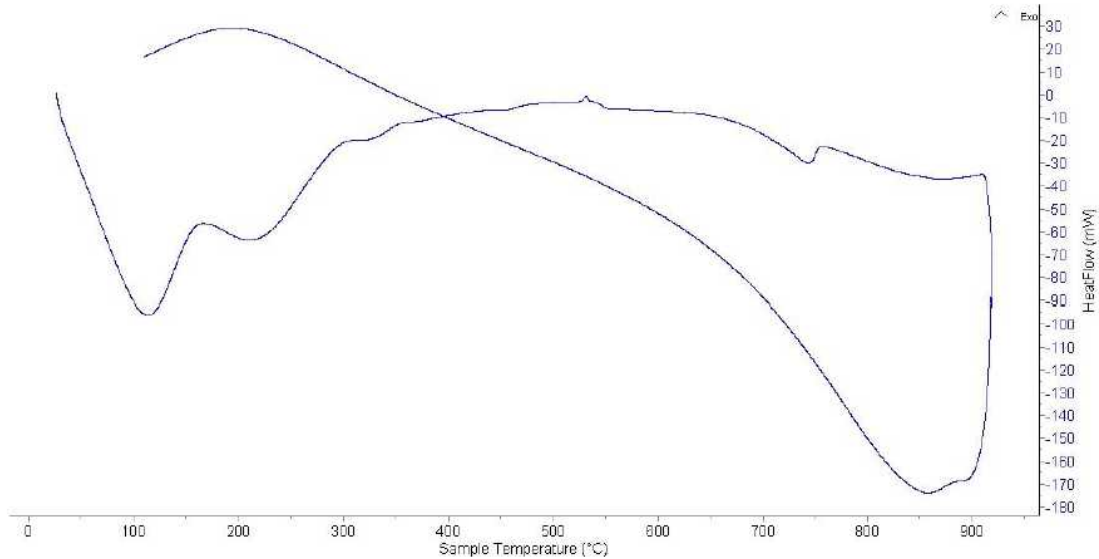


Gráfico N° 03: Curva Calorimétrica – Ceniza de cáscara de arroz

Fuente: UNT-Laboratorio de polímeros

De acuerdo al gráfico N° 03, la curva muestra una región endotérmica aproximadamente a las 110° y otras regiones pequeñas entre los 110 y 190°C.

También se observa un ligero pico de absorción térmica alrededor de 750°C donde puede existir cambio en las características del material.

## Muestra: ceniza de concha de choro

Curva de pérdida de masa - análisis termo gravimétrico

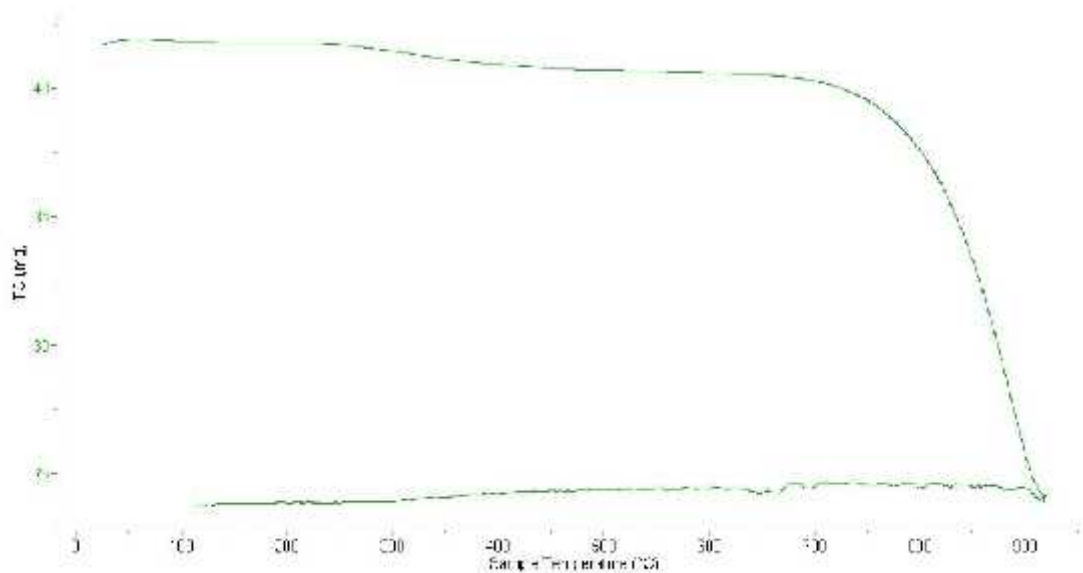


Gráfico N° 04: Análisis termo gravimétrico – Ceniza de concha de choro

Fuente: UNT-Laboratorio de polímeros

En el gráfico N° 04 se observa una estabilidad térmica con una pérdida mínima hasta los 700°C a partir del cual se da una pérdida más intensa hasta los 920°C hasta donde se obtuvo una pérdida total aproximadamente de 44% de su masa inicial cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo

## Curva calorimétrica análisis térmico diferencial

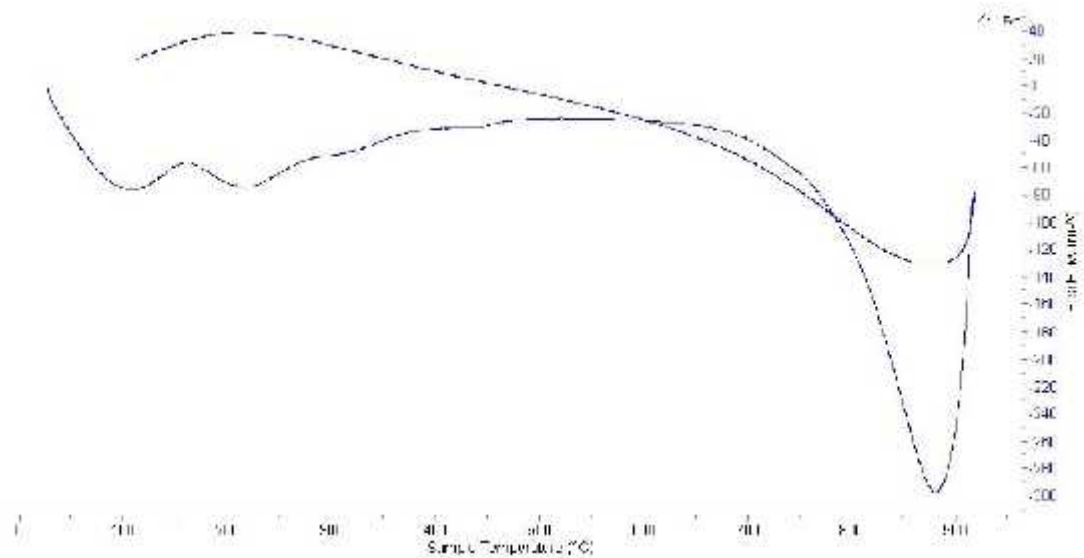


Gráfico N° 05: Curva Calorimétrica – Ceniza de concha de choro

Fuente: UNT-Laboratorio de polímeros

En la gráfica N° 05 se observa una curva que muestra una ligera región endotérmica a aproximadamente a 100°C y otra entre la región 190°C y 240°C. Luego se observa un gran pico de absorción térmica alrededor de 890°C lo que indica un gran cambio en las características del material

## **Calcinación del material**

### **Muestra: Ceniza de cáscara de arroz**

Se procedió al calcinado de la ceniza de cáscara de arroz a 360 °C por 2 horas.

El tiempo de calcinación se tomó en cuenta de los antecedentes.

Tabla N° 10: Pesos de ceniza de cáscara de arroz antes y después de calcinar

Muestra	Peso antes de calcinar	Peso después de calcinar
Ceniza de cáscara de arroz	1122.6 g	626.9 g

Hubo una pérdida de 495.7 gramos (44.16%) de masa, para nuestros ensayos de mortero se usaran 90g de la muestra para la sustitución del cemento.

### **Muestra: Ceniza de concha de choro**

Se procedió al calcinado de la Ceniza de concha de choro a 890 °C por 1 ½ horas

El tiempo de calcinación se tomó en cuenta de los antecedentes.

Tabla N° 11: Pesos de ceniza de concha de choro antes y después de calcinar

Muestra	Peso antes de calcinar	Peso después de calcinar
Ceniza de concha de choro	2658.1 g	2355.0 g

Hubo una pérdida de 303.1 gramos (11.40%) de masa, para nuestros ensayos de mortero se usaran 60g de la muestra para la sustitución del cemento.

## Caracterización de los materiales

### Composición química de la ceniza de cáscara de arroz

Tabla N° 12: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de cáscara de arroz

Ceniza de cáscara de arroz		Resultados (%) 360°C por 2 horas	
Composición química		(% Óxidos)	(% Normalizado)
Trióxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.781	5.952
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	69.973	87.135
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	0.462	0.575
Dióxido de Cloro	ClO <sub>2</sub>	0.665	0.828
Óxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	3.319	4.132
Óxido de Calcio	CaO	0.678	0.844
Óxido de Titanio	TiO	0.025	0.031
Óxido de Manganeso	MnO	0.161	0.200
Trióxido de Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.216	0.369
Trióxido de Níquel	Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.005
Óxido de Cobre	CuO	0.014	0.019
Óxido de Zinc	ZnO	0.011	0.014
Óxido de Rubidio	Rb <sub>2</sub> O	0.007	0.008
Óxido de Estroncio	SrO	0.003	0.003
Dióxido de Zirconio	ZrO <sub>2</sub>	0.005	0.006
Total		80.323	100.00

Fuente: UNMSM-Laboratorio de Archeometria-FRXDE

Según tabla N° 12, mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X, se obtuvo resultados favorables en cuanto a la composición química ya que se esperó un porcentaje elevado en Óxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) que tenga semejanza con la composición química del cemento.

La composición química de la ceniza de cáscara de arroz cuenta con 87.135% de Óxido de Silicio el cual permitirá obtener una buena resistencia y mantenerla.

Así mismo la presencia del Óxido de Calcio (0.844%) y el Trióxido de Hierro (0.369%) van a colaborar para que se alcance una óptima resistencia.

### Composición química de la ceniza de concha de choro

Tabla N° 13: Composición química expresada como óxidos de la ceniza de concha de choro

Ceniza de concha de choro		Resultados(%) 890°C por 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> horas	
Composición química		(% óxidos)	(%normalizado)
Trióxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.3527	20.870
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	2.511	3.021
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	0.118	0.142
Dióxido de Cloro	ClO <sub>2</sub>	0.118	0.226
Óxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	0.078	0.094
Óxido de Calcio	CaO	62.335	74.975
Trióxido de Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.022	0.027
Óxido de Nitrógeno	Ni <sub>2</sub> O	0.006	0.007
Óxido de Cobre	CuO	0.016	0.020
Óxido de Zinc	ZnO	0.002	0.002
Óxido de Estroncio	SrO	0.072	0.086
Dióxido de Zirconio	ZrO <sub>2</sub>	0.002	0.003
Óxido de Cadmio	CdO	0.174	0.210
Óxido de Estaño	SnO	0.249	0.288
Total		83.141	100.00

Fuente: UNMSM-Laboratorio de Arqueometria-FRXDE

En la tabla N° 13 mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X, se obtuvo resultados favorables en cuanto a la composición química ya que se esperó un elevado contenido de Óxido de Calcio en la ceniza de concha de choro.

Se obtuvo un 74.975% de Óxido de Calcio y 3.021% de Dióxido de Silicio el cual va a proporcionar una buena resistencia.

La presencia elevada de Trióxido de Aluminio con 20.87% puede interferir en el fraguado y falta de plasticidad, afectando también a la resistencia.



## **Análisis de pH**

Tabla N° 14: Ensayo de pH

Muestra	Peso (g) - Ensayo	pH
Cemento	10	12.77
Ceniza de cáscara de arroz	10	10.34
Ceniza de concha de choro	10	13.10
Cemento 85% + 9% ceniza de cáscara de arroz + 6% ceniza de concha de choro	10	11.81

Fuente: Laboratorio Físico Químico - COLECBI

Según la tabla N° 14, se observan como resultados que los materiales son altamente alcalinas, lo cual origina la reacción de los agregados reactivos.

## **Peso específico**

Tabla N° 15: Ensayo de peso específico

Muestra	Peso (g) - Ensayo	Peso Especifico
Ceniza de cáscara de arroz	64	2.963
Ceniza de concha de choro	64	2.671
Cemento 85% + ceniza de cáscara de arroz 9% + 6% ceniza de concha de choro	64	3.168

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales.

Según tabla N° 15, ambos materiales en combinación son semejantes al cemento en cuanto al peso específico.

## Determinar el porcentaje de fluidez del mortero

### Fluidez de mortero patrón

Se realizó el método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento portland en base a la norma NTP 334.057, siguiente relación a/c:

Relación a/c= 0.485:1

Se obtuvieron 4 medidas luego de realizar el ensayo:

- 14.10
- 12.70
- 13.71
- 13.72

Con promedio de 13.56 cm

Lo cual llevado a la fórmula de % de fluidez

$$\%Fluidez = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 10.16}{10.16} * 100$$

$$\%Fluidez = \frac{13.43 - 10.16}{10.16} * 100$$

$$\%Fluidez = 33.44\%$$

La NTP 334.051 nos da la relación a/c 0.485:1, la cual nos da un porcentaje de fluidez de 33.44%, con el cual trabajaremos haciendo que nuestra fluidez experimental se aproxime a la fluidez patrón, para tener la misma trabajabilidad.

## Fluidez de mortero experimental

Se realizó el método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento portland según la NTP 334.057 para patrón dándonos como resultado %Fluidez = 30.80%, trabajando en mortero experimental tratamos de aproximarnos al %Fluidez del patrón agregándole 16.5 gramos más de agua.

Se obtuvieron 4 medidas luego de realizar el ensayo:

- 12.84
- 13.42
- 13.71
- 13.80

Con promedio de 13.44 cm

Lo cual llevado a la fórmula de % de fluidez

$$\%Fluidez = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 10.16}{10.16} * 100$$

$$\%Fluidez = \frac{13.56 - 10.16}{10.16} * 100$$

$$\%Fluidez = 32.31\%$$

En base al resultado de fluidez del mortero patrón le agregamos 16.5 gramos de agua aproximando nuestro porcentaje de fluidez experimental con 32.31% y así tener la misma trabajabilidad, siendo la nueva relación a/c: 0.551:1

**Determinar las proporciones de mezcla y relación agua/cemento del mortero patrón y experimental**

**Proporción de mezcla y relación agua cemento para mortero patrón**

Tabla N°16: Pesos de arena gradada para mortero – propuesta

N° malla	Peso retenido (500g)	Peso para 2 cubos (g)	Peso para 3 cubos (g)
# 4	0.00	0	0
# 8	18.70	17.14	25.71
# 16	103.30	94.69	142.03
# 30	145.60	133.46	200.20
# 50	94.10	86.25	129.38
#100	30.90	28.33	42.49
# 200	85.90	78.74	118.11
Plato	21.50	19.71	29.56
<b>Total</b>	<b>500</b>	<b>458.33</b>	<b>687.5</b>

Tabla N°17: Peso de cemento

Cemento para 2 cubo	Cemento para 3 cubos
166.66 g	250 g

Tabla N° 18: Peso de agua – relación agua/cemento

Peso según relación a/c	Agua para 2 cubos	Agua para 3 cubos
0.485 : 1	80.66 g	121 g

En nuestra propuesta que se observa en la tabla N° 15, se hizo cumplir el requisito 5.1.2., que los retenidos en la mallas N°50 y N°100 no sean mayor al 25%, sin afectar a los demás retenido al no exceder el 50% de agregado en dos mallas consecutivas.

Para los pesos se tuvo en cuenta la siguiente dosificación:

	Agua	Cemento	Agregado fino
Proporciones	0.485	1.00	2.75

## Proporción de mezcla y relación agua cemento para mortero experimental

El peso o proporciones de la arena se mantienen igual a la tabla N°15

Tabla N°19: Peso de cemento, ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro

Material	Mortero experimental - 3 cubos (g)	Fluidez experimenta – 2 cubos (g)
Cemento	212.5	14.68
Ceniza de cáscara de arroz (9%)	22.5	14.99
Concha de choro (6%)	15.0	9.99
<b>Total:</b>	<b>250</b>	<b>166.66</b>

Tabla N°20: Peso de agua – relación agua/cemento experimental

Peso según relación a/c	Agua para 2 cubos	Agua para 3 cubos
0.551 : 1	91.66 g	137.5 g

La proporción de arena se mantiene debido a que solo sustituimos al cemento, en cuanto a la relación agua cemento cambia debido a que las cenizas de cáscara de arroz absorbe más agua (Se agregó 16.5 gramos más de agua para mortero de 3 cubos), por eso se modificó la relación a/c para poder aproximarnos al % de Fluidez del mortero patrón.

Obtuvimos la dosificación experimental:

	Agua	Cemento	Agregado fino
Proporciones	0.551	1.00	2.75

**Determinar y comparar la resistencia de los cubos del mortero mediante el ensayo de resistencia a la compresión**

**Mortero patrón:**

Tabla N°21: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón – 3 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	MP-01	26.020	3290	126.44
2	MP-02	26.595	3490	131.23
3	MP-03	26.041	3280	125.96
<b>Promedio</b>				<b>127.88 kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°22: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón - 7 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	MP-01	26.122	4880	186.81
2	MP-02	26.368	4810	182.42
3	MP-03	26.245	4930	187.84
<b>Promedio</b>				<b>185.69 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°23: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón - 28 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	MP-01	25.563	7410	289.87
2	MP-02	25.604	7500	292.93
3	MP-03	26.471	7850	296.55
<b>Promedio</b>				<b>293.12 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°24: Ensayo de resistencia a la compresión, patrón – 60 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	MP-01	26.102	10410	398.82
2	MP-02	26.636	10860	407.72
3	MP-03	27.030	11300	418.06
<b>Promedio</b>				<b>408.20 Kg/cm<sup>2</sup></b>

### Mortero experimental:

Tabla N°25: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental – 3 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	ME-01	25.908	3050	117.72
2	ME-02	26.255	2970	113.12
3	ME-03	25.969	3130	120.53
<b>Promedio</b>				<b>117.12 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°26: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental - 7 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	ME-01	26.030	4040	155.20
2	ME-02	26.092	4200	160.97
3	ME-03	25.990	4190	161.22
<b>Promedio</b>				<b>159.13 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°27: Ensayo de resistencia a la compresión, experimental - 28 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	ME-01	27.030	6230	230.49
2	ME-02	25.050	5320	212.38
3	ME-03	26.225	5810	221.55
<b>Promedio</b>				<b>221.47 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N°28: Ensayo de resistencia a la compresión, p – 60 días

N°	Id de muestras	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura	Resistencia a la compresión
1	ME-01	26.481	7610	287.37
2	ME-02	26.389	7540	285.73
3	ME-03	26.225	7310	278.75
<b>Promedio</b>				<b>283.95 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Gráfico N° 06: Barra de promedio de resistencias de mortero patrón

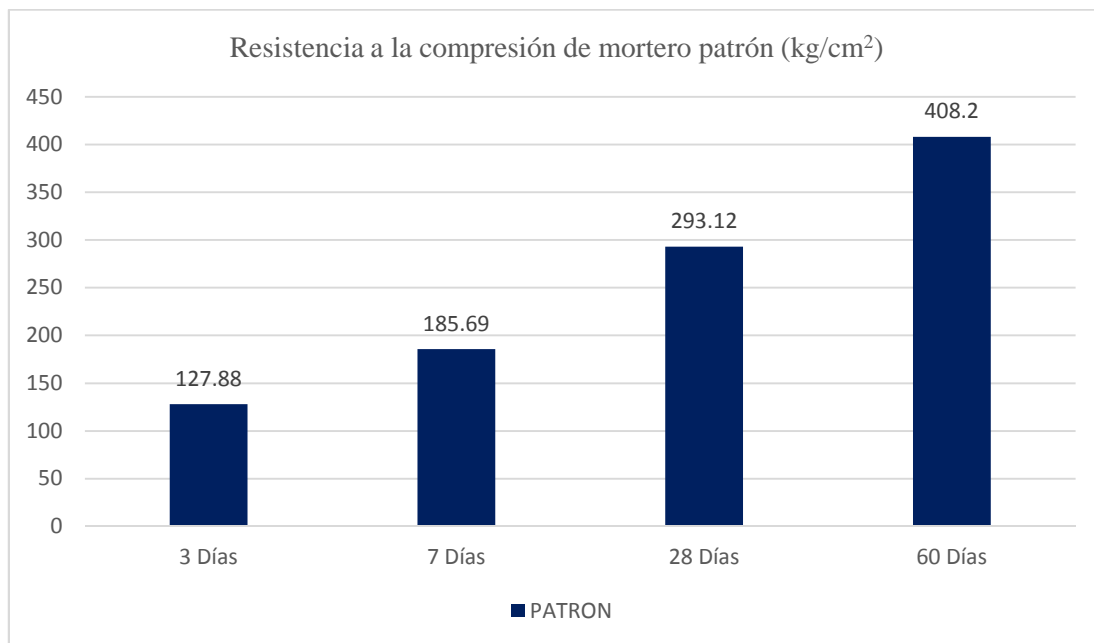
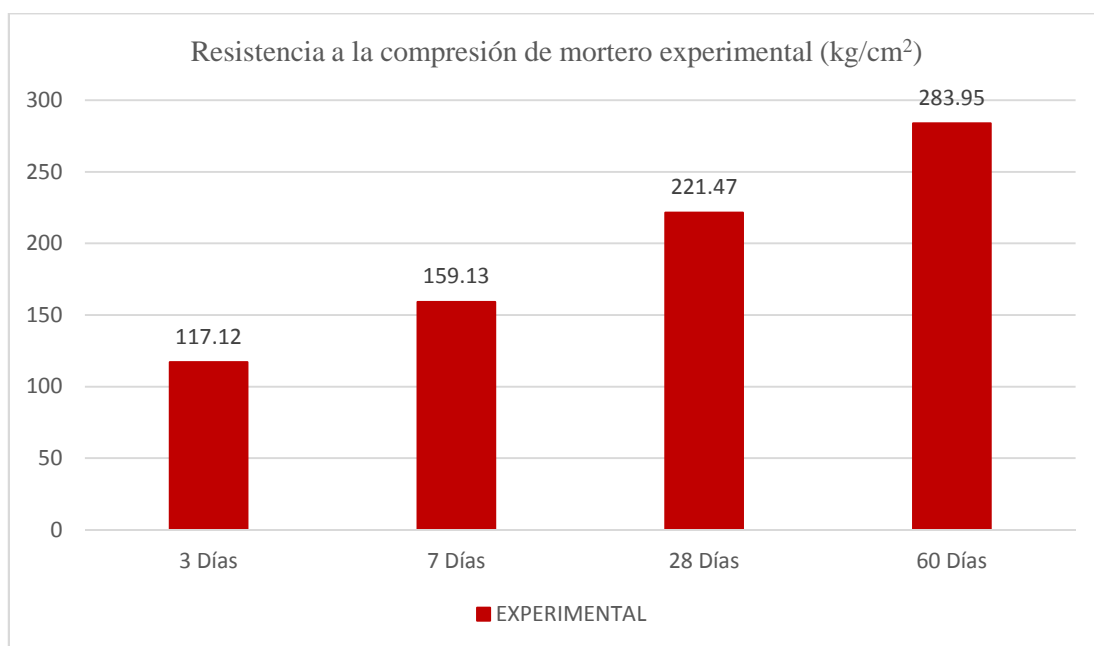


Gráfico N° 07: Barra de promedio de resistencias de mortero experimental





## Promedio de resistencia a la compresión de mortero

Tabla N°29: Promedio de resistencia de cada grupo de morteros

	Mortero patrón kg/cm <sup>2</sup>	Mortero experimental kg/cm <sup>2</sup>
3 Días	127.88	117.12
7 Días	185.69	159.13
28 Días	293.12	221.47
60 Días	408.20	283.95

Gráfico N° 08: Barra de promedio de resistencias de mortero patrón y experimental

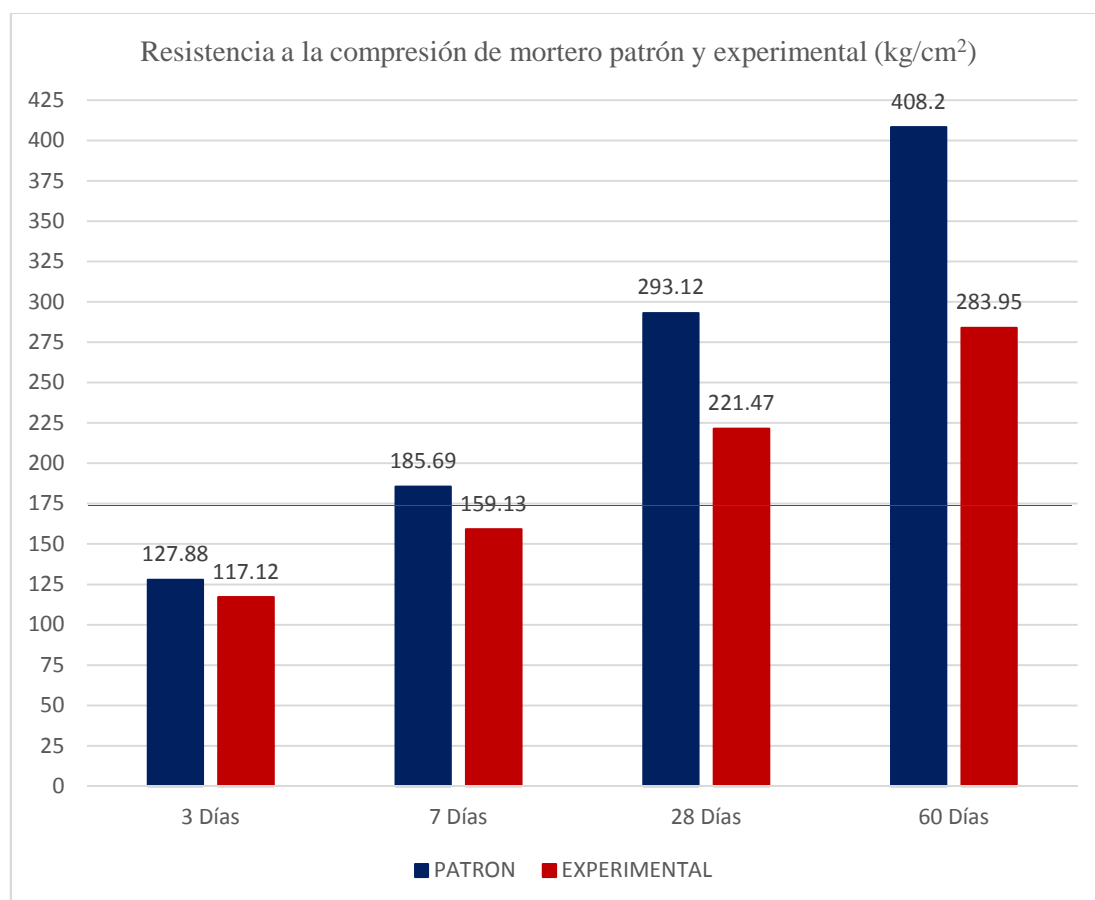
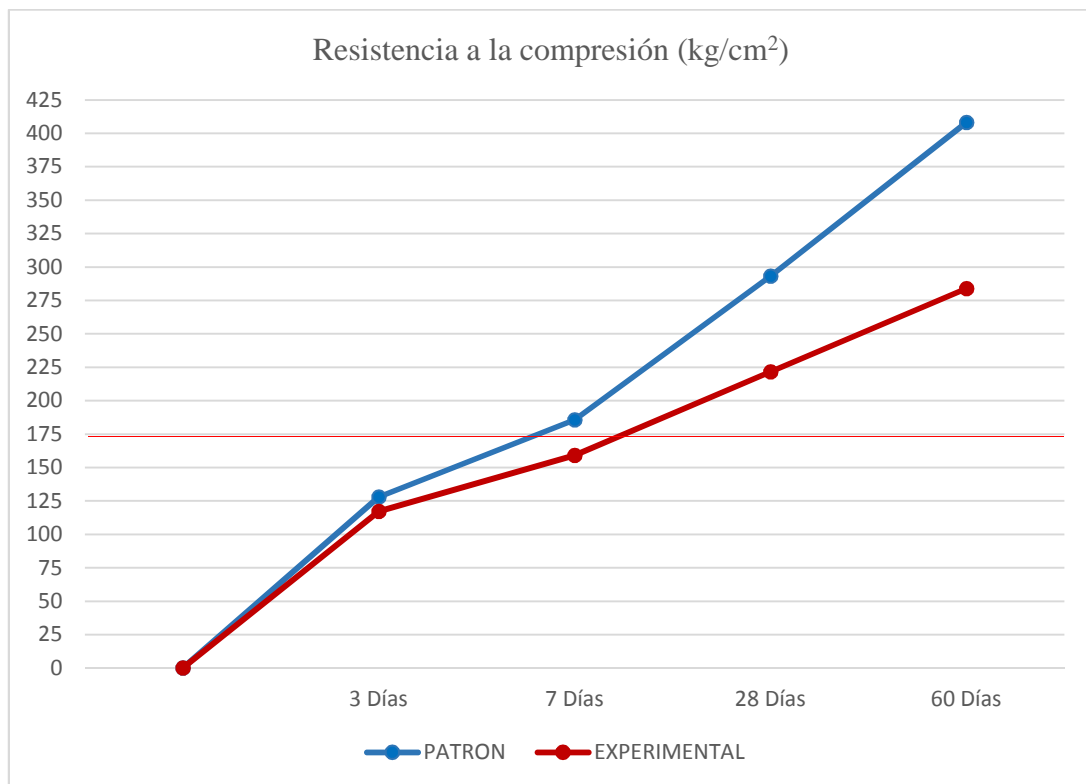


Gráfico N° 09: Línea de promedio de resistencias de mortero patrón y experimental



El mortero patrón y el mortero experimental están clasificados como morteros tipo M según la norma ASTM C-270 por lo que ambos superan la resistencia mínima de 175 kg/cm<sup>2</sup>. Se observó que la resistencia a la compresión del mortero experimental es inferior a la resistencia a la compresión de mortero patrón, sin embargo dicha resistencia es aceptable por lo tanto se puede utilizar nuestro mortero experimental.

Uno de los factores que provocó que la resistencia a la compresión en mortero experimental no superara a la resistencia a la compresión de mortero patrón es el elevado porcentaje del componente químico Trióxido de Aluminio (20.87%), interfiriendo este componente también en el fraguado y falta de plasticidad.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

## **Análisis y discusión**

En el análisis térmico diferencial conseguí grados de temperatura en la cual se activan las muestras, estas temperaturas se aproximan a las temperatura según Coronación, S. (2016) que calcinó la cáscara de arroz a 400°C, y Cribillero M. & Rodríguez A. (2015), que calcinó la concha de choro a 900°C.

La calcinación de las muestras a una temperatura de 360°C de la ceniza de cáscara de arroz y a 890°C de la ceniza de concha de choro llega a reducir su masa en un 44.16% y 11.40% respectivamente, y en cuanto al tiempo de calcinación fue semejante a la de nuestros antecedentes según Coronación, S. (2016), que calcinó la cáscara de arroz por 2 horas y Cribillero M. & Rodríguez A. (2015), calcinó la muestra de concha de choro por 1<sup>1/2</sup> horas.

Según caracterización química de la ceniza de la cáscara de arroz la cual se observa en la tabla N° 12, tiene comportamientos puzolánico porque los elementos Calcio + Silicio + Aluminio + Hierro = 94.3% asemejándose a la composición química del cemento Portland Tipo I y el pH de la ceniza de cáscara de arroz es altamente alcalina con un valor de 10.34. Por otro lado tiene un contenido de Potasio de 4.132% que podría provocar agrietamientos, así como también falta de dureza en el mortero.

En la tabla N° 13 según caracterización química de las conchas de choro tiene una composición química de 74.975% de Óxido de calcio la cual intervendrá en la resistencia del mortero, el pH de la ceniza de concha de choro es altamente alcalina con un valor de 13.10, lo cual indica una semejanza a la composición del Cemento. Por otro lado la presencia elevada de Trióxido de Aluminio (20.87%) interfiere en el fraguado y falta de plasticidad, afectando también a la resistencia del mortero.

El porcentaje de fluidez del mortero patrón es de 33.44% la cual se trabajó con las proporcionas según la Norma Técnica Peruana 334.051; al mortero experimental se le añadió 16.5 gramos de agua a la mezcla que alcanzo un 32.31% de fluidez, así aproximamos ambos porcentajes de fluidez para tener una trabajabilidad semejante.

Con respecto a la gradación en nuestra propuesta que se observa en la tabla N° 16, se hizo cumplir el requisito 5.1.2., que los retenidos en la mallas N°50 y N°100 no sean mayor al 25%, sin afectar a los demás retenido al no exceder el 50% de agregado en dos mallas consecutivas.

El mortero patrón y el mortero experimental están clasificados como morteros tipo M según norma ASTM C-270 por lo que ambos superan la resistencia mínima de 175 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Se observó en el gráfico de barras N°08 que la resistencia a la compresión en mortero patrón es buena, mientras que la resistencia a la compresión del mortero experimental es inferior al patrón, sin embargo dicha resistencia es aceptable por lo tanto se puede utilizar nuestro mortero experimental.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## Conclusiones

La temperatura adquirida del análisis térmico diferencial activa las muestras de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro con un alto contenido de dióxido de silicio (87.135%) y óxido de calcio (74.975%).

La ceniza de cáscara de arroz y la ceniza de concha de choro tienen componentes como Silicio, Aluminio, Calcio y Hierro siendo estos los componentes principales del cemento, por lo tanto su composición química son semejantes siendo estos materiales aptos para los trabajos con morteros; Encontré en elevados porcentajes el Trióxido de Aluminio el cual provocaría un fraguado lento afectando la resistencia del mortero.

El pH de las muestras de la ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro en combinación es 11.81 el cual se aproxima al pH del cemento (12.77), siendo ambas muestras altamente alcalinas.

En el porcentaje de fluidez en ambos grupos de mortero se trató de que sean semejantes, y así tener la misma trabajabilidad.

La propuesta de la arena gradada cumplió con los rangos para trabajar mortero, así mismo se usó más granos de arena gruesa que arenas finas lo cual provoca falta de adherencia, afectado la resistencia del mortero.

La resistencia experimental fue menor a la resistencia patrón, no obstante se aprecia que ambas superan la resistencia mínima y cumplen con los requisitos dadas en las normas ASTM C-270, por lo tanto se puede decir que este mortero con cemento sustituido es apto para trabajos en la construcción.

En la tabla N° 31 se puede visualizar que para la sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $p=0.106$ ,  $p>0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para no rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Es decir no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero. (Anexo-análisis estadístico).

## **Recomendaciones**

Conservar las temperaturas dadas en el análisis térmico diferencial y el tiempo de calcinación, ya que en esos rangos se obtiene altos contenidos de silicio y calcio los cuales son los principales componentes del cemento.

Recomiendo usar la ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro para sustituir parte del cemento, debido a que usado en mortero y mediante el ensayo de resistencia a la compresión en este trabajo se obtuvo resistencias adecuadas que cumplen con la Norma Técnica Peruana y Norma ASTM.

Se recomienda buscar un aditivo que baje el porcentaje de Trióxido de Aluminio el cual está presente en elevados porcentajes en la ceniza de cocha de choro con 20.87%, ya que dicho componente químico provoca un fraguado lento afectando la resistencia del mortero.

Con respecto a la gradación se recomienda hacer estudios en morteros con arenas más gruesas y morteros con arenas más finas, respetando los requisitos para arena manufacturada; y comparar la resistencia a la compresión de ambos morteros.



### **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres: Juan Carlos y Jaqueline, que siempre me empujan para dar lo mejor de mí y a la vez son el bastón en el que siempre me recuesto.

A mi familia que tiene la capacidad de inspirarme.

Y a mis asesores que desde que inicié este proyecto tuvieron la capacidad de guiarme en cada avance que mostraba.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Referencias bibliográficas

- Abanto C., Flavio (2017). Tecnología del Concreto. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Agreda, T. & Magin, K. (2012). Análisis de las propiedades mecánicas del mortero modificado a base de residuos industriales, para ser usado en elementos estructurales. Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela.
- Águila, I. & Sosa, M., (2011). 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. Venezuela: SCielo. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000400006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006).
- Álamo, V. (2011). Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Boletín extraordinario Instituto del Mar de Perú. Callao, Perú.
- Aliaga, A. (2017). Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.
- Andrés Mafla, B. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. Facultad de Ingeniería UNIMINUTO. Colombia
- Cabrera, J. (2015). Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora de biocemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz. Recuperado de <http://tesis.usat.edu.pe/handle/usat/485>.
- Coronación, S. (2016). Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por 5% de ceniza de cáscara de arroz y por 5% de polvo de concha de abanico. Universidad San Pedro. Chimbote, Perú.
- Cribillero M. & Rodríguez A. (2015). Propuesta de un biofiltro compuesto de choro (aulacomya atra) – arcilla para el sistema de agua en el caserío de tomeque - distrito de yaután – provincia de casma. Universidad san pedro. Chimbote, Perú.

- Gerardo, A. (2013). Tecnología del concreto. Universidad del Cauca, Colombia.
- Gutiérrez, J. (2015). El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales, Colombia. Recuperado de [http://bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824\\_Parte1.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824_Parte1.pdf)
- Harmsen, T. (2002). Diseño Estructuras de Concreto Armado. Lima, Perú: Fondo Editorial. Recuperado de <http://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/ingenieria/613-diseno-de-estructuras-de-concreto-armado-.html#.W5PwR85KjIU>
- Martínez, I. (2011). Morteros en la Construcción. Universidad Nacional del Comahue. Bogotá, Colombia.
- Marqués, E. (2015). Agua para mortero. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5940/2/EI%20agua%20para%20Morteros.pdf>
- NTP 334.009. CEMENTOS. Procedimientos para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica.
- NTP 334.051. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado
- NTP 334.057. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de Cemento Portland.
- Porrero, J. (2014). Manual del concreto estructural. Caracas, Venezuela: Editorial SIDETUR
- Rivera L. (2013). Concreto Simple. Popayán, Colombia: Editorial UNICAUCA.
- Ruiz, A. (2016). Resistencia a compresión del mortero cemento-arena incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7330>.

Salas, J., Castillo, P., Sánchez, I. & Veras, J. (2011). Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros. DIGITAL.CSIC. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/78242>.

Sánchez, G. (2011). En Tecnología de Concreto y Mortero. Bogotá, Colombia: Editorial Bhandar Editores.

Villegas, A. (2012). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1304>.

## **ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO**

## Extracción de la cáscara de arroz y concha de choro



Foto N°01: Extracción de la cáscara de arroz, apiladora Zavaleta - Santa



Foto N°02: Extracción de la concha de choro, peñas el dorado

### **Pre quemado de la cáscara de arroz y la concha de choro**



Foto N°03: Pre calcinación de la cáscara de arroz.



Foto N°04: Secado de las conchas de choro



## Arena



Foto N°05: Obtención de la arena de la cantera Ruben, Chimbote.



Foto N°06: Gradación de arena para presentar propuesta

## Calcinado de los materiales



Foto N° 07: Introduciendo material a calcinar



Foto N° 08: Ceniza de cáscara de arroz calcinada a 360°C



Foto N° 09: Concha de choro calcinada a 890°C

### **Ensayo de fluidez y resistencia a la compresión**



Foto N° 10: %de Fluidez en mesa de Fluidez



Foto N° 11: Realizando los cubos de mortero



Foto N°12: Ensayo de Resistencia a la compresión – Laboratorio,

Universidad San Pedro

## **ANEXO 02: ENSAYOS**



Trujillo, 02 de Mayo del 2017

**INFORME N° 49 - MAY 17**

**Solicitante:** Alarcón miranda J. - Aznarán Bocanegra Z.  
Universidad San Pedro Chimbote

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Cascara de Arroz (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-49M	22.2 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 – 920 °C.
- Masa de muestra analizada: 22.2 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

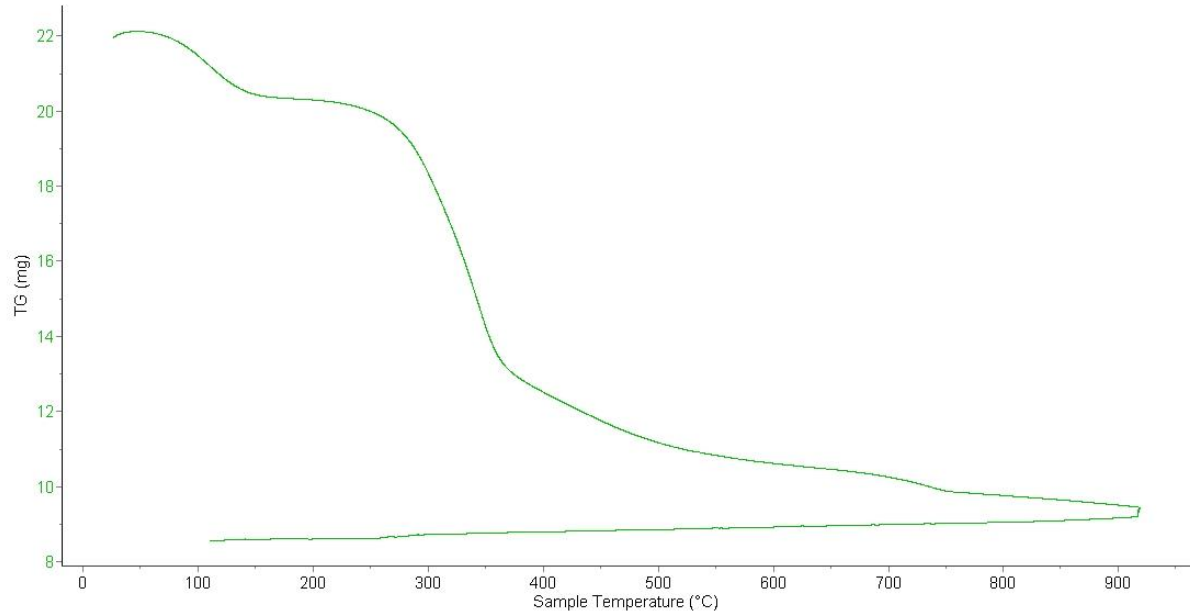


Trujillo, 02 de Mayo del 2017

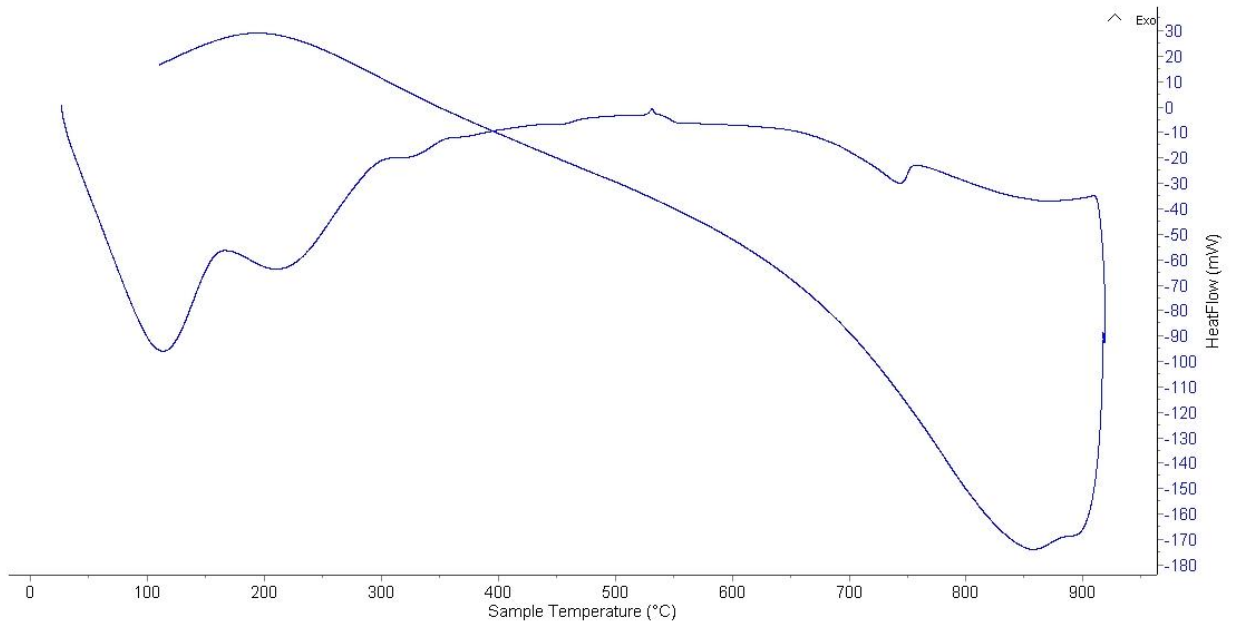
**INFORME N° 49 - MAY 17**

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 02 de Mayo del 2017

**INFORME N° 49 - MAY 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes rangos de pérdida significativa de la masa del material ensayado. La primera se observa en el rango entre 80 y 115°C y la segunda, la pérdida más intensa, se desarrolla en un rango entre 250 y 360°C. El material llega a experimentar una pérdida total de aproximadamente 60 % de su masa inicial cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una ligera región endotérmica a aproximadamente a 110°C y otra región entre 190°C y 230°C. Posteriormente se evidencia un ligero pico de absorción térmica alrededor de 750°C con probabilidad de existir cambio en la característica del material.

Trujillo, 02 de Mayo del 2017

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





Trujillo, 02 de Mayo del 2017

**INFORME N° 48 - MAY 17**

**Solicitante:** Aznarán Bocanegra Zecario -Universidad San Pedro Chimbote

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Concha de choro (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-48M	43.5 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 – 920 °C.
- Masa de muestra analizada: 43.5 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

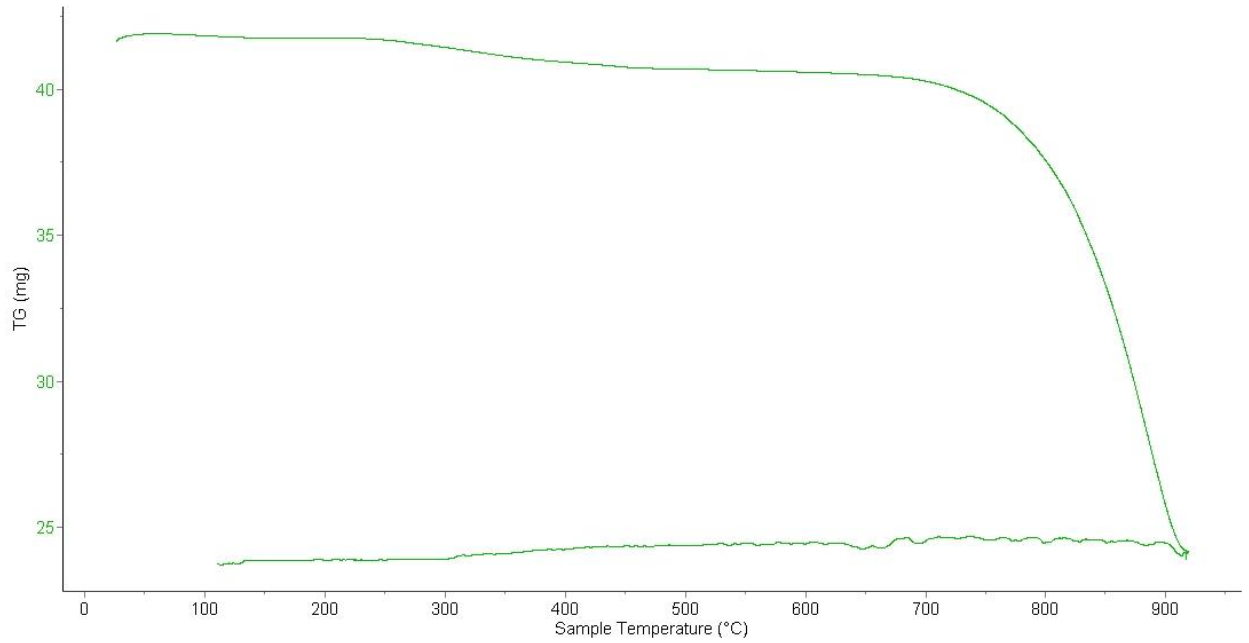


Trujillo, 02 de Mayo del 2017

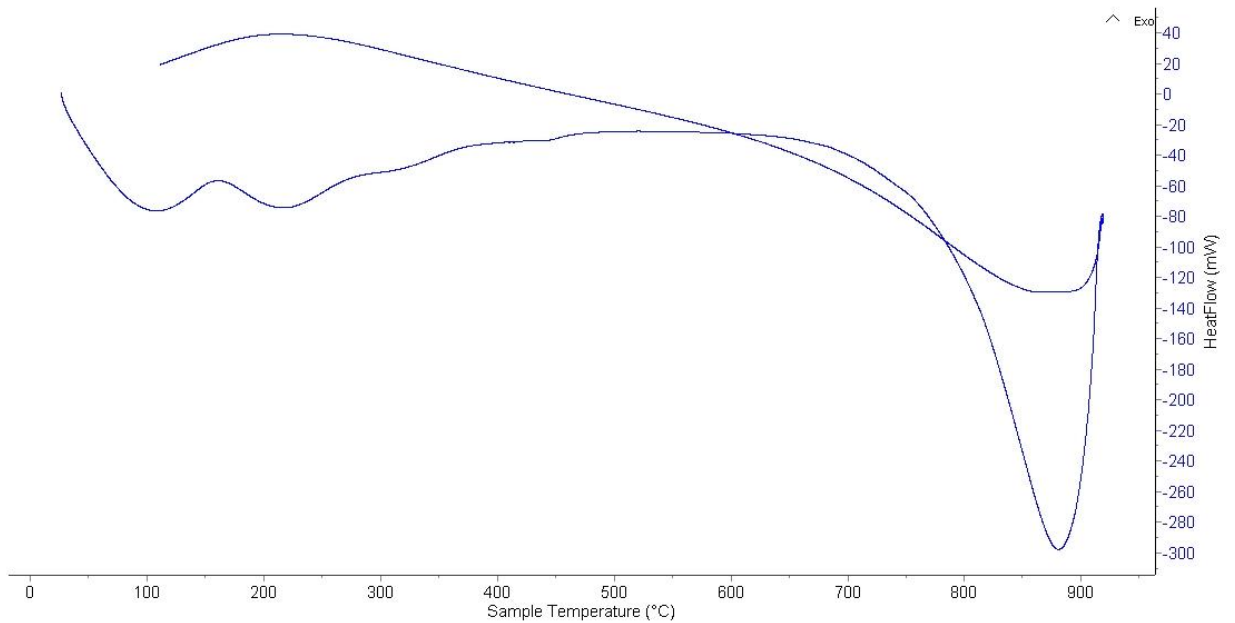
INFORME N° 48 - MAY 17

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 02 de Mayo del 2017

**INFORME N° 48 - MAY 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una estabilidad térmica importante lo cual es mostrado en el gráfico con una pérdida mínima desde la temperatura ambiente hasta 700°C a partir del cual la pérdida es más intensa hasta los 920°C lo que involucra una pérdida total de aproximadamente 44 % de su masa inicial cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una ligera región endotérmica a aproximadamente a 100°C y otra región entre 190°C y 240°C. Posteriormente se evidencia un gran pico de absorción térmica alrededor de 890°C indicando un gran cambio en las características del material.

Trujillo, 02 de Mayo del 2017

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



**Informe N°15-LAQ/2017**

**Análisis de una muestra de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz de los Sres. Ze Carlos Aznarán Bocanegra y Jhonatan Alarcón Miranda, alumnos de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis. La muestra es de color negro y en forma de polvo.

**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. 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 1200 cts/s

Esta técnica 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 K 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 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.

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, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de las muestras se hace primerode 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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra en línea roja en escala semi-logarítmica. La línea azul representa el espectro simulado. 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. También se observan los picos de los rayos-X de oro dispersados por la muestra que emite la fuente por tener un ánodo de oro.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra de arcilla. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los elementos y de sus óxidos de los elementos identificados. Pero debe de recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de cáscara de arroz.

Óxido	(% Óxido)	(% Normalizado)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.781	5.952
SiO <sub>2</sub>	69.973	87.135
SO <sub>2</sub>	0.462	0.575
ClO <sub>2</sub>	0.665	0.828
K <sub>2</sub> O	3.319	4.132
CaO	0.678	0.844
TiO	0.025	0.031
MnO	0.161	0.200
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.216	0.369
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.005
CuO	0.014	0.019
ZnO	0.011	0.014
Rb <sub>2</sub> O	0.007	0.008
SrO	0.003	0.003
ZrO <sub>2</sub>	<u>0.005</u>	<u>0.006</u>
Totales	80.323	100.00

Esta suma no llega al 100% indicando que no se ha detectado picos de algunos elementos livianos como Na y Mg, o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. También debe tomarse en cuenta que los elementos pueden estar formando compuestos como carbonatos y no sólo óxidos.

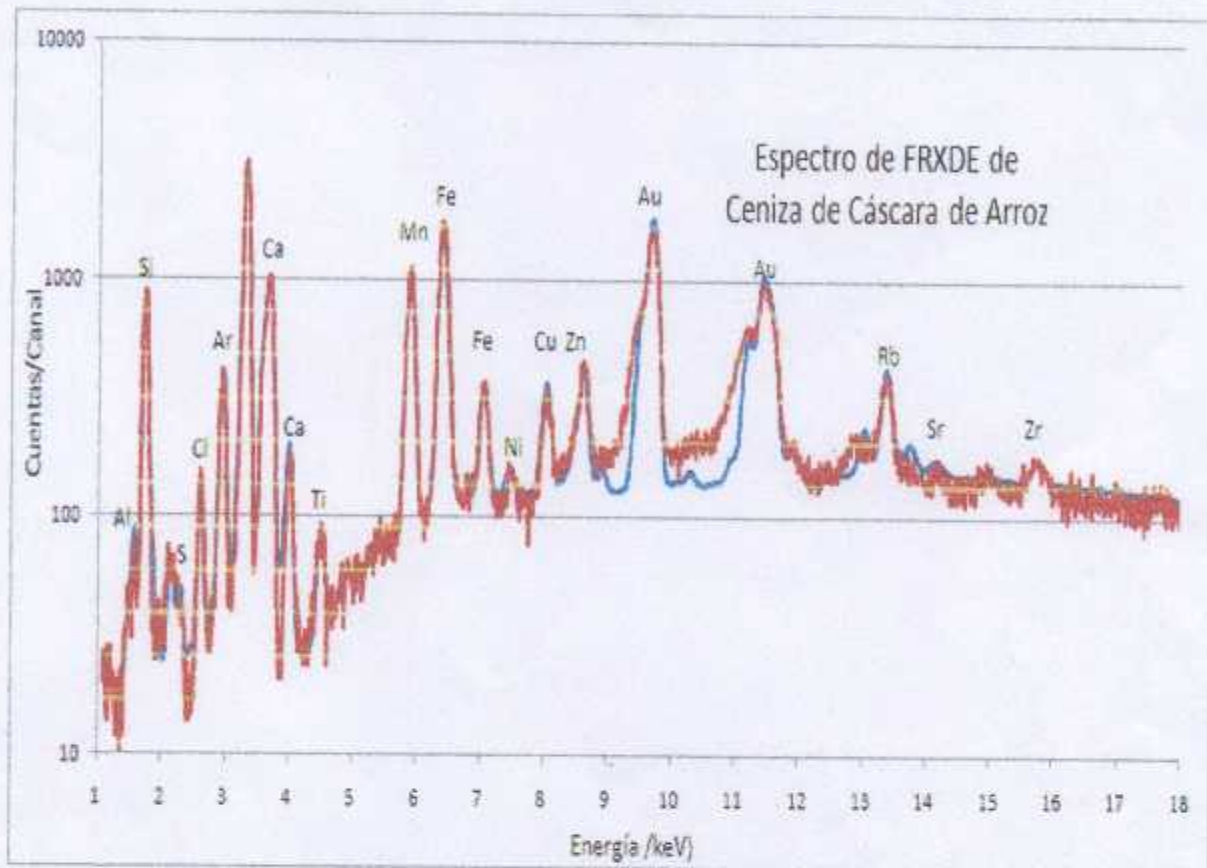


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cáscara de arroz. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de junio del 2017



**Informe N°13-LAQ/2017**

**Análisis de una muestra de concha de choros por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de conchas de choros a pedido del Sr. Zecarlos Aznarán Bocanegra, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis. La muestra es de color blanco y en forma de polvo.

**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. 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 3600 cts/s

Esta técnica 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 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K 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 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.

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, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de las muestras se hace primerode 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





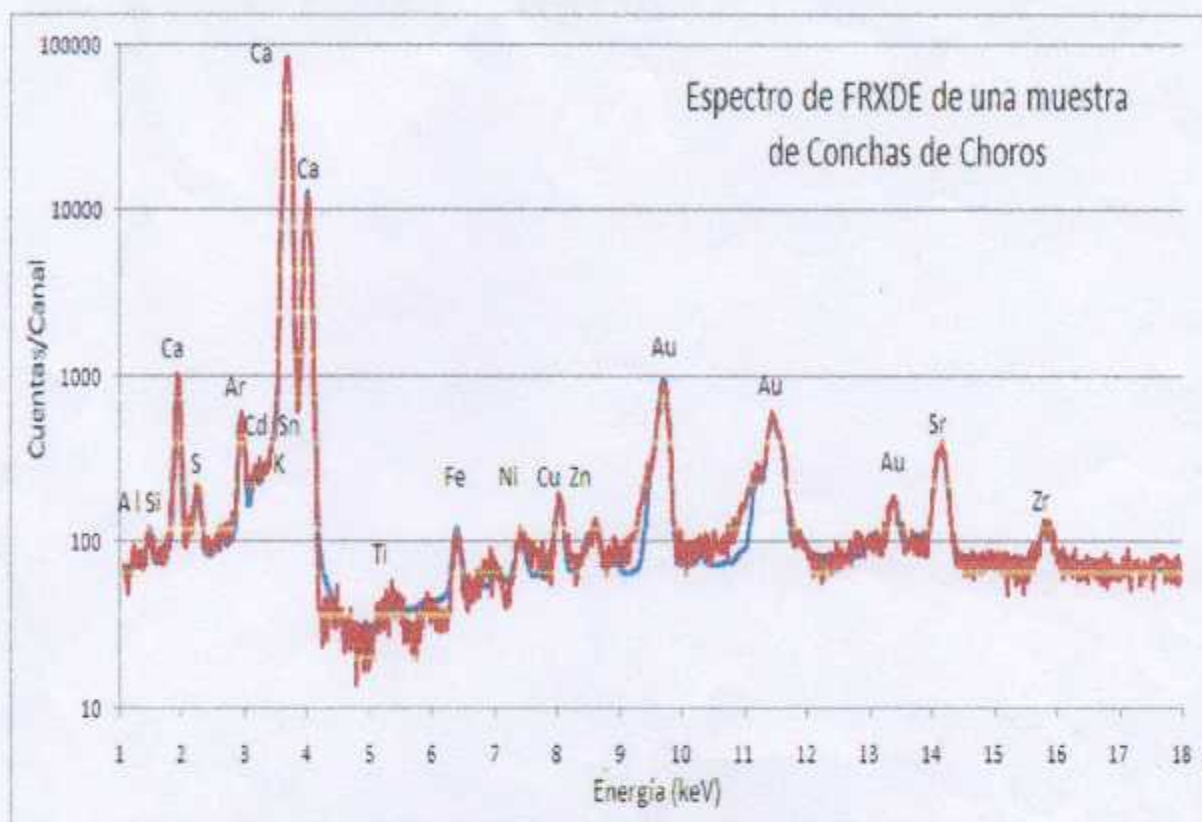


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de conchas de choros. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul representa el espectro simulado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de junio del 2017



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° 20170706-007**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : AZNARÁN BOCANEGRA ZE CARLOS  
DIRECCIÓN : ALARCÓN MIRANDA JHONATAN  
PRODUCTO DECLARADO : Av. 2 Urb. Las Quintanas D - 14  
CANTIDAD DE MUESTRA : ABAJO INDICADOS.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : 02 muestras  
FECHA DE RECEPCIÓN : En bolsa de polietileno, cerrada.  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-07-06  
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2016-07-06  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : 2016-07-06  
ENSAYOS REALIZADOS : En buen estado.  
CÓDIGO COLECBI : Laboratorio Físico Químico.  
SS 170706-7

**RESULTADOS**

ENSAYO	MUESTRAS	
	Ceniza de Cascara de Arroz	Cemento Tipo I
pH	10,34	12,77

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrica

**NOTA :**

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C
- 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, Mayo 07 del 2016.  
D.V.Y./ms

Denis M. Vargas Yepéz  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECBI S.A.C

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

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



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° 20170706-005**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : AZNARÁN BOCANEGRA ZE CARLOS  
DIRECCIÓN : Av. 2 Urb. Las Quintanas D - 14  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-07-06  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2016-07-06  
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2016-07-06  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 170706-7

**RESULTADOS**

ENSAYO	MUESTRAS	
	Concha de Choro	Cemento + Ceniza de Cáscara de Arroz y Concha de Choro
pH	13.10	13.37

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico

**NOTA :**

- Muestra recolectada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- 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, Mayo 07 del 2016  
DVY/jms

Denis M. Varga Yepéz  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
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



**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° 20180803-008**

Pág 1 de 1

SOLICITADO POR : **AZNARAN BOCANEGRA ZE CARLOS,**  
DIRECCIÓN : **Las Quintanas Mz D Lole 14 San Luis Nuevo Chimbo,**  
PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADO.**  
CANTIDAD DE MUESTRA : **01 muestra.**  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **En bolsa de papel cerrada.**  
FECHA DE RECEPCIÓN : **2018-08-03**  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2018-08-03**  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : **2018-08-04**  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado.**  
ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio de Físico Químico.**  
CÓDIGO COLECBI : **SS 180803-4**

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
<b>CEMENTO+GENIZA DE CASCARA DE ARROZ 9%+GENIZA DE CONCHA DE CHORO 6%</b>	<b>11,81</b>

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- 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 Chimbo, Agosto 05 del 2018.

GVR/lms

  
**A. Gustavo Vargas Ramos**  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 328  
**COLECBI S.A.C.**

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

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbo - 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)



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chatelet)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC F 610-2000)

SOLICITA BACH ZE CARLOS AZNARAN BOCANEGRA

TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EL 9% POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y 8% PC  
CENIZAS DE CONCHA DE CHORO

MATERIAL CENIZA DE CASCARA DE ARROZ 100%

FECHA 06/07/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.60	21.60
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.60	21.60
PESO ESPECIFICO		2.963	2.963
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	2.963	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Châtelier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 153 y MTC E 610-2000)

SOLICITA: BACH ZE CARLOS AZNARAN BOCANEGRA

TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO 10% POR CENIZA DE CÁSCARA DE AJONJONI Y 8% POR CENIZAS DE CONCHA DE CHORO

MATERIAL: CENIZA DE CONCHA DE CHORO 100%

FECHA: 06/07/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	25.00	23.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	25.00	23.00
PESO ESPECIFICO		2.560	2.783
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm <sup>3</sup> )	2.671	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletier )

(Según ASTM C 188, AASH T 133 y MTCE 610-2000)

SOLICITA BACH ZE CARLOS AZNARAN BOCANEGRA

TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EL 8% POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y 8% POR CENIZAS DE CONCHA DE CHORO

MATERIAL CEMENTO 85% Y 6% CENIZA DE CONCHA DE CHORO Y 9% DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

FECHA 06/07/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.20	20.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.20	20.20
PESO ESPECIFICO		3.168	3.168
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.168	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



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

SOLICITA : BACHAZNARAN BOCANEGRA ZE CARLOS ALDAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EL 9% POR CENIZA  
DE CASCARA DE ARROZ Y 6% POR CENIZA DE CÓNCHA DE CHORO  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA - ANCASH  
FECHA : 11/08/2018

RELACION A/C: 0485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
14.10	13.56	10.18	33.44
12.70			
13.71			
13.72			

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE





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

SOLICITA : BACH:AZNARAN BOCANEGRA ZE CARLOS ALDAR  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EL 9% POR CENIZA  
DE CASCARA DE ARROZ Y 6% POR CENIZA DE CONCHA DE CHORO  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA - ANCASH  
FECHA : 11/08/2018  
FECHA : 11/07/2018  
RELACION NO : 0.051

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.84	13.44	10.18	32.31
13.42			
13.71			
13.80			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango  $110 \pm 5\%$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm  
(ASTM C 109)**

**SOLICITA :** BACHIAZNARAN BOCANEGRA ZE CARLOS ALDAIR  
**TESIS :** RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CENIZA SUSTITUIDO EL 8% POR CENIZA DE CÁRCARA DE ARROZ Y 6% POR CENIZA DE CONCHA DE CHORO  
**LUGAR :** CHIMBOTE-SANTA - ANCASH  
**FECHA :** 11/06/2018

RESIGO	FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga Máxima	Resistencia	
N°	ELEMENTO	N	(gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
01	PATRON 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	287.9	2.169	5.10	5.10	5.10	26.02	3290.00	126.44
02	PATRON 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	289.7	2.112	5.16	5.16	5.16	26.39	3490.00	131.23
03	PATRON 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	287.0	2.160	5.10	5.10	5.10	26.04	3280.00	125.95
04	PATRON 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	291.5	2.183	5.11	5.11	5.11	26.12	4880.00	186.81
05	PATRON 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	292.8	2.182	5.14	5.14	5.14	26.37	4810.00	182.42
06	PATRON 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	292.1	2.172	5.12	5.12	5.12	26.25	4930.00	187.84
07	PATRON 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	298.2	2.307	5.06	5.06	5.06	25.56	7410.00	289.87
08	PATRON 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	301.1	2.324	5.06	5.06	5.06	25.60	7500.00	292.93
09	PATRON 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	298.6	2.192	5.15	5.15	5.15	26.47	7850.00	296.55
10	PATRON 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	310.7	2.330	5.11	5.11	5.11	26.10	10410.00	398.82
11	PATRON 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	313.1	2.278	5.16	5.16	5.16	26.64	10860.00	407.72
12	PATRON 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	311.5	2.217	5.20	5.20	5.20	27.03	11300.00	418.06



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales**  
*Jorge Montañez-Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez-Reyes**  
**JEFE**



### ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm (ASTM C 109)

SOLICITA : BACH:AZNARAN BOCANEGRA ZE CARLOS ALDAIR  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO EL 9% POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y 6% POR CENIZA DE CONCHA DE CHORO  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA - ANCASH  
 FECHA : 11/08/2018

N°	ELEMENTO	FECHA DE ELABORACIÓ N	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> )	Máxima (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	283.0	2.146	5.09	5.09	5.09	25.91	3050.00	117.72
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	284.9	2.118	5.12	5.12	5.12	26.26	2970.00	113.12
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	15/06/2018	19/06/2018	285.8	2.160	5.10	5.10	5.10	25.97	3130.00	120.53
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	283.5	2.135	5.10	5.10	5.10	26.03	4040.00	155.20
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	288.1	2.162	5.11	5.11	5.11	26.09	4200.00	160.97
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	11/06/2018	19/06/2018	285.3	2.153	5.10	5.10	5.10	25.99	4190.00	161.22
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	288.1	2.050	5.20	5.20	5.20	27.03	6230.00	230.49
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	290.5	2.317	5.01	5.01	5.01	25.05	5320.00	212.38
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	28/05/2018	27/06/2018	288.5	2.148	5.12	5.12	5.12	26.22	5810.00	221.55
10	EXPERIMENTAL 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	302.2	2.218	5.15	5.15	5.15	26.48	7610.00	287.37
11	EXPERIMENTAL 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	303.3	2.237	5.14	5.14	5.14	26.39	7340.00	281.73
12	EXPERIMENTAL 60 DIAS	22/04/2018	27/06/2018	303.9	2.263	5.12	5.12	5.12	26.22	7310.00	278.75



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla N° 30: Resistencias a la compresión de cubos de mortero con una sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de Choro según días de curado.

Días de curado	Resistencia de cubos de mortero	
	Patrón	15%
3	127,88	117,12
7	185,69	159,13
28	293,12	221,47
60	408,20	283,95

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°30 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cubos de mortero son mayores a los 60 días de curado y menores resistencias de presenta a los 3 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un  $p > 0.05$  para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de F ( $p = 0.241$  y  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero en cada tratamiento (sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla N° 31: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución del cemento	6798,946	1	6798,946	5,233	,106
Días de curado	57946,682	3	19315,561	14,867	,026
Error	3897,552	3	1299,184		
Total	68643.180	7			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 31 se puede visualizar que para la sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $p=0.106$ ,  $p>0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para no rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de choro en 0% (sin sustitución) y 15%, son iguales. Es decir no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.026$ ,  $p<0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado.