

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



Resistencia de una pasta sustituyendo al cemento por cenizas de concha de almeja (*Venerupis pullastra*) y cenizas de cáscara de arroz

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

**Autor:**

Reque Ramírez, Denys Orlando

**Asesor:**

Solar Jara, Miguel Ángel

**Chimbote – Perú**

**2020**

**PALABRAS CLAVE:**

<b>Tema</b>	Pasta de cemento
<b>Especialidad</b>	Tecnología del concreto

**KEYWORDS:**

<b>Theme</b>	Cementing Paste
<b>Speciality</b>	Concrete technology

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

<b>Línea de investigación</b>	Estructuras
<b>Área</b>	Ingeniería, Tecnología
<b>Sub - área</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería Civil

## **TÍTULO**

Resistencia de una pasta sustituyendo al cemento por cenizas de concha de almeja (*Venerupis pullastra*) y cenizas de cáscara de arroz

## RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad, determinar la resistencia a la compresión de una pasta, sustituyendo parcialmente al cemento en 20% por cenizas de conchas de almejas y cenizas de cáscaras de arroz, en proporción 3:1. Este estudio se desarrolló en la ciudad de Chimbote, utilizando las conchas de almejas del Balneario El Dorado, cáscaras de arroz extraídas del distrito de Santa y cemento portland Tipo I, con el fin de poder buscar opciones en materiales que puedan ser utilizados dentro del ámbito de ingeniería civil.

La metodología de ésta investigación fue caracterizar las conchas de almejas y las cáscaras de arroz, por lo cual las conchas de almejas se activaron térmicamente a 750°C por 1.5 horas, luego se redujo hasta un tamaño de partícula de 75  $\mu\text{m}$ , y para las cáscaras de arroz, se activaron térmicamente a 400°C por 2 horas, y después se activó mecánicamente hasta obtener un tamaño de partícula de 75  $\mu\text{m}$ , y por último se realizaron los análisis de pH de cada material y la combinación de éstos con el cemento. Se elaboraron 18 probetas de pasta, siguiendo la Norma ASTM C 305, de las cuales 9 fueron sin sustitución y 9 con 20% de sustitución. Ambos grupos se curaron a los 3, 7 y 28 días. Al comparar los resultados de ambos grupos, la resistencia de la pasta experimental no pudo superar a la pasta patrón para ninguna de las edades, pero se obtuvo la resistencia más cercana a los 28 días de la pasta experimental en 94.46% (278.51 kg/cm<sup>2</sup>) frente a la pasta patrón (294.83 kg/cm<sup>2</sup>).

## ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the compressive strength of a paste, specifically to replace cement by 20% with clam shell ash and rice husk ash, in a 3: 1 ratio. This study was used in the city from Chimbote, using the clam shells of the El Dorado beach, rice husks extracted from the Santa district and portland Type I cement, in order to search for options in materials that can be used within the scope of civil engineering.

The methodology of this research was characterized by clam shells and rice husks, whereby the clam shells were thermally activated at 750 ° C for 1.5 hours, then reduced to a particle size of 75 µm, and for rice husks, they were thermally activated at 400 ° C for 2 hours, and then mechanically activated until a particle size of 75 µm was obtained, and finally, the pH analyzes of each material and the combination of instruments were obtained with the cement. 18 pasta specimens were produced, following ASTM C 305, of which 9 were without replacement and 9 with 20% replacement. Both groups were cured at 3, 7, and 28 days. When comparing the results of both groups, the resistance of the experimental paste could not exceed the standard paste for any of the ages, but the closest 28-day resistance of the experimental paste was obtained in 94.46% (278.51 kg / cm<sup>2</sup>) versus standard paste (294.83 kg / cm<sup>2</sup>).

## Índice General

<b>Contenido</b>	<b>Página N°</b>
Palabras claves: en español e inglés – Línea de Investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Metodología	16
III. Resultados	21
IV. Análisis y discusión	33
V. Conclusiones y recomendaciones	36
VI. Agradecimientos	38
VII. Referencias bibliográficas	39
VIII. Anexos y apéndice	42

## Lista de tablas

Descripción	Página N°
Tabla 1. Representación esquemática del proceso de reacción de los granos de cemento con el agua.	5
Tabla 2. Representación esquemática de tres pastas con diferente Concentración de cemento por unidad de volumen de pasta.	6
Tabla 3. Composición química del cemento Portland en elementos Como óxidos.	9
Tabla 4. Cantidad de ceniza producida por el arroz.	10
Tabla 5. Composición química de la concha de los moluscos.	12
Tabla 6. Conceptuación y operacionalización: Variable dependiente.	14
Tabla 7. Conceptuación y operacionalización: Variable independiente.	14
Tabla 8. Diseño de investigación: Diseño en bloque completo al azar.	16
Tabla 9. Técnicas e instrumentos de investigación.	17
Tabla 10. Composición elemental de cenizas de concha de almeja.	24
Tabla 11. Composición elemental de cenizas de cáscara de arroz.	25
Tabla 12. Densidad de muestra elaborada con cemento Portland Tipo I Pacasmayo + Cenizas de concha de almeja + Cenizas de cáscara de arroz Sustituyendo al cemento en 15% y 5% respectivamente (proporción 3:1)	26
Tabla 13. Resultados de pH.	26
Tabla 14. Proporciones en peso de Cemento + CCAL + CCA para Elaboración de pastas.	27
Tabla 15. Peso de las pastas luego del desencofrado y periodo de curado.	27
Tabla 16. Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 3 días de curado.	28
Tabla 17. Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 7 días de curado.	28
Tabla 18. Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 28 días de curado.	28
Tabla 19. Resistencia a la compresión de pasta experimental en proporción 3:1 a los 3 días de curado.	29

Tabla 20. Resistencia a la compresión de pasta experimental en proporción 3:1 a los 7 días de curado.	29
Tabla 21. Resistencia a la compresión de pasta experimental en proporción 3:1 a los 28 días de curado.	29
Tabla 22. Resultados de resistencia a la compresión de la pasta patrón y Pastas experimentales.	30
Tabla 23. Variación porcentual de la resistencia a la compresión de las pastas En función a la edad.	30

### **Lista de figuras**

<b>Descripción</b>	<b>Página N°</b>
Figura 1. Microestructura de una pasta de cemento al tiempo que Hidrata: Cemento que no ha reaccionado (partículas de cemento se Dispersan en agua junta después de la mezcla).	7
Figura 2. Microestructura de una pasta de cemento al tiempo que Hidrata: Reaccionado al 30% de hidratación 1 día.	7
Figura 3. Microestructura de una pasta de cemento al tiempo que Hidrata: Reaccionado al 70% de hidratación 28 días.	7
Figura 4. Estructura anatómica de la almeja.	11
Figura 5. Elaboración de pastas: Paleta mezcladora.	20
Figura 6. Elaboración de pastas: Recipiente de mezcla.	20
Figura 7. Polvo de concha de almeja: Curva de pérdida de masa.	21
Figura 8. Polvo de concha de almeja: Curva calorimétrica ATD.	22
Figura 9. Cáscara de arroz: Curva de pérdida de masa.	23
Figura 10. Cáscara de arroz: Curva calorimétrica ATD.	23

## I. INTRODUCCIÓN

Santillán y Chervaz (2014) realizaron esta investigación, donde resaltan la cascarilla de arroz como subproducto agroindustrial que, durante el proceso de calcinación, busca eliminar los compuestos orgánicos de la cascarilla, dichos componentes son liberados en forma de gases de combustión, obteniéndose finalmente el  $\text{SiO}_2$  con actividad puzolánica. La investigación resalta que, con una muestra calcinada a  $450^\circ\text{C}$  por dos horas, reemplazando en un 20% al cemento, presenta propiedades reactivas. Se concluye que la actividad puzolánica de las muestras calcinadas para los reemplazos parciales al cemento en 10% y 20% queda evidenciada para las edades de 7 y 28 días.

Santiago (2018) realizó una investigación que tuvo por objetivo evaluar la capacidad térmica y la resistencia a compresión de una pasta cementante, sustituyendo el 30% del cemento por 10% de polvo de cáscara de arroz y 20% ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico. Utilizó como fuente de referencia el artículo publicado por Jeffrey J. Thomas, el cual indicaba que la relación agua/cemento óptima es de 0.45, lo cual permite obtener una pasta más resistente a diversas formas de degradación. Las pastas realizadas siguieron la NTP 331.003, de las cuales 9 fueron pastas patrón y 9 experimentales. Ambos grupos se curaron a los 28, 60 y 90 días. Se concluye que los resultados más prometedores para la conductividad térmica y resistencia a la compresión fueron a los 28 y 60 días de curado.

Solis (2018) realizó una investigación sobre la sustitución en una pasta cementante en 20%, por 5% polvo de almeja y 15% cenizas de cola de caballo, las cuales pasaron por un proceso de activación térmica y mecánica para que puedan tener un grano de finura similar al cemento. Elaboró 30 probetas de pasta, de las cuales 15 serían muestras patrones y 15 muestras experimentales. Se concluyó que las pastas experimentales obtenían resistencias superiores a los 90 días de curado frente a la pasta patrón.

Matienzo (2018) elaboró un proyecto de investigación, el cual tenía por finalidad, aumentar la resistencia de un concreto sustituyendo en 20% al cemento por 8% polvo de la concha de abanico y 12% por cenizas de cáscara de arroz. Para poder

evaluar su posible uso puzolánico, se realizaron a ambos recursos el análisis térmico diferencial, composición química a través del ensayo de fluorescencia de rayos X, y su alcalinidad para determinar su pH. Al realizarse las pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, se obtuvieron resultados menores al concreto patrón, por lo cual se concluye que las cenizas de cáscara de arroz y el polvo de almeja pueden utilizarse como materiales puzolánicos, pero con porcentajes menores al 20%.

### **Justificación de la Investigación**

En esta presente investigación, se pretende optimizar de una manera específica la resistencia a la compresión obtenida de una pasta sustituyendo parcialmente al cemento, por cenizas de conchas de almejas y cenizas de cáscaras de arroz, la cual beneficiará en su totalidad a las edificaciones que se realicen utilizando este elemento, puesto que las construcciones utilizan en su mayoría el cemento y éste representa un alto gasto en capital.

La importancia de esta investigación se sujeta en 3 puntos básicos. El primero, es por la gran amplitud que se vienen creando en las investigaciones nacionales e internacionales, acerca de la utilización de las cenizas de cáscara de arroz y conchas de los moluscos como elementos puzolánicos para la sustitución al cemento. El segundo punto, es porque utiliza materias primas para la sustitución en la mezcla de la pasta, una de origen marino y otra de origen agrícola, las cuales son materias primas renovables, por lo tanto, sostenibles, por lo cual se debería buscar recursos naturales que sustituyan los compuestos con los que se elaboran algunos materiales en la construcción, por ejemplo, el cemento. Y por último y tercer punto, es que se espera reducir costos para su fabricación, ya que, al ser elaborado con materias primas, no genera un costo tan excesivo y reduce la contaminación y daño en la salud de las personas, ya que para elaborar el cemento se debe calcinar a elevadas temperaturas sus componentes y eso refleja un alto consumo de energía y daño al medio ambiente.

Según MINAGRI (Ministerio de agricultura y riego) en el 2019 se registró cerca de 409 miles de toneladas de producción de arroz en el Perú, de las cuales, las cáscaras representan un 20% del peso total y que ésta al incinerarse a altas temperaturas, obtienen un material rico en sílice que lo convierte en una alternativa económica, de buena calidad, ecológica y con la que se podría sustituir parcialmente al cemento. Por

otro lado, existe también una extracción de almejas, de las cuales sus conchas son arrojadas a vertederos y/o botaderos sin ningún uso alternativo, por lo que se propone utilizar estas conchas para darle un uso importante, mediante la recolección, limpieza, calcinación y trituración se obtendrá un material que sea beneficioso a la pasta cementante que se aspira diseñar. Conforme al INEI, la captura de almejas que se registró en las bahías de Chimbote al cierre del 2016, fue aproximadamente 13960 kg, por lo cual esta investigación resulta ser sostenible y además brinda nuevos conocimientos que pueden ser aplicados en el campo de la ingeniería.

### **Formulación del Problema**

En el Perú, el sector de la construcción está creciendo, por lo cual existen muchas plantas industriales que fabrican cemento. De acuerdo a ASOCEM (Asociación de productores de cemento) el Perú produce cerca de 6.86 millones de toneladas por año. Por este motivo es necesario elaborar una pasta que tenga las mismas propiedades que la pasta ordinaria sustituyéndole materias primas que no resulten contaminantes en su fabricación.

Es por eso que se le puede dar uso a las cenizas de la cáscara de arroz, ya que están siendo utilizadas actualmente en concreto como elemento adicional y en ladrilleras como fuente energética. A su vez se puede utilizar las cenizas de conchas de las almejas puesto que, al ser un molusco, están siendo recolectados para fines experimentales en la construcción por su alto contenido de óxido de calcio, por lo cual resulta conveniente utilizar ambos recursos naturales en la sustitución parcial al cemento.

Con los puntos planteados anteriormente se formula el siguiente problema.

**¿Es posible obtener una pasta con resistencia mayor a una pasta convencional sustituyéndole parcialmente al cemento en 20% por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz?**

Pasta cementante: Oré (2014) indica que “El concreto es el producto final que está compuesto por un medio ligante denominado pasta (mezcla del agua con cemento), dentro del cual se encuentran embebidas partículas (agregados) de diferentes tamaños” (p. 9).

A su vez, la pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

- El gel, nombre que se le denomina al producto que resulta de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.
- Los poros incluidos en la mezcla.
- El cemento hidratado.
- Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

La pasta como tal, tiene grandes funciones en el concreto:

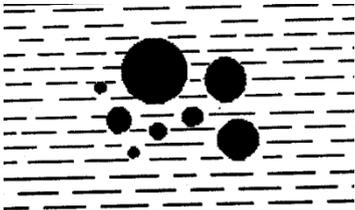
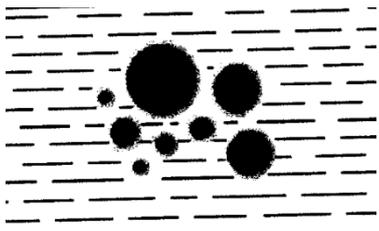
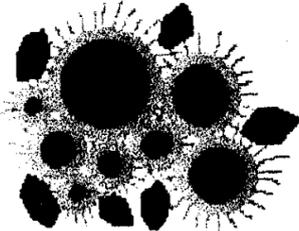
- Contribuye a dotar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- Separar las partículas del agregado.
- Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente en ellas.
- Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta aún no ha endurecido.

Además, la pasta a su vez posee propiedades que dependen de:

- Las propiedades físicas y químicas del cemento.
- Las proporciones relativas del cemento y agua en la mezcla.
- El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre éste y el agua. (Rivva, 2000, pp. 9-10).

**Tabla 1**

*Representación esquemática del proceso de reacción de los granos de cemento con el agua*

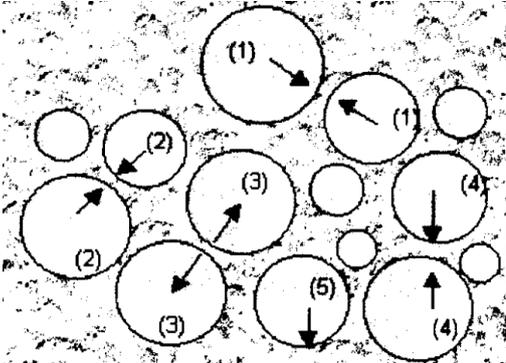
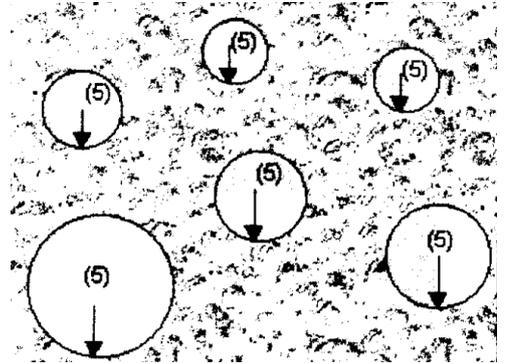
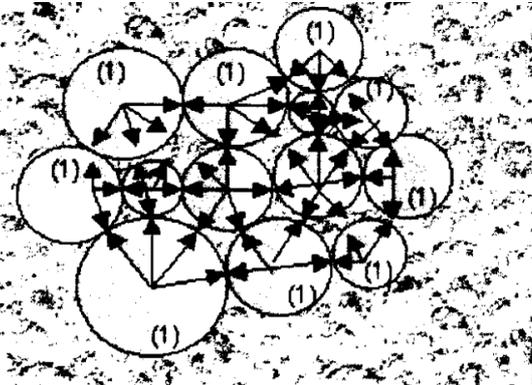
	<p>Los granos de cemento se hallan inmersos en agua en la pasta de cemento recién mezclada, existiendo un estado de disolución que procede una intensa reacción exotérmica inicial.</p>
	<p>Al cabo de 10 minutos como aproximado, se comienza a formar una película gelatinosa alrededor de los granos que impide su hidratación durante una o dos horas, y que es el periodo durmiente.</p>
	<p>Al continuar la hidratación de los granos de cemento, aumenta el espesor de la película creando puntos de contacto e inmovilizando los granos. Se inicia la rigidización y aparecen cristales de hidróxido de calcio.</p>
	<p>Se desarrollan filamentos tubulares en la película gelatinosa que al incrementarse crean un gel de cemento, que aglutina los granos en proceso de hidratación y comunica resistencia mecánica a la pasta endurecida.</p>

Fuente: Tesis Bondades de las Puzolanas en las reacciones degradantes del concreto. (Galvez, A., 2000, p.16).

**Tabla 2**

*Representación esquemática de tres pastas con diferente concentración de cemento por unidad de volumen de pasta*

---

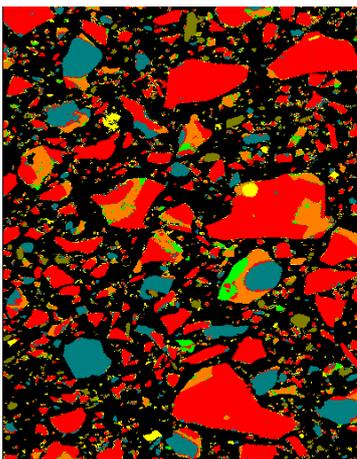
	<p><b>PASTA DE CONSISTENCIA PLÁSTICA</b></p> <p>Los granos de cemento se mantienen dispersos y en suspensión en la solución acuosa, de acuerdo con el balance de las fuerzas actuantes.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) Atracción molecular</li><li>(2) Atracción capilar</li><li>(3) Repulsión electrostática</li><li>(4) Repulsión por la presión de separación</li><li>(5) Fuerza de gravedad</li></ul>
	<p><b>PASTA DE CONSISTENCIA FLUIDA</b></p> <p>Permanecen cuando las fuerzas de gravedad (5). Los granos de cemento disponen de mayor libertad para desplazarse y tienden a sedimentarse en el seno de la solución acuosa. La pasta o lechada prácticamente carece de plasticidad.</p>
	<p><b>PASTA DE CONSISTENCIA SECA</b></p> <p>Se incrementan las fuerzas (1) y (4) pero en el balance predomina la de atracción molecular (1) por lo que los granos tienden a juntarse y a mantenerse unidos. Debido a la falta de movilidad de los granos, la pasta resulta rígida y difícil de moldear.</p>

---

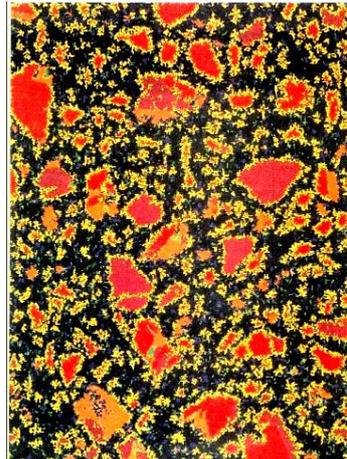
Fuente: Tesis Bondades de las Puzolanas en las reacciones degradantes del concreto. (Galvez, A., 2000, p.18).

Resistencia a la compresión en pastas de cemento: la resistencia final de la pasta de cemento depende casi exclusivamente de la cantidad de agua empleada en el mezclado. Por el contrario, el ritmo o desarrollo del endurecimiento, o sea el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia final, depende por una parte de la composición química y de la finura del cemento y, por la otra, de las condiciones de humedad y de temperatura que se tiene durante el proceso de endurecimiento. (Rivva, 2000, p.78).

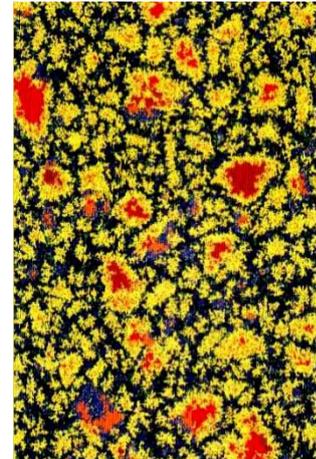
En la figura inferior se muestra la microestructura de una pasta de cemento al tiempo que hidrata. La fase amarilla es el principal producto de hidratación. Al final de la etapa, los bordes amarillos del producto se han interconectado, produciendo un conjunto y pegándose por fuerza mínima. A los 28 días la imagen está dominada por gel CSH y la porosidad ha disminuido notablemente. La cantidad final de porosidad depende fuertemente de la relación a/c de la pasta. Colores: Negro (Agua), Rojo ( $C_3S$ ), Azul ( $C_2S$ ) y Amarillo (Gel CSH). (Jennings & Thomas, 2010, p.48).



**Figura 1.** Cemento que no ha reaccionado: Partículas de cemento se dispersan en agua justo después de la mezcla



**Figura 2.** Reaccionado al 30% de hidratación 1 día



**Figura 3.** Reaccionado al 70% de hidratación 28 días

Cemento portland: Oré (2014) establece que es un “Material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de agua, forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar compuestos estables” (p. 9).

Existen 3 grandes grupos de cementos, que son:

- GRUPO I, CEMENTO PORTLAND:
  - TIPO I, de uso normal, cuando no se necesita ninguna característica especial.
  - Tipo II, moderado calor de hidratación, y resistencia moderada a la acción de los sulfatos.
  - TIPO III, cemento de altas resistencias iniciales.
  - TIPO IV, cemento de bajo calor de hidratación.
  - TIPO V, cemento de alta resistencia al ataque de los sulfatos.
- GRUPO II, CEMENTO PUZOLÁNICO
- GRUPO III, CEMENTO ADICIONADO

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clínker finalmente molido, producido por la calcinación a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas. Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son la piedra caliza y arcilla. La fabricación del cemento, se procede luego que las materias primas, finalmente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400 – 1450 C°), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 metros de longitud y 5.50 metros de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “clínker”, que, al ser enfriado y molido a un polvo muy fino, constituye el cemento portland comercial. Durante el molido se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4 %), para regular la fragua del cemento. El cemento portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se venden en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg o un pie cúbico de capacidad. En aquellos casos que no se conozca el valor real se considerará un peso específico de 3.15. (Abanto, 2010, pp. 15-16).

Según un artículo publicado por la Universidad de Oviedo, España (2016), Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales, nos detalla la composición química del cemento portland.

**Tabla 3**

*Composición química del cemento portland en elementos como óxidos*

ELEMENTOS (COMO ÓXIDOS)	INTERVALO DE CONCENTRACIÓN (%)
CaO (Óxido de calcio)	58 – 68
SiO <sub>2</sub> (Óxido de silicio)	18 – 26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de aluminio)	3 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de hierro)	1 – 6
MgO (Óxido de magnesio)	0 – 5
K <sub>2</sub> O (Óxido de potasio)	0 – 1
Na <sub>2</sub> O (Óxido de sodio)	0 – 1
SO <sub>3</sub> (Óxido de azufre)	0 – 2.5
Otros	0 - 1

Fuente: Lección1. Cemento Portland Generalidades, 2016, p. 15.

Para la elaboración de esta pasta cementante se utilizará, CEMENTO PORTLAND TIPO I PACASMAYO, y se detalla la ficha técnica de este producto para verificar su conformidad de acuerdo a las NTP 334.009 y ASTM C150.

Agua: Es el catalizador (fermento) del cemento, que se presenta en la mezcla del concreto y reacciona químicamente con el cemento para alcanzar una formación de pasta y permitir que el conjunto de la masa obtenga propiedades que en estado fresco proporcionen una adecuada manipulación y colocación de la misma, y que en estado endurecido la conviertan en un producto con propiedades y características diseñadas. Se usa generalmente agua potable, y si no existe un fácil acceso a ésta, se puede utilizar agua de río, de lago u otras fuentes naturales siempre y cuando, estén claras y no tengan un olor apreciable, además de cumplir con los requisitos expuestos en la norma NTP 339.088 (Requisitos de calidad de agua para el concreto). (Oré, 2014, p. 11).

Cáscara de arroz, Santillán & Chervaz (2014), describen a la cáscara de arroz como un subproducto agroindustrial, que por efecto de su calcinación elimina dos de sus

componentes principales, celulosa y lignina, obteniéndose finalmente una sílice amorfa con un alto grado de pureza. Este compuesto actúa como producto puzolánico de alto rendimiento y su contenido de sílice va a depender de las condiciones en que se calcina. La cáscara de arroz tiene una extensión áspera y abrasiva y es muy resistente a la degradación natural.

**Tabla 4**

*Cantidad de ceniza producida por el arroz*

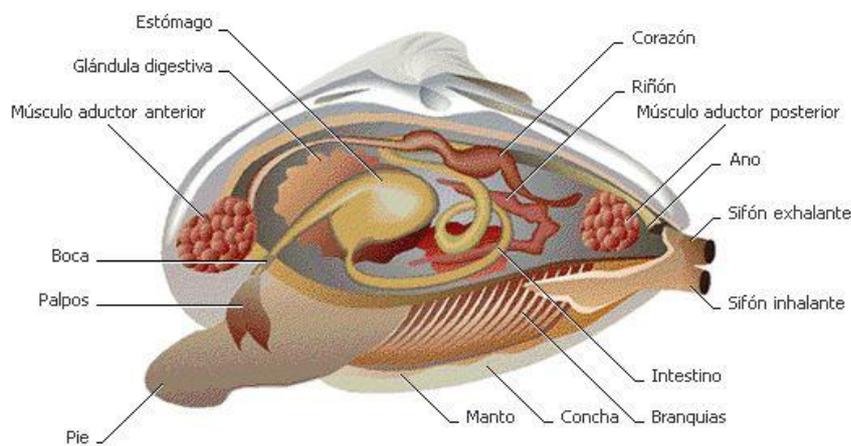
<b>COSECHA</b>	<b>PARTE DE LA PLANTA</b>	<b>CENIZA (% EN PESO)</b>
<b>ARROZ</b>	<b>CÁSCARA</b>	<b>20</b>
<b>ARROZ</b>	<b>PAJA</b>	<b>14</b>

Fuente: Mehta, P.K. "Rice husk ash. A unique supplementary cementing material", 1994.

Mecanismo de puzolanidad, Areski & Monique (2016), nos informa que la ceniza de cáscara de arroz (RHA) se obtiene quemando la cáscara de arroz a temperaturas entre 600°C y 700°C. Este producto es un material puzolánico altamente reactivo, adecuado para su uso en mezclas de cal-puzolana y para el reemplazo de cemento Portland. Contiene una gran cantidad de sílice (del 85% al 90%) y su reactividad a la cal depende de una combinación de tres factores, a saber, el contenido de sílice amorfo, la distribución del tamaño de partícula y la superficie específica. En realidad, RHA se compone de partículas muy finas y desarrolla una superficie altamente reactiva como el humo de sílice. Las investigaciones sobre la producción de cenizas de cáscara de arroz (RHA) que pueden ser incorporadas en concreto y morteros no son recientes. En 1994, Metha P.K. Investigó el efecto del piroproceso (proceso de calentamiento) sobre la reactividad puzolánica de RHA. Desde entonces, se han realizado varios estudios que demuestran la alta puzolanidad de la RHA. Este material también puede utilizarse para la fabricación de hormigón de alto rendimiento, lo que significa una alta trabajabilidad y durabilidad a largo plazo del hormigón. Debido a su alta finura, esta ceniza tiene también propiedades de relleno comparables a las del humo de sílice. Informaron que el cemento puede ser reemplazado con hasta 20% de RHA sin comprometer las prestaciones mecánicas.

Almejas, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2017), Es un molusco bivalvo que habita en aguas saladas. Se entierra en la arena por medio de un pie musculoso y se alimenta de microorganismos vivos por filtración del agua de mar ingerida por un sifón inhalante. Pueden soportar temperaturas de 5 a 30°C. El crecimiento va a depender de la especie y de las condiciones ambientales en las que viven, sobretodo de la temperatura del agua y la cantidad de alimento que exista en su entorno. Las almejas tienen sexos separados y la fecundación es externa. La fecundación tiende a ser en épocas de primavera y verano. Después de la puesta pasan por un estado de larva que vive a merced de las corrientes, hasta los 15 días aproximadamente adoptan una vida bentónica (comunidad formada por los organismos que habitan en el fondo de los ecosistemas acuáticos), y pasan a vivir enterradas. En ésta etapa desarrollan una metamorfosis y pierden el órgano natatorio y desarrollan el pie, las branquias y los sifones.

Al ser un molusco bivalvo, poseen dos valvas o conchas unidas por un filamento que posibilita su apertura o cierre. Poseen cuerpo blando protegido por una delgada concha convexa de 3.5 cm (tamaño mínimo comercial es de 2.5 cm), y con tonalidades que van desde gris claro al oscuro con manchas pardas. Se desplazan abriendo y cerrando sus conchas, tomando impulso de la fuerza que ejercen en el agua. Carecen de ojos y cerebro, pero tienen aparato digestivo (boca y recto) y corazón.



**Figura 4.** Estructura anatómica de la almeja.

Concha de los moluscos (almejas), Valenzuela (2014), nos informa que las conchas son el escudo protector de las partes blandas de los moluscos, como almejas, con ellas se protegen de la desecación y de los depredadores. Así como nuestras células construyen nuestros huesos, los moluscos elaboran sus conchas. Éstas crecen en grosor desde el interior y en superficie por los bordes, porque son las zonas que están en contacto con el manto, que viene a ser el tejido de la parte blanda del animal encargado de depositar el material del que está elaborado la concha. Ésta cubierta dura (concha), está compuesta en su mayoría por una molécula tan común como el carbonato de calcio, en forma de cristales embebidos en una superficie de proteínas y polisacáridos. Carbonato de calcio, Yauri (2013), establece que el carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>) es la principal fuente de calcio (Ca) utilizada en alimentación animal. Se obtiene de forma directa de yacimientos de piedra caliza, tras el secado y trituración en diferentes granulometrías. Su contenido en calcio está en torno al 38% dependiendo de la riqueza en caliza de la roca original. Debido a su origen, el CaCO<sub>3</sub>, contiene cantidades variables de minerales, tales como el magnesio y el hierro.

**Tabla 5**

*Composición química de la concha de los moluscos*

	Carbonato cálcico	Conchilla de ostras	Conchilla de moluscos
<b>Fórmula química</b>	Ca(CO <sub>3</sub> )	Ca(CO <sub>3</sub> )	Ca(CO <sub>3</sub> )
<b>Nº CAS</b>	471-34-1	471-34-1	471-34-1
<b>Humedad, %</b>	2.0	0.3	1.0
<b>Cenizas, %</b>	98	97.5	96.7
<b>Calcio, %</b>	38.6	37.2	37
<b>Fósforo, %</b>	0.01	0.03	0.02
<b>Sodio, %</b>	0.07	0.40	0.30
<b>Potasio, %</b>	0.07	0.06	0.05
<b>Cloro, %</b>	0.02	0.08	0.05
<b>Magnesio, %</b>	0.3	0.28	0.35
<b>Azufre, %</b>	0.07	0.08	0.08
<b>Hierro (mg/kg)</b>	620	400	400
<b>Cobre (mg/kg)</b>	12	8	8

Fuente: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Fuentes de Calcio (2011)

En la tabla superior, se muestra el contenido de carbonato de calcio que presentan las conchas de los moluscos, tomando como ejemplo las almejas. El carbonato de calcio pasado por un proceso de calcinación aproximada de 600° C, se obtiene el Óxido de

Calcio, que se puede utilizar convenientemente como sustituyente parcial al cemento, ya que éste dentro de su composición química contiene entre 58% y 68% de este elemento. *Ver Tabla 3. Composición química del cemento Portland en elementos como óxidos.*

Métodos de análisis térmicos, son un grupo de técnicas en las que se mide una propiedad física de una sustancia y/o de sus productos de reacción en función de la temperatura mientras la sustancia se somete a un programa de temperatura controlado.

Entre estas técnicas tenemos:

- Termo gravimetría (TG), con esta técnica se analiza la evolución del peso de la muestra en función al tiempo o al aumento de temperatura, y nos indica si hay posibles ganancias o pérdidas de peso que sufre la muestra, que son causadas por ejemplo por deshidratación, descomposición o absorción.
- Análisis térmico diferencial (DTA), es una técnica que se mide la diferencia de temperatura entre una sustancia y un material de referencia en función a la temperatura cuando la sustancia y el material de referencia son sometidos a un ciclo de temperatura controlado. Con esta técnica se detectan los fenómenos que se producen en una sustancia a determinada temperatura, como fusión o solidificación, fenómenos de descomposición térmica, oxidación.

La técnica termo gravimetría (TG) nos dice cuando una muestra gana o pierde peso y cuánto, mientras que el análisis térmico diferencial (DTA), nos dice si una reacción o cambio físico es endotérmico o exotérmico. (Lasanta, 2013).

Fluorescencia de Rayos X (FRX), es una técnica que permite la identificación de elementos en una muestra a partir de la lectura de la emisión de Rayos X secundarios que son emitidos desde la muestra, luego de que ésta haya sido expuesta a la irradiación de Rayos X primarios. Cuando los Rayos X primarios provenientes de un tubo de Rayos X o de una fuente radioactiva golpean una muestra, los Rayos X pueden absorberse por el átomo o puede esparcirse a través del material. (De la Cruz, 2018).

Todos los espectrómetros necesitan una fuente de radiación, una muestra y un sistema de detección. En espectrómetros de FRXDE, el tubo de Rayos X que actúa como fuente irradia una muestra directamente, y la fluorescencia procedente de la muestra se mide con un detector de dispersión de energía.

Este detector es capaz de medir las diferentes energías de la radiación característica que proviene directamente de la muestra. El detector puede separar la radiación procedente de la muestra en la radiación de los diferentes elementos presentes en la muestra. Esta separación se denomina dispersión.

### Conceptuación y operacionalización de las variables

**Tabla 6**

*Variable dependiente*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Resistencia a la compresión de una pasta cementante</b>	Carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por agrietamiento o rotura.	Carga máxima que puede soportar una muestra de pasta antes de fallar por rotura.	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7**

*Variable independiente*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Dosificación en porcentajes de ceniza de concha de almeja y ceniza de cáscara de arroz</b>	Sustitución parcial al cemento, por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz en el diseño de una pasta.	Proporción (3:1), 15% cenizas de concha de almeja y 5% cenizas de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis

La sustitución del cemento en 20% por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz en proporción 3:1 respectivamente, que, debido a sus componentes puzolánicos permitirían obtener una mayor resistencia a la compresión frente a una pasta convencional.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Determinar la resistencia de una pasta sustituyendo al cemento en 20% por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz en proporción 3:1 respectivamente.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar los materiales y ubicación de las zonas de extracción.
- Determinar el grado de calcinación de las cáscaras de arroz y las conchas de almejas mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial.
- Determinar la composición química de las cenizas de cáscara de arroz y las cenizas de conchas de almejas mediante el análisis de Fluorescencia de Rayos X.
- Determinar el pH de las cenizas de cáscara de arroz y cenizas de concha de almeja y el peso específico de las combinaciones.
- Determinar y comparar la resistencia de la pasta patrón y experimental a los 3, 7 y 28 días de curado.

## II. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo aplicada, ya que el producto que se obtuvo es un cemento adicionado, que, para medir su resistencia a la compresión, se hizo mediante una pasta, y teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, se comprobó de manera experimental la resistencia a la compresión, sustituyendo al cemento por 15% de cenizas de concha de almeja y 5% por cenizas de cáscara de arroz. Los resultados que se obtuvieron mediante los ensayos, nos sirven para optimizar recursos en la producción de productos cementantes y a la vez proporciona un uso adecuado y productivo a las conchas de almejas y cáscaras de arroz.

### Diseño de investigación

A esta investigación le correspondió un diseño **experimental** del tipo en **bloque completo al azar**, puesto que es un procedimiento en el cual se evalúa el comportamiento de una pasta comparándola con una nueva combinación, sustituyendo al cemento en 20% por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz en proporción 3:1 respectivamente, siendo el diseño de investigación el siguiente:

**Tabla 8**

*Diseño en bloque completo al azar*

Días de curado	Resistencia de una pasta sustituyendo al cemento por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz	
	0%	20% Proporción (3:1)
3		
		
		
7		
		
		



Fuente: Elaboración propia

### Población y muestra

La población estuvo conformada por probetas de 4cm de alto y 2cm de diámetro, que están contenidas dentro de un molde de bronce, las cuales fueron elaboradas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP. Al no existir una normativa que limite la cantidad mínima de población, en esta investigación se trabajó con 18 especímenes de pasta, 9 sin sustitución y 9 sustituidas por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz.

Para la elaboración de las unidades de estudio (probetas) se utilizaron las siguientes referencias:

- Cáscaras de arroz obtenidas del molino “San Carlos” ubicado en el distrito de Santa.
- Concha de almejas extraídas del balneario El Dorado.
- Cemento Portland Tipo I, Pacasmayo

### Técnicas e instrumentos de investigación

**Tabla 9**

*Técnicas e instrumentos de investigación*

TÉCNICA	INSTRUMENTO	ÁMBITO
<b>Observación científica</b>	• Guía de observación	<u>Grupo control</u> Muestras de probetas de pasta convencional (sin modificar).
	• Resumen • Fichas técnicas de los ensayos a realizarse	<u>Grupo experimental</u> Muestras de probetas de pasta cementante modificadas con: • Sustitución al cemento en 20%, por 15% de cenizas de concha de abanico y 5% de cenizas de cáscara de arroz (proporción 3:1).

Fuente: Elaboración propia

Por ser una investigación que se basa en el método experimental, de nivel cuasi – experimental, además que a la variable independiente “Dosificación en porcentajes de cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz”, se le modificó sustituyendo al cemento en 20% por cenizas de concha de almejas y cenizas de cáscara de arroz en proporción 3:1 respectivamente, se escogió por usar como Técnica de Investigación, la Observación Científica, y en base a esto se pretende determinar la resistencia a la compresión de dicha pasta, en otras palabras, el investigador controló directamente el fenómeno de estudio, el cual se apoyó en la aplicación de los ensayos respectivos.

**Metodología de trabajo comprendió las siguientes etapas:**

**Caracterización de la cáscara de arroz:** Se recogió la muestra de cáscara de arroz del molino San Carlos”, ubicado en el distrito de Santa, departamento de Áncash. Las coordenadas UTM son:

- Este: 762003m
- Norte: 90060025m
- Huso: 17L
- Hemisferio: Sur
- Elevación: 19msnm

Para poder iniciar la caracterización de la cáscara de arroz, se necesitaron los siguientes materiales: 1 saco de polipropileno, 1 mortero de madera, pedazo de tela organza, bolsas de papel y tamiz N° 200.

El material fue recogido de arroz recién pilado y se escogió la proporción más adecuada, después se cuarteó, luego se continuó limpiándola del polvillo y de cualquier pajilla ajena a las cáscaras mediante la tela organza. Se hizo un pre calcinado a fuego abierto obteniéndose un material de color oscuro, eliminando la celulosa y la lignina para que en la ceniza quede sólo la sílice y para obtener un material puzolánico. Para poder obtener la temperatura de activación el material fue analizado en el Laboratorio De Polímeros en la Universidad Nacional de Trujillo a través del ensayo Análisis Térmico Diferencial. Después de los resultados se calcinó a 400°C por 2 horas en un horno tipo mufla, el cual se dejó enfriar por 24 horas, después se empezó con la molienda en un mortero de madera. El peso inicial de las cáscaras de arroz fue de 196.3gr., después de la calcinación fue 82.4gr. Obteniendo así una pérdida del 58.02%

(113.9 gr.). Finalmente, para poder realizar la activación mecánica se tamizo el material por el tamiz N° 200 (75 um).

**Caracterización de las conchas de almeja:** Las conchas de almejas fueron extraídas del balneario El Dorado, ubicado en el Distrito de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Áncash. Sus coordenadas son:

- Latitud: -9.18492
- Longitud: -78.5663

Para comenzar con la caracterización de las conchas de almejas, se necesitaron 1 bolsa grande, 1 batea, 1 motero de madera, pedazo de tela organza, bolsas de papel y tamiz N° 200.

El material fue extraído del balneario El Dorado. Se recolectaron 15 Kg. Los cuales fueron llevados a una batea para su limpieza y separar la parte blanda de las conchas. Para obtener la temperatura de activación el material fue analizado en el Laboratorio De Polímeros en la Universidad Nacional de Trujillo a través del ensayo Análisis Térmico Diferencial. Se dejaron secar al aire libre por 24 horas, para después ser llevados al horno tipo mufla y calcinarlas a 750°C por 1 ½ horas, dejándolas nuevamente enfriar por 24 horas. El peso inicial de las conchas de almejas fue de 3923gr., después de la calcinación fue 3795gr, obteniendo así una pérdida del 3.26% (128 gr.). Se procedió con su molienda después del tiempo establecido en un mortero de madera y finalmente para poder realizar la activación mecánica se tamizo el material por el tamiz N° 200 (75 um).

Para conocer la composición química de ambos materiales, se hizo mediante el Ensayo de Fluorescencia de Rayos X, en el Laboratorio de Arqueometría en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

También se procedió a realizar el Análisis de pH para conocer el grado de alcalinidad o acidez de los materiales (cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz) y de la combinación (cemento con sustitución del 20% en proporción 3:1). El análisis se realizó en el laboratorio “COLECBI” S.A.C., ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote.

Para la elaboración de la pasta patrón, se calcularon 40gr. para la elaboración de 6 probetas, tomando como referencia el proyecto de investigación de Santiago D. (2018),

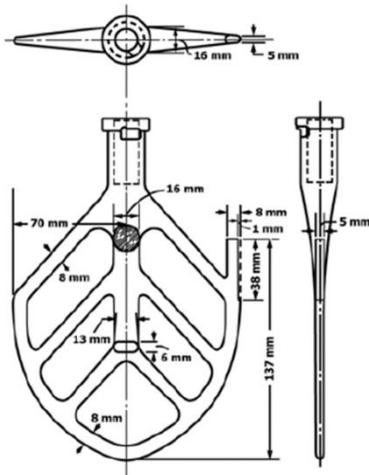
además se siguió relación agua/cemento igual a 0.45 que se tuvo como referencia del artículo publicado por Jeffrey J. Thomas. Para la relación agua/cemento de la pasta experimental en proporción 3:1 se siguió la misma referencia.

Después de la elaboración de las pastas, se desencofraron a los 7 días, posterior a ello se registró el peso antes y después del tiempo de curados (3, 7 y 28 días).

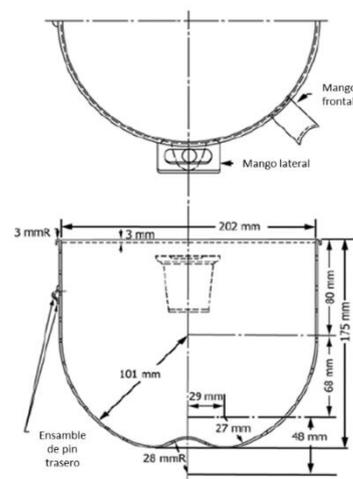
La norma ASTM C305, nos indica los pasos procedimientos para la elaboración de mezclas de pastas:

Se colocan la paleta mezcladora y el recipiente de mezcla 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 deja reposar 30 segundos mientras se absorbe el agua.
- Se mezcla durante 30 segundos a velocidad lenta ( $140 \pm 5$  r/min).
- Se detiene la mezcladora por 15 segundos y durante este tiempo, con el raspador, se arrastra la pasta adherida a la pared del recipiente hacia el fondo.
- Se enciende la mezcladora y se mezcla durante 60 segundos a velocidad media ( $285 \pm 10$  r/min).



**Figura 5.** Paleta mezcladora



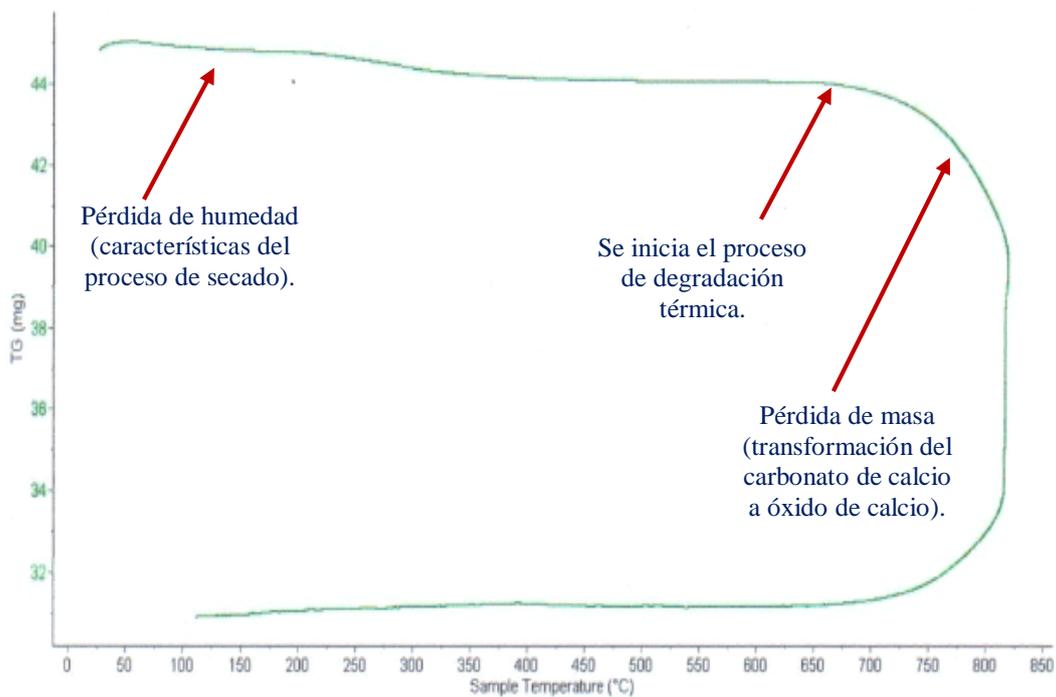
**Figura 6.** Recipiente de mezcla

### III. RESULTADOS

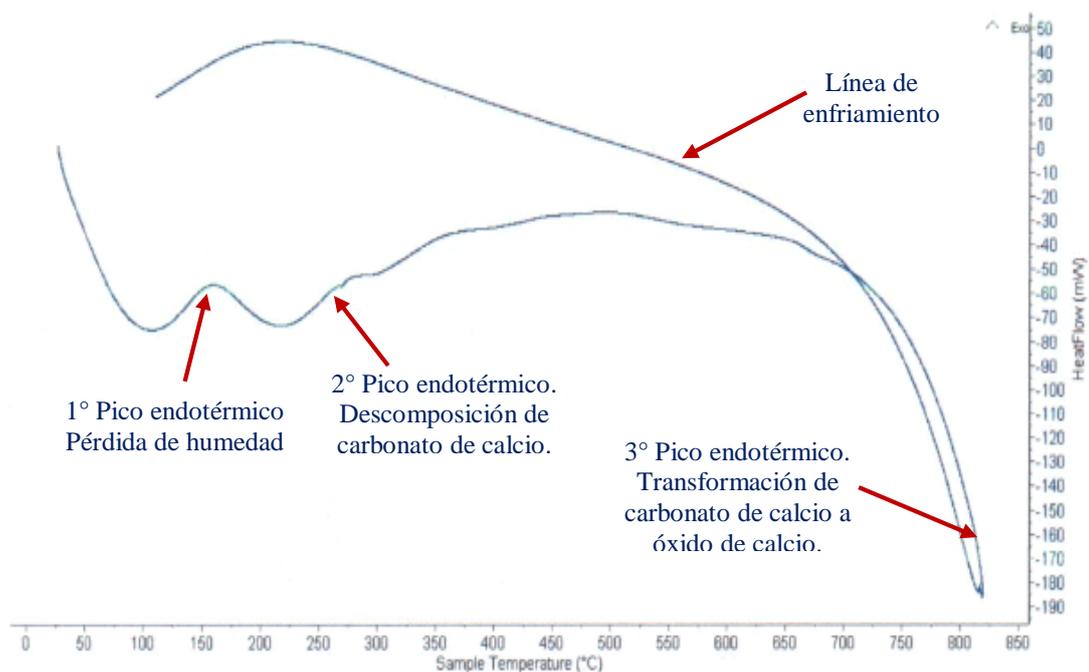
#### Ensayo térmico diferencial

Mediante este ensayo se culminó con el primer objetivo específico, que consiste en encontrar la óptima temperatura de calcinación de la concha de almeja. La cantidad de muestra que se analizó fue de 44.9mg. Se utilizó el Analizador Térmico Simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C, con una tasa de calentamiento de 20°C/min, gas de trabajo – flujo: Nitrógeno, 10 ml/min, el rango de trabajo fue desde 25°C hasta los 900°C. Los resultados se obtuvieron por medio del Análisis Térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico Diferencial DTA y el Análisis Termogravimétrico TGA. El resultado se muestra en la Figura 7. y Figura 8.

#### Polvo de Concha de Almeja



**Figura 7.** Curva de pérdida de masa – Análisis Termo Gravimétrico

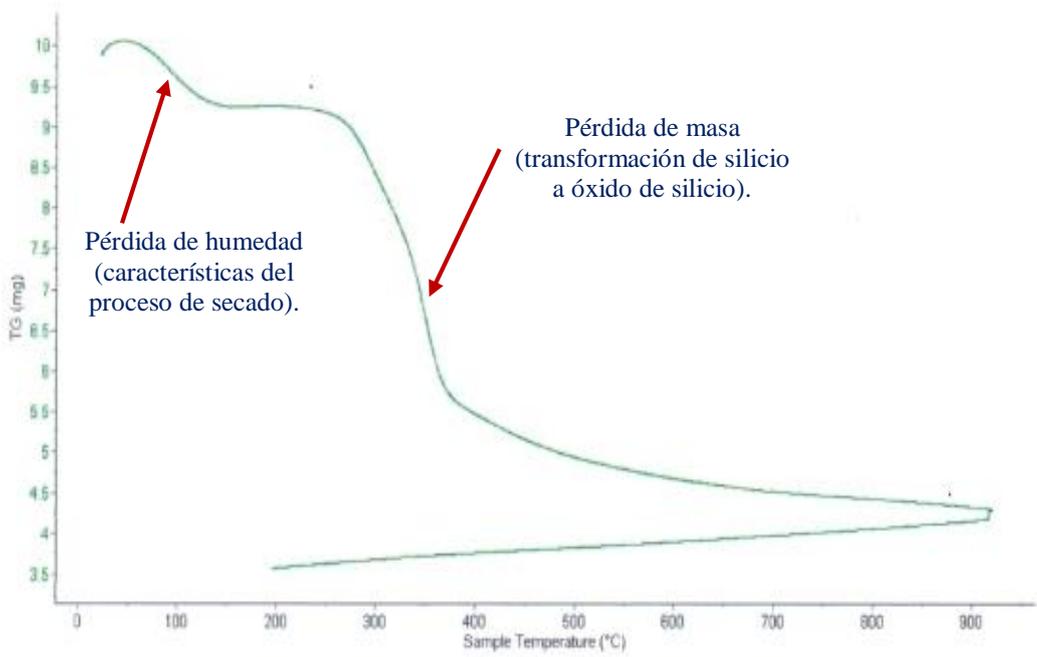


**Figura 8.** Curva Calorimétrica ATD

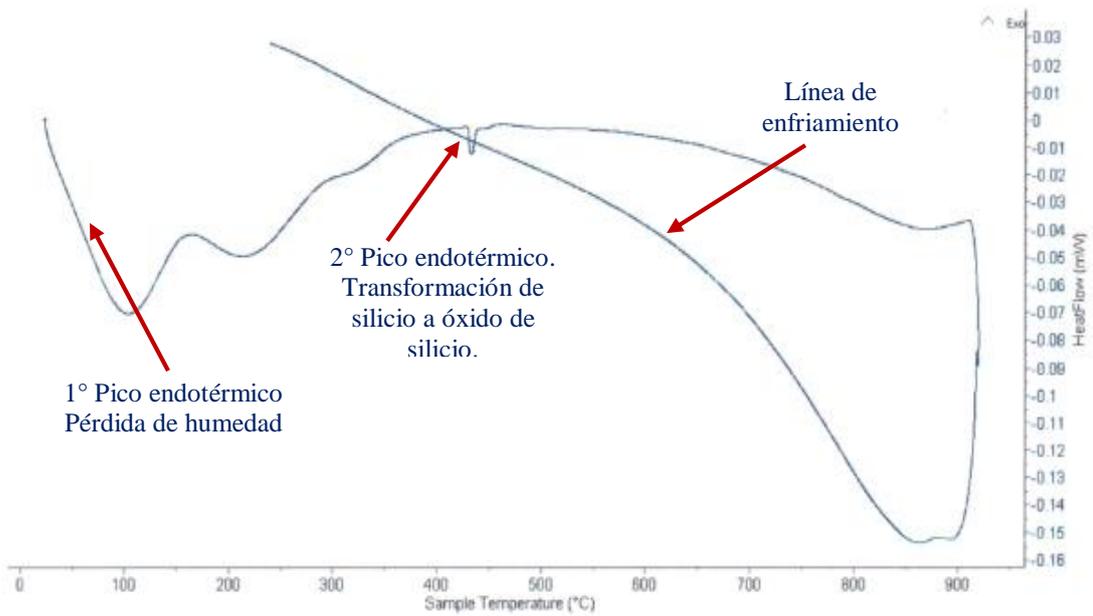
La temperatura de calcinación escogida para las conchas de abanico fue de 750°C, y el tiempo de calcinado fue de 1 ½ horas, siguiendo la referencia de la investigación realizada por Solis, C. (2018).

### **Cáscara de arroz**

La cantidad de muestra que se analizó fue de 10.1mg. Se utilizó el Analizador Térmico Simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C, con una tasa de calentamiento de 20°C/min, gas de trabajo – flujo: Nitrógeno, 10 ml/min, el rango de trabajo fue desde 25°C hasta los 900°C. Los resultados se obtuvieron por medio del Análisis Térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico Diferencial DTA y el Análisis Termo gravimétrico TGA. La temperatura de calcinación escogida para las cáscaras de arroz fue de 400°C, y el tiempo de calcinado fue de 2 horas, siguiendo la referencia de la investigación realizada por Santillán & Chervaz (2014). El resultado se muestra en la Figura 9. y Figura 10.



**Figura 9.** Curva de pérdida de masa – Análisis Termo Gravimétrico



**Figura 10.** Curva Calorimétrica ATD

### Composición química

Para poder conocer la composición química de las cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz, los materiales fueron sometidos al Análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados en el Laboratorio de Arqueometría en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV, y una corriente de 10  $\mu$ A para las cenizas de concha de almeja y 15  $\mu$ A para las cenizas de cáscara de arroz. Los resultados se muestran en la Tabla 10. y Tabla 11.

### Cenizas de concha de almeja

**Tabla 10**

*Composición elemental de cenizas de concha de almeja en % de masa.*

Composición de óxidos	Resultados (%)
<b>Óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)</b>	6.980
<b>Óxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	1.329
<b>Óxido de cloro (ClO<sub>2</sub>)</b>	0.116
<b>Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O)</b>	2.755
<b>Óxido de calcio (CaO)</b>	86.604
<b>Óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)</b>	0.095
<b>Óxido de Manganeso (MnO)</b>	0.011
<b>Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	0.084
<b>Óxido de níquel (Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	0.062
<b>Óxido de cobre (CuO)</b>	1.096
<b>Óxido de zinc (ZnO)</b>	0.566
<b>Óxido de rubidio (RbO<sub>2</sub>)</b>	0.027
<b>Óxido de estroncio (SrO)</b>	0.272
<b>Óxido de zirconio (ZrO<sub>2</sub>)</b>	0.005
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Laboratorio de Arqueometría – UNMSM

## Cenizas de cáscara de arroz

**Tabla 11**

*Composición elemental de cenizas de cáscara de arroz en % de masa.*

Composición de óxidos	Resultados (%)
<b>Óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	2.231
<b>Óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)</b>	87.756
<b>Óxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	0.595
<b>Óxido de cloro (ClO<sub>2</sub>)</b>	1.054
<b>Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O)</b>	5.691
<b>Óxido de calcio (CaO)</b>	1.452
<b>Óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)</b>	0.003
<b>Óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	0.004
<b>Óxido de Manganeso (MnO)</b>	0.366
<b>Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	0.182
<b>Óxido de cobre (CuO)</b>	0.416
<b>Óxido de zinc (ZnO)</b>	0.250
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Laboratorio de Archeometría – UNMSM

### **Peso específico**

Para determinar el peso específico de la combinación (mezcla de cemento sustituyéndolo por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz en proporción 3:1 respectivamente), se siguió la norma de referencia NTP 334.005 (ASTM C 188) “Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico”. Se realizaron en el Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales “Ing. Manuel Gonzáles de la Cotera” ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería. Se utilizó como equipo el Frasco de Le Chatelier. Las muestras fueron elaboradas con cemento Portland Tipo I Pacasmayo. El resultado se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Densidad de muestra elaborada con cemento Portland Tipo I Pacasmayo + cenizas de concha de almeja + cenizas de cáscara de arroz, sustituyendo al cemento en 15% y 5% respectivamente (proporción 3:1).*

<b>Peso de la muestra (g)</b>	<b>Volumen desplazado (mL)</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>63.98</b>	22.20	2.88

Fuente: Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales Ing. MGDLC – UNI

### **Análisis de Potencial hidrógeno (pH)**

El ensayo de potencial hidrógeno (pH) fueron realizadas para las muestras de cenizas de concha de almeja, cenizas de cáscara de arroz, mezcla de cemento + ceniza de cáscara de arroz + ceniza de concha de almeja en proporción 3:1. El ensayo fue realizado en el Laboratorio COLECBI S.A.C. ubicado Nuevo Chimbote. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Resultados de pH*

<b>MUESTRAS</b>	<b>pH</b>
<b>P1: Mezcla de cemento + cenizas de cáscara de arroz + cenizas de concha de almeja en proporción 3:1</b>	12.93
<b>P2: Cenizas de concha de almeja</b>	12.18
<b>P3: Cenizas de cáscara de arroz</b>	7.42

Fuente: Laboratorio COLECBI S.A.C.

### **Proporciones en pesos de las pastas cementantes**

Proporción de cemento, ceniza de concha de almeja y ceniza de cáscara de arroz en peso. La cantidad de agua para las pastas experimentales se tomó en cuenta con la misma cantidad de agua para la pasta patrón. Las proporciones de las pastas patrón y experimental se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14***Proporciones en peso de Cemento + CCAL + CCA para elaboración de pastas*

Proporción de sustitución (porcentaje)	Cantidad de material (gr.)				Relación agua/cemento
	Cemento (C)	Cenizas de concha de almeja (CCAL)	Cenizas de cáscara de arroz (CCA)	Agua (A)	
0%	40	0	0	18	0.45
3:1 (15% CCAL y 5% CCA)	32	6	2	18	0.45

Fuente: Elaboración propia

**Pesos de las pastas luego del desencofrado y periodo de curado****Tabla 15***Peso de las pastas luego del desencofrado y periodo de curado*

Proporción de sustitución (porcentaje)	Periodo de curado (días)	Descripción	Peso (gr.)		
			Desencofrado (7 días)	Después de periodo de curado (días)	
0%	3	P1	23	23	
		P2	23	23	
		P3	23	23	
	7	7	P4	24	26
			P5	24	26
			P6	23	25
		28	P7	23	26.7
			P8	24	26.6
			P9	24	26.4
3:1 (15% CCAL y 5% CCA)	3	P1'	24	24	
		P2'	24	24	
		P3'	24	24	
	7	7	P4'	22	24
			P5'	22	24
			P6'	23	25
		28	P7'	24	26
			P8'	23	25.5
			P9'	23	25.4

Fuente: Elaboración propia

### Resistencia a la compresión de la pasta patrón y experimental

La resistencia a la compresión se realizó en el Laboratorio de Mecánica de suelos ubicado en la Universidad San Pedro. Para realizarse el ensayo se utilizó la “Máquina a la compresión”, marca ELE INTERNATIONAL, con una sensibilidad máxima de 10 toneladas. Los resultados de compresión para las pastas patrón y experimentales se muestran en las siguientes tablas.

#### Pasta Patrón

**Tabla 16**

*Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 3 días de curado*

N° de Probeta	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza de compresión (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
P1	20.11	3.18	822.62	258.99
P2	20.01	3.14	814.46	258.99
P3	20.01	3.14	817.61	259.99
Promedio	<b>20.04</b>	<b>3.16</b>	<b>818.23</b>	<b>259.33</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP

**Tabla 17**

*Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 7 días de curado*

N° de Probeta	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza de compresión (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
P4	19.99	3.14	869	276.89
P5	19.99	3.14	867	276.25
P6	19.99	3.14	867	276.25
Promedio	<b>19.99</b>	<b>3.14</b>	<b>867.67</b>	<b>276.46</b>

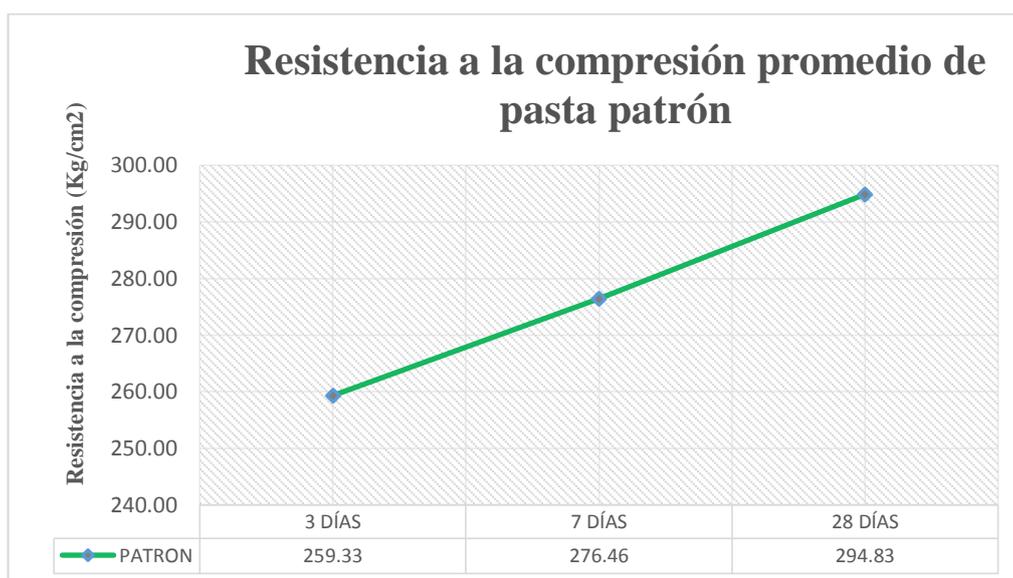
Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP

**Tabla 18**

*Resistencia a la compresión de pasta patrón a los 28 días de curado*

N° de Probeta	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza de compresión (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
P7	20.10	3.17	935	294.67
P8	20.04	3.15	930	294.97
P9	20.04	3.15	930	294.85
Promedio	<b>20.06</b>	<b>3.16</b>	<b>931.67</b>	<b>294.83</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP



*Figura 11.* Curva de resistencia de la pasta patrón.

## Pasta Experimental

**Tabla 19**

*Resistencia a la compresión de pasta experimental a los 3 días de curado*

N° de Probeta	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza de compresión (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P1'</b>	20.08	3.17	500.86	158.16
<b>P2'</b>	19.84	3.09	667.44	215.89
<b>P3'</b>	19.82	3.09	689.07	223.34
<b>Promedio</b>	<b>19.91</b>	<b>3.11</b>	<b>619.12</b>	<b>199.13</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP

**Tabla 20**

*Resistencia a la compresión de pasta experimental a los 7 días de curado*

N° de Probeta	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza de compresión (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P4'</b>	19.96	3.13	441.33	141.04
<b>P5'</b>	20.10	3.17	776.65	244.76
<b>P6'</b>	20.21	3.21	866.70	270.18
<b>Promedio</b>	<b>20.09</b>	<b>3.17</b>	<b>694.89</b>	<b>218.66</b>

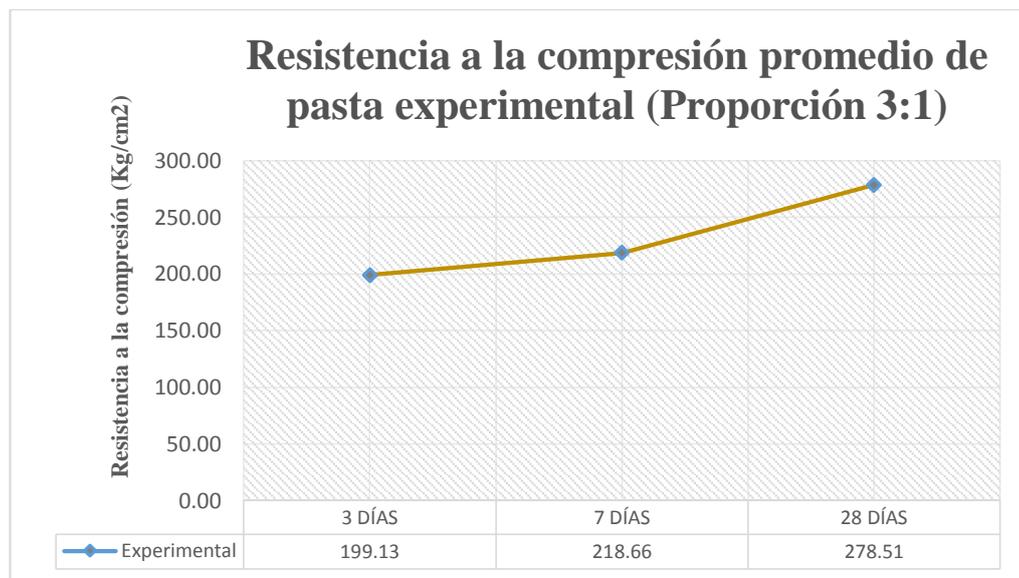
Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP

**Tabla 21**

*Resistencia a la compresión de pasta experimental a los 28 días de curado*

<b>N° de Probeta</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza de compresión (Kg)</b>	<b>Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>P7'</b>	19.98	3.14	872.60	278.31
<b>P8'</b>	19.99	3.14	875.10	278.72
<b>P9'</b>	20.01	3.14	875.80	278.50
<b>Promedio</b>	<b>20.06</b>	<b>3.14</b>	<b>874.50</b>	<b>278.51</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos - USP



**Figura 12.** Curva de resistencia de la pasta experimental.

**Consolidado de resistencia a la compresión de las pastas patrones y pastas experimentales**

**Tabla 22**

*Resultados de resistencia a la compresión de la pasta patrón y pastas experimentales*

Edad	Patrón	Experimental (Proporción 3:1 )
	Kg-F/cm2	Kg-F/cm2
<b>3 Días</b>	258.99	158.16
	258.99	215.89
	259.99	223.34
<b>Promedio</b>	<b>259.33</b>	<b>199.13</b>
<b>7 Días</b>	276.89	141.04
	276.25	244.76
	276.25	270.18
<b>Promedio</b>	<b>276.46</b>	<b>218.66</b>
<b>28 Días</b>	294.67	278.31
	294.97	278.72
	294.85	278.50
<b>Promedio</b>	<b>294.83</b>	<b>278.51</b>

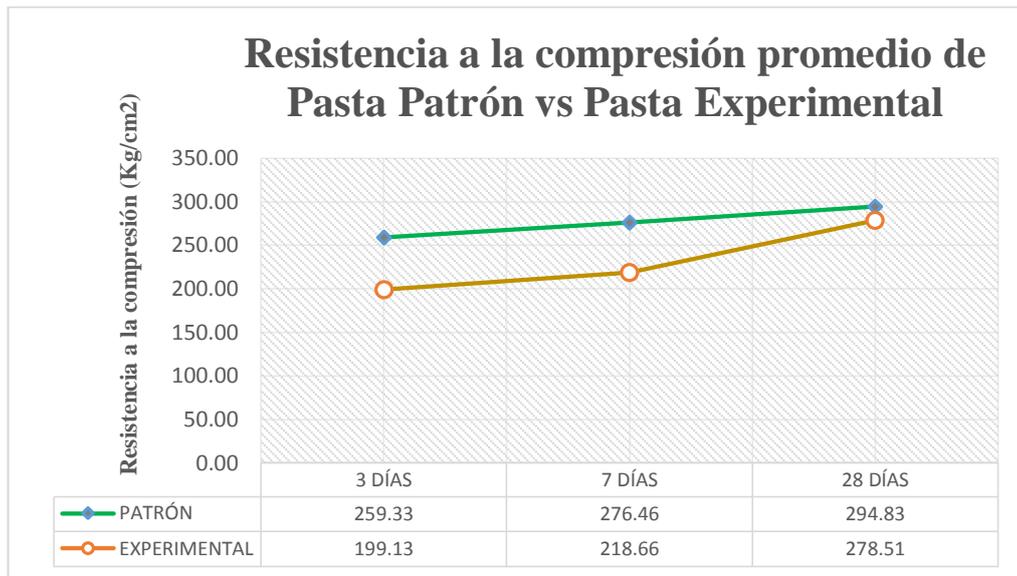
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23**

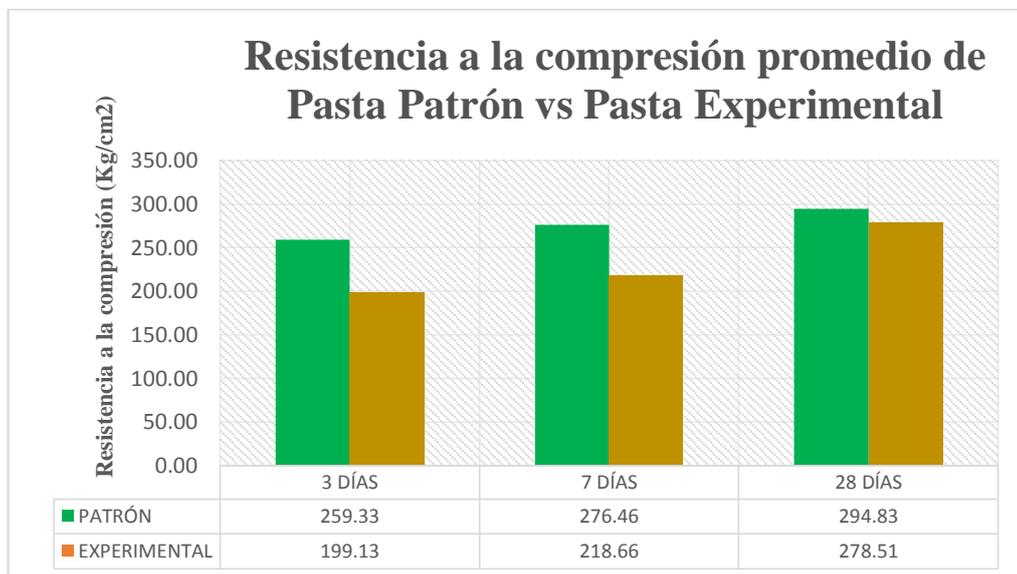
*Variación porcentual de la resistencia a la compresión de las pastas en función a la edad*

Edad (Días)	Patrón		Experimental (Proporción 3:1 )	
	Kg / cm2	Variación porcentual	Kg / cm2	Variación porcentual
<b>3</b>	259.33		199.13	
<b>7</b>	276.46	6.605%	218.66	9.808%
<b>28</b>	294.83	6.645%	278.51	27.317%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Resistencia a la compresión promedio de pasta patrón y pasta experimental – Curvas



**Figura 14.** Resistencia a la compresión promedio de pasta patrón y pasta experimental - Barras

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el Análisis térmico gravimétrico de las conchas de almejas, la Figura 7. Nos muestra una importante estabilidad térmica hasta los 750°C, y a partir de ésta una aparece una caída de la masa hasta los 820°C. El material llegó a perder un 13% de su masa inicial aproximadamente cuando alcanzó la máxima temperatura del ensayo, y de acuerdo a la Curva Calorimétrica DTA Figura 8. Se evidencia un pico endotérmico a 100°C y 220°C, luego uno mayor a los 820°C, que marca un cambio estructural (oxidación) y en características del material.

Para el Análisis térmico gravimétrico de las cáscaras de arroz, en la Figura 9. Se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80°C y 120°C, y la más pronunciada que se da entre los 250°C y 350°C, posteriormente la caída de la masa es lenta, hasta llegar a perder un 54% de su masa inicial cuando alcanzó la máxima temperatura de ensayo. Y según la Curva Calorimétrica DTA Figura 10. Se aprecia picos endotérmicos entre 100°C y 210°C, que demuestra la pérdida de humedad adherida al material, y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 420°C, luego entre 850°C y 900°C se muestra una estabilidad térmica, estas temperaturas indican que existen cambios estructurales en el material.

Según los resultados de Fluorescencia de Energía Dispersiva (FRXDE) de la concha de almeja nos demuestra que después de ser calcinadas por 1.5 horas a 750°C, éstas contienen entre sus componentes más predominantes 86.604% de CaO, 6.980% de SiO<sub>2</sub>, 2.755% de K<sub>2</sub>O y 1.329% de SO<sub>2</sub> (Tabla 10). Por su parte, las cenizas de cáscara de arroz que fueron calcinadas por 2 horas a 400°C contienen entre sus componentes más resaltantes 87.576% de SiO<sub>2</sub>, 5.691% de K<sub>2</sub>O, 2.231% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 1.452% de CaO. En las conchas de almejas el material predominante es el CaO (86.604%) y en las cáscaras de arroz es el SiO<sub>2</sub> (87.576%). Ambos valores nos permiten evaluar la actividad puzolánica bajo la norma ASTM C618, que indica que los precursores puzolánicos deben ser mayores al 70%, en el cual ambos valores lo superan.

Para el análisis de pH como referencia tenemos al cemento, que comprende un valor entre 11 y 13.5. En los resultados de pH de las cenizas de concha de almeja, resulto ser un material muy alcalino con un resultado de concentración de iones hidrógeno de 12.18. Por lo cual se puede entender que, mezclándolo con el cemento, no afectará su grado de alcalinidad. Para las cenizas de cáscara de arroz, tenemos un valor más bajo que el cemento, con un resultado de 7.42, el cual lo hace un material básico (alcalino), el cual puede combinarse con el cemento, haciendo que éste (cemento) no se vuelva ácido. Cuando se obtiene un valor de 7, la sustancia es neutra, si es mayor a 7 es alcalina o base y si es menor se considera ácida. Y por último la combinación de cemento + CCAL + CCA en proporción 3:1 respectivamente nos dio un resultado de 12.93. Por lo tanto, se afirma que el cemento obtenido con las sustituciones parciales a éste (cemento), por cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz no afectara a su medición de alcalinidad del material.

El resultado del ensayo de densidad del cemento (peso específico) nos mostró un valor de  $2.88 \text{ g/cm}^3$ . La limitación establecida por algunas normas técnicas nos indica un valor igual o superior a  $3 \text{ g/cm}^3$ , lo cual, se cumple prácticamente siempre. La determinación del peso específico relativo de los cementos consiste en establecer la relación entre una masa de cemento (gr) y el volumen (ml) de líquido que esta masa desplaza en el matraz de Le Chatelier. El valor del peso específico del cemento es un factor que tiene cierta relevancia en el estudio de las propiedades de este elemento, pero hay que indicar que no es un índice de su calidad, sino por el contrario es usado para el cálculo de peso y volúmenes en una mezcla de concreto y para deducir otras características del cemento principalmente.

Los resultados de la resistencia a la compresión de las pastas patrón y experimental, se muestran en la Tabla 22, al hacer el ensayo de resistencia a la pasta patrón a los 3, 7 y 28 días, obtuvimos resultados de  $259.33 \text{ kg/cm}^2$ ,  $276.46 \text{ kg/cm}^2$  y  $294.83 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, y los resultados de la pasta experimental a los 3, 7 y 28 días son:  $119.13 \text{ kg/cm}^2$ ,  $218.66 \text{ kg/cm}^2$  y  $278.51 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. En ningún suceso la pasta experimental pudo superar al patrón en las edades analizadas, esto lo podemos analizar de acuerdo a los resultados del peso específico para la combinación de

Cemento + CCAL + CCA que obtuvimos mediante el ensayo, que nos arrojó un valor de 2.88 g/cm<sup>3</sup>, el cual no llega a superar al valor 3 g/cm<sup>3</sup> que es comúnmente encontrar en el cemento, por lo tanto tenemos un masa inferior por una unidad de volumen en esta combinación.

Además, existe una pequeña presencia de Óxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en ambos materiales tratados, tanto para la ceniza de concha de almeja como para la ceniza de cáscara de arroz, que en presencia de oxígeno y humedad forman el ácido sulfúrico. Como consecuencia, provocaría que los átomos de los materiales (cemento + CCAL + CCA) no logren mezclarse conjuntamente, y esto se vea reflejado al momento de analizar las muestras a un proceso de ruptura. Otro factor muy importante es la relación agua/cemento, que para para ambas muestras, patrón y experimental, se usó la misma proporción, y de acuerdo a los resultados obtenidos, hay que considerar una mayor proporción en esta relación (a/c) para que así todos los elementos puedan hidratarse adecuadamente.

Se aprecia en la Figura 13. Resistencia a la compresión promedio de pasta patrón vs experimental, que hay una línea marcada en los resultados de la pasta patrón (línea verde), no obstante, para los días 3 y 7 de la pasta experimental (línea naranja) resultan ser paralelas al patrón en las mismas edades, hasta el día 28, en el cual, la pasta experimental logra obtener una cercanía frente a la pasta patrón. Esto se debe a que en la primera semana la combinación Cemento + CCAL + CCA no se hidrataron adecuadamente, y eso lo vemos reflejado con el valor del peso específico de esta, ya que las CCA tardan en lograr el proceso de hidratación por lo cual hace que exista un retardo en la hidratación de todas las moléculas presentes en la mezcla. Al llegar a los 28 días, se llega a una hidratación del 70% en la pasta (Jeffrey, 2010) y tomando en cuenta que hay un 80% de cemento neto y un 20% de una sustitución, observamos que el Cemento + CCAL + CCA lograron hidratarse en conjunto, obteniendo una mezcla mucho más fuerte y menos porosa.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A razón del análisis realizado en la presente investigación se concluye que:

Los materiales que se sustituyeron al cemento cumplen funciones puzolánicas siguiendo los ensayos Análisis Térmico Diferencial y Espectrometría de Rayos X.

El grado de alcalinidad de la combinación del cemento + CCAL + CCA (12.93) estuvo dentro del rango establecido para el pH del cemento que se establece entre 11 y 13.

El valor de peso específico de la combinación Cemento + CCAL + CCA es inferior al cemento, por lo cual influye directamente al momento de combinarla con agua y realizar el ensayo de compresión.

Existe una pequeña presencia de Óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) en los materiales a reemplazar, por lo cual significa una complicación al momento de mezclar los materiales.

La resistencia de la pasta experimental no aumenta frente a la pasta patrón cuando se le sustituye los materiales activados.

En base a los resultados se recomienda lo siguiente:

Explorar con diferentes tiempos y grados de calcinación para las activaciones térmicas tanto para las conchas de almejas como para las cáscaras de arroz.

Vibrar y chusear adecuadamente el molde para elaborar la pasta, evitando que se creen burbujas que pueden afectar al resultado final de los ensayos.

Tener un buen ambiente al momento del curado, de preferencia a temperatura ambiente, alejándose de altas temperaturas.

Realizar el ensayo de compresión siguiendo la NTP 334.051 “Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de mortero de cemento Pórtland, usando especímenes cúbicos de 50mm de lado”, para poder verificar y comparar los valores obtenidos experimentalmente con los de la normativa, y así obtener una referencia más precisa de nuestros resultados.

Realizar el ensayo siguiendo la NTP 334.006 “Cementos: Requisitos”, para poder evaluar la consistencia normal y el tiempo de fraguado mediante el uso de la aguja de Vicat.

Siguiendo la NTP 334.001 “Cemento: Definiciones”, podemos encontrar una definición precisa para la combinación Cemento + CCAL + CCA, el cual se denomina “Cemento adicionado ternario: un cemento adicionado hidráulico que consiste en cemento Pórtland con una combinación de dos puzolanas diferentes”, por lo cual se puede examinar con diferentes porcentajes de combinación en los materiales activados para poder obtener un óptimo porcentaje de sustitución.

Ensayar las muestras, patrón y experimental, a edades 30, 60 y 90 días, puesto que, según los resultados, la pasta experimental logra tener una cercanía a la pasta patrón a los 28 días, por lo cual se recomienda aumentar los días de ensayo y así evaluar su comportamiento, y analizar si hay un aumento o no en los resultados.

## **VI. AGRADECIMIENTO**

En esta hoja expreso mi amplio agradecimiento y estima a cada una de las personas, que con su apoyo y tiempo, me permitieron realizar este presente proyecto de investigación, al Ing. Robert Sigüenza Abanto por su ayuda en los trabajos de laboratorio y un agradecimiento especial a mi asesor Ing. Miguel Ángel Solar Jara, por su paciencia y dedicación a la revisión de este trabajo, y a su vez por dotarme de amplios conocimientos y dar soluciones a ciertos inconvenientes que se presentaron para poder finalizar con esta investigación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2010). *Tecnología del Concreto*. Perú: Editorial San Marcos
- Anónimo. *Leccion 1. Cemento Portland. Generalidades*. Recuperado de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.CementoPortland.GENERALIDAD ES.B.pdf>
- Areski, T. & Monique T. (2016). *Valorization of Locally Available Industrial and Agro-Industrial Wastes in Concrete: A Sustainable Solution, Université de Sherbrooke, Canada*.
- De La Cruz, E. (2018). *Fluorescencia de Rayos X y su aplicación en la determinación de elementos químicos en determinadas muestras*. Tesis de titulación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2011). *Fuentes de calcio*. Recuperado de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/fuentes-de-calcio](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-calcio)
- Gálvez, A. (2000). *Bondades de las puzolanas en las reacciones degradantes del concreto*. Tesis inédita de titulación. Universidad de Sonora, México.
- Jennings, H. & Thomas, J. (2010) *The Science Of Concrete, Departament of Civil and Environmental Engineering*. Northwestern University, Evaston, United States.
- Lasanta, I. (2013). *Estudio de Adiciones de Bismuto en Aleaciones Zinc-Aluminio*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, (2014). *Almeja fina, babosa y japonesa*. Recuperado de <http://www.mapama.gob.es/app/jacumar/especies/Documentos/Almejas.pdf>
- Matienzo, J. (2018). *Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de la concha de abanico y 12% por las cenizas de la cáscara de arroz*. Tesis de titulación. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

- Metha, P.K. (1994). *Rice husk ash. A unique supplementary cementing material". Advances in concrete technology*. Second Edition. Editorial Canmet.
- MINAGRI, (2019). *Producción de arroz en el Perú*. Recuperado de [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/IV\\_CENSO\\_NACIONAL\\_ARROZ-2019%20\(1\).pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/IV_CENSO_NACIONAL_ARROZ-2019%20(1).pdf)
- Norma Técnica Peruana, NTP 334.005 (2011). *Cementos: Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Portland*.
- Oré, J. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto*. Perú: Cartolán Editores. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?id=73>
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Capítulo Peruano ACI, San Isidro, Lima. Recuperado de <https://kupdf.net/downloadFile/59c041ac08bbc54a13686f7c>
- Santiago, D. (2018). *Conductividad térmica y resistencia a compresión de una pasta sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de arroz y ceniza de residuos calcáreos de conchas de abanico*. Tesis de titulación. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Santillan, V. & Chervaz, F. (2014). *Actividad puzolánica de cenizas de cáscara de arroz. Estudio de factibilidad en el empleo como adición para el cemento*. CEVOCI, Santa Fe, Argentina.
- Solis, C. (2018). *Resistencia de una pasta cementante sustituyendo en 5% por polvo de almeja (semele sp) y 15% por ceniza de cola de caballo*. Tesis de titulación. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Valenzuela, A. (2014). *De qué están hechas las conchas marinas*. Recuperado de <http://www.rtve.es/noticias/20140816/estan-hechas-conchas-marinas/993500.shtml>

Yauri, M. (2013). *Evaluación de tres niveles de harina de vísceras de ave como fuente de proteína en la alimentación de pollos parrilleros*. Tesis de titulación. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

## VIII. ANEXO Y APÉNDICE

### Anexo 01: Análisis Térmico Diferencial del Polvo de Almeja.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 59 - FEB-20**

**Solicitante:** Denys Orlando Reque Ramírez – Universidad San Pedro  
**RUC/DNI:** 72728749  
**Supervisor:** .....

#### 1. MUESTRA: Polvo de almeja (1.5 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PA-59F	44.9 mg	.....

#### 2. ENSAYOS A APLICAR

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

#### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 44.9 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa  
**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo



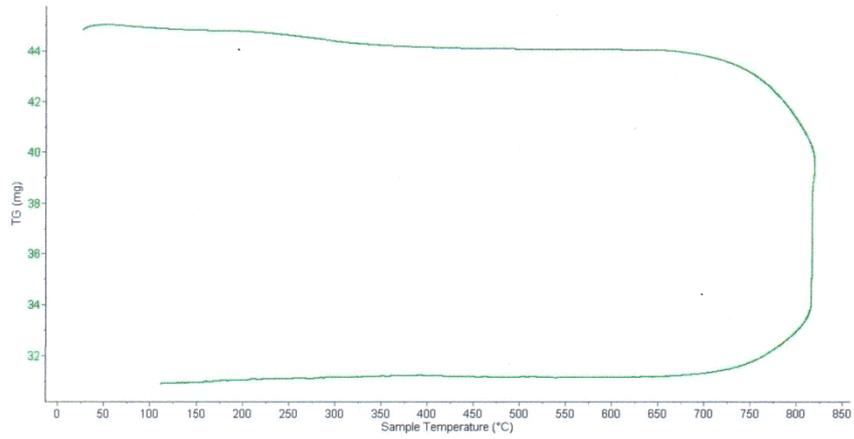


Trujillo, 12 de febrero del 2020

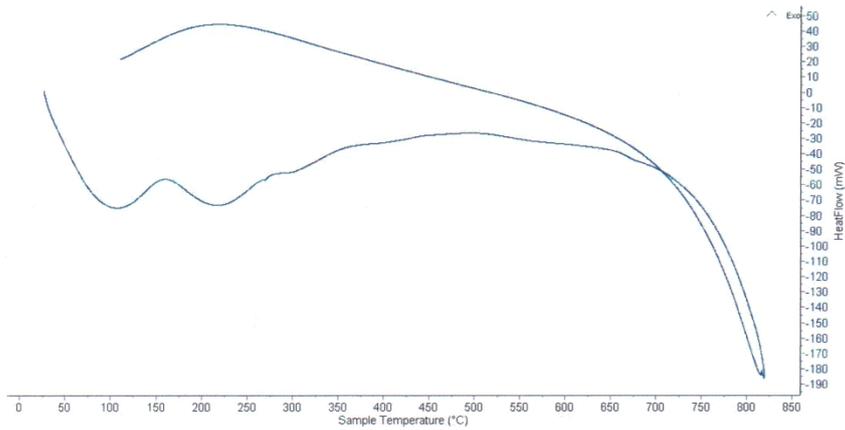
INFORME N° 59 - FEB-20

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo, Perú

LABORATORIO DE POLIMEROS DPTO. I.MAT.  
JEFATURA  
*[Signature]*



Trujillo, 12 de febrero del 2020

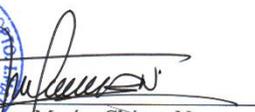
**INFORME N° 59 - FEB-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica hasta los 750°C que comienza caer, el material llegar a perder un total de 13% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede evidenciar un pico endotérmico a 100°C y 220°C, luego uno mayor a 850°C, que marcaría una posible temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 12 de febrero del 2020



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

## Anexo 02: Análisis Térmico Diferencial de la Cáscara de Arroz.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 60 - FEB- 20**

**Solicitante:** Denys Orlando Reque Ramirez – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 72728749

**Supervisor:** .....

### 1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-60F	10.1 mg	.....

### 2. ENSAYOS A APLICAR

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

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 10.1 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



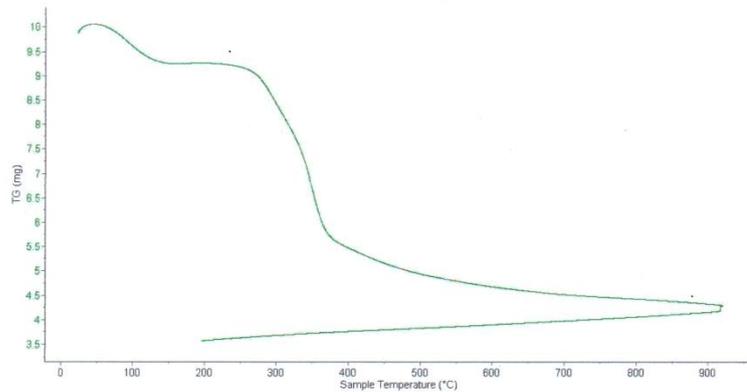


Trujillo, 12 de febrero del 2020

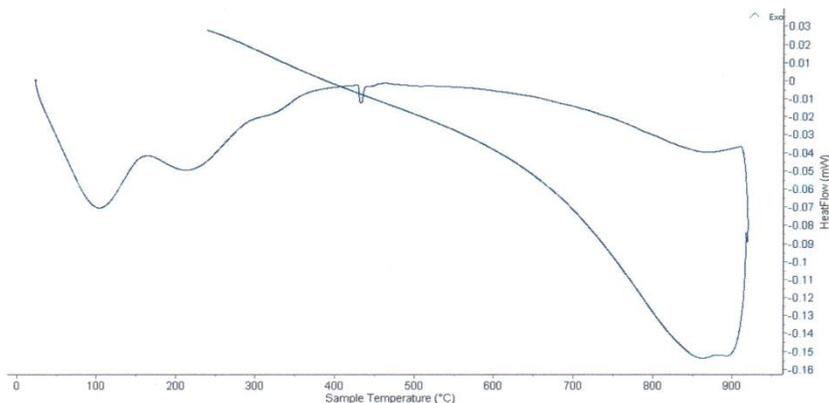
INFORME N° 60 - FEB- 20

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [damchavez@hotmail.com](mailto:damchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 60 - FEB- 20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la más importante, la segunda, se da entre 250 y 350°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 54% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C, posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 420°C, finalmente entre 820 y 890 se muestra una banda térmica; estas temperaturas (o rangos) podrían indicar cambios estructurales y de las características del material.

Trujillo, 12 de febrero del 2020



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

## **Anexo 03: Análisis de Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía de cenizas de concha de almeja.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N° 036 - LAQ/2020**

### **Análisis de ceniza de concha de almeja por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de conchas de almeja del Sr. **Reque Ramírez, Denys Orlando**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

#### **"Resistencia de una Pasta Sustituyendo al Cemento por Cenizas de Concha de Almeja y Cenizas de Cáscara de Arroz."**

La muestra fue previamente calcinada a 750°C durante hora y media y está en la forma de grano fino de color blanco.

#### **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 10  $\mu$ A. Para acumular el espectro se utilizó 2048 canales de memoria donde se registraron un millón de cuentas. Los espectros se acumularon con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; con distancia de muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2710 cts/s.

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

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



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

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

---

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 de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

**Resultados.**

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un proceso de calcinación. La concentración total de estos óxidos resulta ser bastante menor que



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

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

100%. Esto indica que puede contener compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no detecta, y/o diferentes de óxidos y/o existe una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cenizas de concha de almeja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
SiO <sub>2</sub>	4.163	6.980
SO <sub>2</sub>	0.793	1.329
ClO <sub>2</sub>	0.069	0,116
K <sub>2</sub> O	1.643	2.755
CaO	51.653	86.604
TiO <sub>2</sub>	0.057	0.095
MnO	0.006	0.011
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.050	0.084
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.037	0.062
CuO	0.653	1.096
ZnO	0.338	0.566
RbO <sub>2</sub>	0.016	0.027
SrO	0.162	0.272
ZrO <sub>2</sub>	0.003	0.005
Total	59.643	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

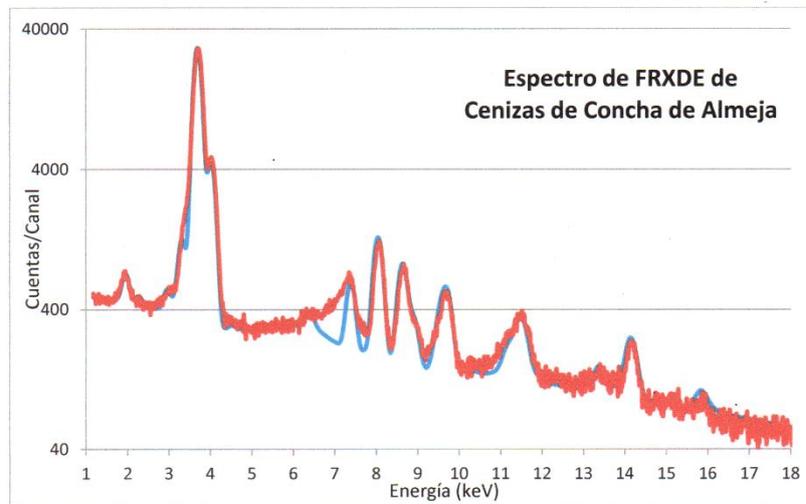


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas de concha de almeja en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 28 de Febrero del 2020

## **Anexo 04: Análisis de Fluorescencia de Rayos X dispersiva en energía de cenizas de cáscara de arroz.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N° 020 - LAQ/2020**

### **Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cáscara de arroz a pedido del Sr. **Reque Ramírez, Denys Orlando**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

#### **"Resistencia de una Pasta Sustituyendo al Cemento por Cenizas de Concha de Almeja Cenizas de Cáscara de Arroz."**

La muestra fue previamente calcinada a 400°C durante 2 horas, y está en la forma de grano fino de color negro.

#### **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. Para acumular el espectro se utilizó 2048 canales de memoria donde se registraron un millón de cuentas. Los espectros se acumularon con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; con distancia de muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1940 cts/s.

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

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



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

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

---

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 de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

**Resultados.**

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un proceso de calcinación. La concentración total de estos óxidos resulta ser ligeramente mayor



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

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

que 100%. Esto indica que puede contener compuestos diferentes de óxidos y/o existe una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cenizas de cáscara de arroz en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.301	2.231
SiO <sub>2</sub>	90.526	87.756
SO <sub>2</sub>	0.614	0.595
ClO <sub>2</sub>	1.087	1.054
K <sub>2</sub> O	5.870	5.691
CaO	1.498	1.452
TiO <sub>2</sub>	0.003	0.003
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.004
MnO	0.377	0.366
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.188	0.182
CuO	0.429	0.416
ZnO	0.258	0.250
Total	103.157	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

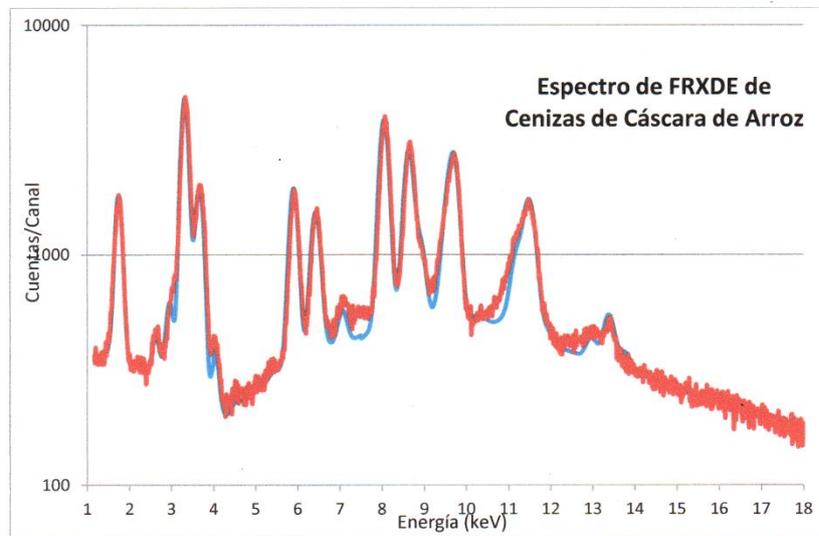


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas de cáscara de arroz en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 28 de Febrero del 2020

**Anexo 05:** Análisis de pH de combinación de pasta proporción 3:1, cenizas de concha de almeja y cenizas de cáscara de arroz.



**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° 20200302-009**

Pág. 1 de 1

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	: DENIS ORLANDO REQUE RAMIREZ
DIRECCIÓN	: Urb. Los Héroes Mz.C2 Lote 60 Nuevo Chimbote
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-03-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-03-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-03-02
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 200302-5

**RESULTADO**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
P1 MEZCLA DE CEMENTO+ CENIZA DE CASCARA DE ARROZ+CENIZA DE CONCHA DE ALMEJA EN PROPORCION 3:1	12,93
P3 CENIZA DE CONCHA DE ALMEJA	12,18
P2 MEZCLA DE CEMENTO+ CENIZA DE CASCARA DE ARROZ+CENIZA DE CONCHA DE ALMEJA EN PROPORCION 3:2	13,05
P4 CENIZA DE CASCARA DE ARROZ	1,42

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: **Muestras por COLECBI S.A.C. ( )**  
Proporcionadas por el Solicitante (X)
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- 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.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI ( ) NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 03 del 2020.  
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.R. 226  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

**Anexo 06:** Calcinación de las conchas de almejas.



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : Denys Orlando Reque Ramirez

ASUNTO : Calcinación de Muestras

FECHA DE RECEPCION : 10/02/20

FECHA DE ENTREGA : 11/02/20

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Perdida (gr)
Concha de Almeja	Calcinación	750	1.5 Horas	3923	3795	128

Chimbote, 11 de Febrero de 2020

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

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

## Anexo 07: Calcinación de las cáscaras de arroz.



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### ANALISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : Denys Orlando Reque Ramirez  
ASUNTO : Calcinación de Muestras  
FECHA DE RECEPCION : 12/02/20  
FECHA DE ENTREGA : 13/02/20

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Perdida (gr)
Cáscara de Arroz	Calcinación	400	2 Horas	1069	955	114

Chimbote, 13 de Febrero de 2020

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

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

**Anexo 08:** Ensayo para determinar la densidad de cemento hidráulico, combinación en proporción 3:1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por  
 Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

---

Pág. 1 de 1

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : DENYS ORLANDO REQUE RAMIREZ  
**Obra** : TESIS: "RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJA Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ"  
**Asunto** : Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico.  
**Expediente N°** : 20-0935-01  
**Recibo N°** : 70316  
**Fecha de emisión** : 10/03/2020

---

**1. DE LA MUESTRA** : Muestras elaboradas con cemento Portland tipo I Pacasmayo + cenizas de concha de almeja + cenizas de cascara de arroz sustituyendo al cemento en 15% y 5% respectivamente.

**2. DEL EQUIPO** : Frasco de Le Chatelier.

**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 334.005 (ASTM C 188) Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico.

**4. RESULTADOS** :

PESO DE LA MUESTRA (g)	VOLUMEN DESPLAZADO (mL)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
63.96	22.20	2.88

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M. A. Tejada G.  
 Técnico : Sr. R.V.M.

  
 Ing. Isabel Moroni Nakate  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---

**UNI-LEM**  
*La Calidad es nuestro compromiso*  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



**Anexo 09: Resultados de resistencia de pasta patrón a los 3 días de curado.**

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
 TESIS : RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 06/07/2020

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01 PATRON 3 DIAS	2/03/2020	23.00	1.830	4.00	2.011	12.57	3.176	822.62	258.99
02 PATRON 3 DIAS	2/03/2020	23.00	1.830	4.00	2.001	12.57	3.145	814.46	258.99
03 PATRON 3 DIAS	2/03/2020	23.00	1.830	4.00	2.001	12.57	3.145	817.61	259.99
Promedio de Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )									<b>259.33</b>

UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE MACORIS  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lib. Mecánica de Fluidos y de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE

**Anexo 10: Resultados de resistencia de pasta patrón a los 7 días de curado.**

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

**SOLICITA** : BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
**TESIS** : RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
**LUGAR** : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
**FECHA** : 06/07/2020

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Diametro	Volumen	Area	Carga	Resistencia f'c
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PATRON 7 DIAS	21/02/2020	26.00	2.069	4.00	1.999	12.57	3.138	869.00	276.89
02	PATRON 7 DIAS	21/02/2020	26.00	2.069	4.00	1.999	12.57	3.138	867.00	276.25
03	PATRON 7 DIAS	21/02/2020	25.00	1.989	4.00	1.999	12.57	3.138	867.00	276.25
<b>Promedio de Resistencia f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>										<b>276.46</b>


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DE MECANICA DE FLUIDOS Y MATERIALES

  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

**Anexo 11: Resultados de resistencia de pasta patrón a los 28 días de curado.**

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

**SOLICITA :** BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
**TESIS :** RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
**LUGAR :** CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
**FECHA :** 06/07/2020

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Diametro	Volumen	Area	Carga	Resistencia f'c
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	Maxima (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PATRON 28 DIAS	28/02/2020	26.70	2.125	4.00	2.010	12.57	3.173	935.00	294.67
02	PATRON 28 DIAS	28/02/2020	26.60	2.117	4.00	2.004	12.57	3.153	930.00	294.97
03	PATRON 28 DIAS	28/02/2020	26.40	2.101	4.00	2.004	12.57	3.154	930.00	294.85
Promedio de Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )									<b>294.83</b>	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DE INGENIERIA CIVIL  
 Mg. Miguel Soza Jara  
 JEFE

**Anexo 12:** Resultados de resistencia de pasta experimental proporción 3:1 a los 3 días de curado

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

**SOLICITA :** BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
**TESIS :** RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
**LUGAR :** CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
**FECHA :** 06/07/2020

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Nº	ELEMENTO									
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	9/03/2020	24.00	1.910	4.00	2.008	12.57	3.167	500.86	158.16
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	9/03/2020	24.00	1.910	4.00	1.984	12.57	3.092	667.44	215.89
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	9/03/2020	24.00	1.910	4.00	1.982	12.57	3.085	689.07	223.34
Promedio de Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )									199.13	


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Mg. Miguel Sokor Jara  
 JEFE

**Anexo 13:** Resultados de resistencia de pasta experimental proporción 3:1 a los 7 días de curado.

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

**SOLICITA :** BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
**TESIS :** RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
**LUGAR :** CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
**FECHA :** 06/07/2020

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Diametro	Volumen	Area	Carga	Resistencia f <sub>c</sub>
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	Máxima (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 7 DIAS	28/02/2020	24.00	1.910	4.00	1.996	12.57	3.129	441.33	141.04
02	EXPERIMENTAL 7 DIAS	28/02/2020	24.00	1.910	4.00	2.010	12.57	3.173	776.65	244.76
03	EXPERIMENTAL 7 DIAS	28/02/2020	25.00	1.989	4.00	2.021	12.57	3.208	866.70	270.18
<b>Promedio de Resistencia f<sub>c</sub></b> (kg/cm <sup>2</sup> )									<b>218.66</b>	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN MATERIAS PLASTICAS  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 DIRECTOR

**Anexo 14:** Resultados de resistencia de pasta experimental proporción 3:1 a los 28 días de curado.

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS - PASTAS**  
(MTC E 609-ASTM C 109)

**SOLICITA :** BACH. REQUE RAMIREZ DENYS ORLANDO  
**TESIS :** RESISTENCIA DE UNA PASTA SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE CONCHA DE ALMEJAS ( VENERUPIS PULLASTRA) Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ  
**LUGAR :** CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
**FECHA :** 06/07/2020

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Diametro	Volumen	Area	Carga	Resistencia f <sub>c</sub>
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	Maxima (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 28 DIAS	6/03/2020	26.00	2.069	4.00	1.998	12.57	3.135	872.60	278.31
02	EXPERIMENTAL 28 DIAS	6/03/2020	25.50	2.029	4.00	1.999	12.57	3.140	875.10	278.72
03	EXPERIMENTAL 28 DIAS	6/03/2020	25.40	2.021	4.00	2.001	12.57	3.145	875.80	278.50
									<b>Promedio de Resistencia f<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>278.51</b>


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE HUANCABAMBA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA DE MAQUINARIAS  
 Mg. Miguel Solís Jara  
 I.P.E.

**Anexo 15: Panel Fotográfico**



**Proceso de calcinación de las conchas de almejas a 750°C**



**Trituración de las conchas de almeja después de 24 horas de haberse calcinado**



**Molienda y tamizado de las cenizas de las conchas de almeja**



**Calcinación de las cáscaras de arroz a 400°C**



**Colación de las cáscaras de arroz previa calcinación al aire libre al horno tipo mufla a 400°C por 2 horas**



**Retiro de las cenizas de cáscara de arroz luego del tiempo de calcinación**



**Preparación de los materiales para iniciar la elaboración de pastas**



**Colocación de los materiales en la batidora, siguiendo los pasos establecidos por la norma**



**Vaciado de la pasta en los moldes cilíndricos 2cm diámetro por 4 cm de altura**



**Enrazado del molde para la fabricación de las pastas**



**Desencofrado luego de 7 días de las pastas**



**Peso de las muestras luego del desencofrado a los 7 días**