

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



**Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo el
cemento en un 5% y 10% por ceniza de caracol (Thais
chocolata “caracol negro”)**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

De La Cruz Vera, Segundo Pablo

Asesor:

Cerna Chávez, Rigoberto

Chimbote - Perú

2020

Palabras claves

Tema : Mortero
Especialidad : Tecnología de materiales

Keywords

Topic : Mortar
Specialty : Materials technology

Línea de investigación

Línea de investigación : Construcción y gestión de la construcción
Área : Ingeniería y tecnología
Sub área : Ingeniería civil
Disciplina : Ingeniería de la construcción

Título

Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo el cemento en un 5% y 10% por ceniza de caracol (Thais chocolata “caracol negro”)

Title

Compressive strength of a mortar replacing cement in 5% and 10% with snail ash (Thais chocolata “black snail”)

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como propósito principal el de encontrar un nuevo material que sirva de sustituto porcentual del cemento y que determinando la resistencia a la compresión del mortero reemplazando por cenizas de caracol a un 5% y 10% al cemento nos ayude a cumplir con los objetivos.

La metodología de la presente investigación consiste primero en la activación mecánica y térmica del caparazón de caracol, posteriormente se selecciona la cantera de donde se obtiene el agregado fino (arena gruesa), luego se inicia el proceso de elaboración de los especímenes de mortero utilizando cemento portland tipo I; para el cumplimiento de los objetivos, se realizan una serie de ensayos en el laboratorio con la finalidad de lograr el ensayo final como es el de la resistencia a la compresión.

Los resultados del ensayo a compresión de 3, 7 y 28 días respectivamente fueron los siguientes: **Mortero Patrón:** 293.3 kg/cm², 349.0 kg/cm² y 384.0 kg/cm²; **Mortero Experimental 5%:** 259.0 kg/cm², 281.7 kg/cm² y 307.3 kg/cm²; y **Mortero Experimental 10%:** 216.7 kg/cm², 196.7 kg/cm² y 280.7 kg/cm².

Abstrac

The main purpose of this research project is to find a new material that serves as a percentage substitute for cement and that determines the compressive strength of the mortar, replacing it with snail ashes at 5% and 10% to the cement that helps us to fulfill with the objectives.

The methodology of the present investigation consists first of the mechanical and thermal activation of the snail shell, then the quarry is selected from where the fine aggregate (coarse sand) is obtained, then the process of making the mortar specimens using cement portland type I is started; for the achievement of objectives, a series of tests are carried out in the laboratory in order to achieve the final test such as compression resistance.

The results of the compression test of 3, 7 and 28 days respectively were the following: **Standard Mortar:** 293.3 kg/cm², 349.0 kg/cm² and 384.0 kg/cm²; **Experimental Mortar 5%:** 259.0 kg/cm², 281.7 kg/cm² and 307.3 kg/cm²; and **Experimental Mortar 10%:** 216.7 kg/cm², 196.7 kg/cm² and 280.7 kg/cm².

Índice General

| | Pág. |
|--|------|
| Resumen..... | iv |
| Abstrac | v |
| Índice de Figuras..... | vii |
| Índice de Tablas | viii |
| I. Introducción..... | 1 |
| II. Metodología..... | 21 |
| III. Resultados | 31 |
| IV. Análisis y discusión | 45 |
| V. Conclusiones y recomendaciones..... | 56 |
| VI. Agradecimiento | 58 |
| VII. Referencias bibliográficas | 59 |
| VIII. Anexos | 62 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figure 1. Caparazón de caracol de mar "Thais chocolata" | 14 |
| Figure 2. Bancos naturales de invertebrados comerciales entre Caleta Santa y Bahía El Ferrol. | 15 |
| Figure 3. Proceso de procedimiento experimental. | 26 |
| Figure 4. Curvas Termo Gravimétrico. | 31 |
| Figure 5. Curvas de Calorimetría ATD. | 31 |
| Figure 6. Curva granulométrica. | 34 |
| Figure 7. Grafica espécimen de mortero vs medias marginales del análisis del programa SPSS. | 44 |
| Figure 8. Pesos de los especímenes y su relación con la hidratación. | 47 |
| Figure 9. Cuadro comparativo de las resistencias a la compresión por grupos de los especímenes a los 3, 7 y 28 días. | 49 |
| Figure 10. Cuadro comparativo de las resistencias medias a la compresión por grupos patrón, exp. 5% y exp. 10% de los especímenes a los 3, 7 y 28 días. | 49 |
| Figure 11. Cambio volumétrico producido por la excesiva sustitución superiores al 10% y un exceso de CaO superiores al 2%. | 51 |
| Figure 12. Formación de curva atípica y su relación con el CaO (relación CaO libre - % de sustitución). | 55 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Compuestos principales y materias primas del cemento portland | 9 |
| Tabla 2. Límites de composición aproximados para el Cemento Portland Tipo1 ... | 11 |
| Tabla 3. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado | 11 |
| Tabla 4. Granulometría de la arena gruesa | 12 |
| Tabla 5. Desembarque de caracol en los puertos de Chimbote | 16 |
| Tabla 6. Desembarque de recursos marítimos en tonelada métrica bruta para consumo fresco, según especie, 2009-2014..... | 16 |
| Tabla 7. Tolerancia permisible para tiempo de ensayo..... | 17 |
| Tabla 8. Conceptualización y operacionalización de la variable dependiente..... | 19 |
| Tabla 9. Conceptualización y operacionalización de la variable independiente | 19 |
| Tabla 10. Cálculo del número de especímenes (cubos de mortero) | 24 |
| Tabla 11. Técnicas e instrumentos de investigación..... | 25 |
| Tabla 12. Peso específico de las muestras | 28 |
| Tabla 13. Determinación del potencial hidrógeno (Ph) | 28 |
| Tabla 14. Composición química | 29 |
| Tabla 15. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global | 29 |
| Tabla 16. Determinación de fluidez de las pastas de mortero | 30 |
| Tabla 17. Resistencia a la compresión de los especímenes de morteros | 30 |
| Tabla 18. Ensayo para la determinación del peso específico de los materiales..... | 32 |
| Tabla 19. Ensayo de Ph de los materiales..... | 32 |
| Tabla 20. Composición química elemental de la ceniza de caracol | 32 |
| Tabla 21. Composición química de los óxidos de la ceniza de caracol..... | 33 |
| Tabla 22. Granulometría de la arena gruesa | 33 |
| Tabla 23. Gradación de la arena gruesa | 34 |
| Tabla 24. Determinación de la proporción de materiales | 35 |
| Tabla 25. Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero patrón A/C (0.485) | 35 |
| Tabla 26. Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero Experimental 5% A/C (0.492) | 36 |

| | |
|---|----|
| Tabla 27. Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero Experimental 10% A/C (0.500) | 36 |
| Tabla 28. Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 3 días y su dispersión. | 37 |
| Tabla 29. Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 7 días y su dispersión. | 37 |
| Tabla 30. Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 28 días y su dispersión. | 38 |
| Tabla 31. Cuadro resumen comparativo del promedio de las resistencias a la compresión a los 3, 7 y 28 Días. | 38 |
| Tabla 32. Resultados de pesos obtenidos a los 3 días y su dispersión. | 39 |
| Tabla 33. Resultados de pesos obtenidos a los 7 días y su dispersión. | 39 |
| Tabla 34. Resultados de pesos obtenidos a los 28 días y su dispersión. | 40 |
| Tabla 35. Estadísticos descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión | 41 |
| Tabla 36. Prueba ANOVA de los grupos del ensayo de resistencia a la compresión | 42 |
| Tabla 37. Pruebas post hoc | 43 |
| Tabla 38. Pruebas de efectos inter – sujetos de la relación resistencia peso | 48 |

I. Introducción

Hoy en nuestra sociedad, donde el sentido de proteger a nuestro medioambiente se superpone como una condicional necesaria para su preservación, es decir, modos de reciclar y reutilizar materiales así como recursos, que son productos de desechos de la actividad humana, constituyen la base de herramientas políticas en gestión del medio ambiente dentro de empresas dedicadas a la construcción de obras de gran escala, mediana escala y pequeña escala., sin olvidar la intervención del estado como ente generador de políticas generales a través de sus órganos competentes.

Ante esta situación, este estudio demostrará que los desperdicios del caparazón de caracol son de ayuda como sustituto al cemento usado en las construcciones; por lo que, esto podría utilizarse en diferentes campos de la ingeniería civil como es el sector construcción.

Es así que, se obtiene beneficios tanto en lo medioambiental y económico, 1. Por la reducción de la cantidad de desechos (desperdicios de la valva de caracol) que son vertidos o arrojados en áreas no autorizadas y 2. La generación de ingresos por la utilización de estos desechos como materia prima en el sector construcción.

Este proyecto tiene por objetivo analizar y determinar la resistencia a la compresión de cubos de mortero de 50x50mm de lado, al sustituir parcialmente el cemento por ceniza de la valva de caracol “Thais Chocolate” conocido comúnmente como caracol negro.

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

1.1.1. ANTECEDENTES

Zaid & Ghorpade (2014) en su “Investigación Experimental de Ceniza de Caracol (SSA) como Reemplazo Parcial del Cemento Portland Ordinario en Concreto”. El objetivo era evaluar en qué porcentaje de sustitución de ceniza de caracol por cemento se obtenía una buena resistencia a la compresión. La investigación se realizó tomando muestras de la playa de Chennai (India) para luego transformarlas en cenizas de caracol y usarlas como reemplazo parcial del cemento pasando el tamiz 90 μm (malla 175), se usó un cemento portland ordinario con un reemplazo del 0%, 5%, 10% y 15% de esta ceniza. Se utilizaron Cubos (150mm) y Cilindros de dimensiones de 150mm de diámetro y 300mm de altura. Los resultados de la investigación de los especímenes y de la muestra patrón dio resultados positivos en cuanto a la mejora de la resistencia para una sustitución del 5% de la ceniza de caracol aumentándose la resistencia, para las demás muestras del 10% y 15% se observó que las resistencias disminuían cuanto más era la sustitución de dicho material.

Adekunle, Shodolapo & Kamoru (2015) en su Investigación Experimental “Utilización de conchas de moluscos para la producción de concreto para el medio ambiente sostenible”. En su trabajo se presenta la aplicabilidad de residuos de cultivo de moluscos, especialmente los caparazones en sustitución parcial o total de áridos gruesos y Cemento Portland Ordinario (OPC), entre los tres tipos de moluscos utilizados, así como sus cenizas están: ceniza de cáscara de bígara (PSA), ceniza de concha de ostras (OSA) y ceniza de concha de caracol (SSA), las cuales fueron molidas y tamizadas a través de un tamiz de malla de 63 micras para análisis. Las densidades específicas para PSA, OSA y SSA fueron 2.50, 2.33 y 2.44 respectivamente. Los resultados mostraron que las cenizas de caparazón contenían los principales componentes químicos del cemento Portland: CaO , SiO_2 y Al_2O_3 con altos porcentajes de CaO y SiO_2 , lo que explica su resistencia. Los constituyentes químicos de los tres tipos de cenizas de concha son en realidad comparables. Se concluyó finalmente que tanto los caparazones gruesos como las cenizas son eficaces como

agregados y como sustituciones del cemento hasta 100% y 10% respectivamente. Por tanto, esta investigación ayudara con datos necesarios corroborando que el uso del material de la ceniza de caracol es aplicable en la sustitución del cemento obteniéndose buenos resultados.

Tatineni & Muvvala (2016) en su Investigación “Un estudio experimental sobre las propiedades de resistencia del concreto al reemplazar parcialmente el cemento con ceniza de concha de caracol”; en el cual el objetivo era evaluar la idoneidad de la ceniza de concha de caracol como reemplazo parcial del Cemento Portland Ordinario (OPC, por sus siglas en ingles). Para la realización de este estudio experimental, se recogieron las conchas de caracol y se liberaron de cualquier materia orgánica e inorgánica, calentándose a una temperatura de 600°C a 800°C y se pulverizaron, a este polvo se denomina ceniza de concha de caracol (SSA, por sus siglas en inglés). Tal polvo fue capaz de pasar a través de un tamiz de 90 μ . El concreto utilizado fue de grado M30 y, en consecuencia, el diseño de la mezcla se realizó utilizando IS 10262-2009. Se realizó un reemplazo sistemático de OPC con 10%, 20%, 30% y 40% de SSA. Se elaboraron cubos y cilindros de hormigón, realizándose los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado. Los ensayos mostraron buenos resultados para las adiciones del 20% a comparación del concreto tradicional.

Nkrumah & Dankwah (2016). En su investigación “Reciclaje de mezclas de cáscaras de cáscara de arroz y caracoles como reemplazo parcial del cemento Portland en la producción de bloques de construcción”, el cual se llevó a cabo experimentalmente para investigar el efecto de una mezcla de Ceniza de Cáscara de Arroz (RHA, por sus siglas en ingles) y Conchas de Caracol Calcinadas (CSS, por sus siglas en inglés) como sustitución parcial del Cemento Portland Ordinario (OPC) en la formación de bloques de construcción en ausencia de activación química . Un total de 24 bloques de construcción de tamaño 100 mm x 70 mm x 50 mm con diferentes porcentajes en peso de una mezcla de 20% de RHA y 80% de CSS se utilizaron para la investigación. El porcentaje de reemplazo parcial de OPC fue del orden del 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% y 50%. Se utilizó una proporción de una parte de cemento por tres partes de arena para formar los bloques. Los bloques se probaron a los 7 y 14 días para

determinar la resistencia a la compresión. Los resultados de la prueba indicaron que los bloques formados estaban por encima de la resistencia a la compresión estándar de 3.5 N/mm² de acuerdo con la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM). La resistencia a la compresión de los bloques también aumenta con la edad de curado y generalmente disminuye a medida que aumenta el porcentaje de contenido de RHA y CSS. El estudio llegó a un nivel óptimo de reemplazo del 25% de cemento en la formación de los bloques de construcción.

1.1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CIENTÍFICA

1.1.2.1. *Tecnología del concreto*

En el mundo de la ingeniería civil, la tecnología del concreto en la construcción está muy ligada al desarrollo; el ser humano desde sus inicios comenzó a investigar y desarrollar sobre las propiedades de las materias primas de los elementos de la construcción. El uso de morteros y la aplicación de nuevas tecnologías que hacen de ella más eficiente y sostenible en cuanto a construcción y producción.

Hoy en día los materiales de construcción particularmente los agregados pétreos se ven cada vez más costosos esto debido a su proceso de extracción, ya que son fuente agotable; por ello supone la utilización de nuevos materiales en el proceso de producción de morteros y que constituyan una nueva fuente de recurso en la construcción.

Un buen mortero dependerá de los factores que intervienen en su diseño y elaboración, sabiendo que un mortero de buena calidad y uno de mala calidad técnicamente son los mismos, puesto que poseen los mismos materiales en su elaboración o producción; sin embargo, depende de como emplearlos. Esto está reflejado muchas veces en morteros de albañilería con resistencias bajas y que no cumple con las normas de diseño y resistencia adecuada para un proyecto determinado.

Los concretos en su constitución se encuentran formados por agregados (arenas, gravas, piedras, escorias) los cuales alcanzan desde un 50% hasta un 80% en volumen, este material inerte no deja de ser importante, por el contrario, gran parte de las

características de las mezclas de mortero o de concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de estos agregados (Rivera, 2013). Es por ello necesario realizar estudios a estos agregados por la importancia de sus características y propiedades sobre la producción de concretos y/o morteros, los cuales reflejarán la calidad de los mismos y su aceptación en la ejecución de una obra civil.

Alcances

Podemos decir que, de acuerdo a la RNE-E.070 “Un mortero está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado” (Universidad Andina del Cusco, 2017).

Por tanto, el diseño con materiales o materia prima como el cemento, arena y agua como bases para la elaboración de cubos de mortero, son el punto de partida de este proyecto, al cual incluiremos la ceniza de caracol como material variante en el proceso de trabajo para lograr los resultados esperados en la formulación del problema.

1.1.2.2. El mortero

Se define como mortero a la mezcla de cemento y arena gruesa (aglomerante más agregado), que forman al mezclarse, una pasta trabajable al adicionarle agua.

Todo mortero pasa por un proceso en el tiempo desde su elaboración hasta su endurecimiento (mortero fresco y endurecido). Su proceso de endurecimiento es debido a reacciones químicas que dependerán del tipo de aglomerante que se use en su elaboración. La elección de los materiales que conforman el mortero considerando su calidad y el proceso de su producción serán determinantes en el resultado de la resistencia.

Proceso de fabricación del mortero

La elaboración de los especímenes de morteros se realizó de acuerdo a lo estipulado en las normas técnicas peruanas 334.051 y 334.003 en cuanto a proporciones,

cantidades, materiales, equipos y métodos de ensayos mecánicos en los diferentes laboratorios en sus diversos ensayos propuestos, así como los procedimientos a utilizar durante el proceso de fabricación de los mismos, con la finalidad de haber obtenido un correcto método procedimental y resultado experimental.

Clasificación de los morteros

Los morteros se pueden clasificar de acuerdo a: Por su naturaleza del aglomerante, que pueden ser morteros aéreos e hidráulicos; y por su uso, que pueden ser morteros para mampostería, revoques, enlucidos y para pisos.

Características del mortero en estado fresco

Consistencia. Se puede decir que, la consistencia del mortero es la que logra ser trabajable con la adición de agua en base a un diseño trabajado o establecido y que tiene que ver con la granulometría de los materiales usados, condición del ambiente, etc. (Construmatica, 2020).

Tiempo de utilización o de trabajabilidad. Podemos decir que, esta característica del mortero se define como el periodo de tiempo en el que el mortero es manejable por ende es de fácil aplicación sin que presente alteraciones en su estado fresco.

Densidad. La densidad es aquella en la que el mortero está directamente relacionado a los materiales que la componen y del aire atrapado, esto determinara si un mortero es ligero o no, existiendo una relación entre peso y volumen.

Adherencia (en estado fresco). La adherencia del mortero en estado fresco es la capacidad del mortero para soportar desplazamientos normales o tangenciales y que tienen que ver con la calidad y cantidad de los materiales a usar en su elaboración.

Contenido de iones cloruro. Se sabe que la presencia del ion cloro es perjudicial sobre todo si se tiene que recubrir armaduras de acero, además puede producir eflorescencias. Este contenido debe ser revisado desde los materiales que lo componen, para evitar producir morteros de mala calidad.

Características del mortero endurecido

Resistencia mecánica. La resistencia mecánica, es aquella en la que el mortero ofrece resistencia a cargas o fuerzas sobre todo en elementos estructurales del que forma parte, ayudando a distribuir las sollicitaciones a los que es sometido.

Retracción. La retracción es un proceso de contracción que un mortero desarrolla durante el fraguado e inicios del endurecimiento. Así, la retracción es provocada por la pérdida de agua sobrante después de hidratarse el mortero, además, está demostrado que las retracciones son más elevadas cuando los morteros son más ricos en cemento y elementos finos o cuando la cantidad de agua de amasado sea mayor (Construmatica, 2020). Por tanto, es de suma importancia tener en consideración el proceso de retracción en concretos y morteros.

Densidad. Podemos decir que, la densidad del mortero depende fundamentalmente de sus componentes como son la arena gruesa, material de adición o sustitución, etc. Así, como también lo es la granulometría y el volumen en su dosificación; además, se debe tener en cuenta que la relación agua/cemento del mortero incide en la densidad (Construmatica, 2020).

Propiedades del mortero

Entre sus propiedades y que son de interés, tenemos: resistencia a compresión; adherencia; durabilidad; contenido en cloruros; trabajabilidad, entre otros.

Componentes del mortero

A. El cemento

Es un material aglomerante finamente molido (producto de la molienda del Clinker) que al ser mezclado con agua forma una pasta cementante que puede endurecer al aire y bajo el agua, se utiliza en combinación con material pétreo para formar bloques sólidos de concreto con una resistencia de acuerdo a lo requerido en las especificaciones.

El cemento portland Tipo I del que se empleará en el presente proyecto, es aquel que se emplea en los casos en los que no se requiere de propiedades especiales especificadas para otros Tipos de cementos y que debe de cumplir con los requisitos establecidos en la norma técnica peruana 334.039 (Rivva, 2000).

El clínker y la molienda de este hasta el principio de fusión (1500°C aprox.), de una mezcla de calizas y arcillas, además de un regulador de fragua que suele ser yeso (de un 3% hasta 4%). Los componentes principales del Clinker, en forma de óxidos, son la cal, la sílice, el aluminio y el hierro.

- Principales componentes del Clinker

Silicato tricálcico (C3S). Alita

Es el componente principal del Clinker formando alrededor del 50 % de este. Aporta mayores resistencias iniciales al cemento. Su fórmula química es la siguiente:
 $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Silicato bicálcico (C2S). Belita

Es un componente que aporta poca resistencia inicial, pero va aumentando progresivamente hasta igualar al silicato tricálcico. Ocupa un 25% del cemento. Su fórmula química es la siguiente: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Aluminato tricálcico (C3A)

Este componente produce concretos y morteros sensibles a ataques de sulfatos y otros agentes. Actúa como un catalizador y su presencia es del 10%. Se usa yeso para retrasar su rápida hidratación. Su fórmula química es la siguiente:
 $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$

Oxido de calcio (CaO) Cal libre

Monteagudo (2014) señala que, la cal constituye el 65 % de las materias primas que se necesitan para la producción de cemento portland y que en ocasiones, la cal no se combina y queda por tanto cal libre en la mezcla, existiendo entonces un exceso de cal en relación con los óxidos reactivos (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3), sin embargo

normalmente encontramos un porcentaje en torno al 1% de cal libre que no produce daño al material; si se produjera un exceso de esta cal libre, produciría problemas por expansividad y posterior rotura del cemento endurecido.

Tabla 1.

Compuestos principales y materias primas del cemento portland

| | <i>Componente</i> | <i>Formula Química</i> | <i>Abreviatura</i> |
|--------------------------------|---|------------------------|--------------------|
| <i>Materia primas</i> | <i>Óxido de aluminio</i> | Al_2O_3 | <i>A</i> |
| | <i>Óxido de Silicio</i> | SiO_2 | <i>S</i> |
| | <i>Cal libre</i> | CaO | <i>C</i> |
| | <i>Óxido de hierro</i> | Fe_2O_3 | <i>F</i> |
| | <i>Óxido de azufre</i> | SO_3 | <i>s</i> |
| | <i>Óxido de potasio</i> | K_2O | <i>K</i> |
| | <i>Óxido de sodio</i> | Na_2O | <i>N</i> |
| | <i>Silicato tricálcico</i> | $3CaO.SiO_2$ | C_3S |
| | <i>Silicato bicálcico</i> | $2CaO.SiO_2$ | $\beta-C_2S$ |
| | <i>Aluminato tricálcico</i> | $3CaO.Al_2O_3$ | C_3A |
| <i>Componentes principales</i> | <i>Ferrito aluminato tetracálcico</i> | $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ | C_4AF |
| | <i>Ferrito bicálcico</i> | $2CaO.Fe_2O_3$ | C_2F |
| | <i>Óxido de calcio (Cal libre)</i> | CaO | <i>C</i> |
| | <i>Oxido de magnesio (magnesia libre)</i> | MgO | <i>M</i> |
| | <i>Álcalis</i> | | |
| | <i>. Oxido de sodio</i> | Na_2O | <i>N</i> |
| | <i>. Oxido de potasio</i> | K_2O | <i>K</i> |
| | <i>Sulfato de calcio</i> | | |
| | <i>. Dihidrato o yeso</i> | $CaSO_4.2H_2O$ | C_sH_2 |
| | <i>. Hemihidrato</i> | $CaSO_4.0.5H_2O$ | $C_sH_{0.5}$ |
| <i>. Anhidro</i> | $CaSO_4$ | <i>C_s</i> | |

Fuente: Tesis doctoral Estudio microestructural y de los procesos de hidratación de cementos con adiciones. (Monteagudo Viera, 2014, p. 13).

- Cemento portland tipo I

El cemento Tipo I es un cemento de aplicación general en obras de construcción, no requiere de propiedades especiales. Su producción se realiza mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menor tiempo de fraguado.

- Propiedades físicas y mecánicas del cemento portland tipo I

Peso específico

El peso específico es la relación de peso a volumen; su valor puede variar entre 3.08 a 3.20 g/cm³.

Retracción y fisuras

En cuanto a retracción y fisuras “en condiciones normales la pasta de cemento se contrae al endurecer; la mayor retracción ocurre en los primeros dos o tres meses de hidratación del cemento. En cementos normales esta retracción es del orden de 0.015%” (Gutiérrez de López, 2003, p. 44).

Resistencia Mecánica a la compresión

La resistencia mecánica del mortero endurecido es la propiedad del material a resistir fuerzas externas. Esta resistencia debe cumplir con fines estructurales y cuyo comportamiento deba satisfacer.

Fraguado del cemento

En el fraguado del cemento se ubicará un “fraguado inicial” en el que la pasta se encuentra semisólida y parcialmente hidratada, y un “fraguado final” en la que el cemento se encuentra aún más hidratado y la pasta ya se ha solidificado. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento y la pasta ya fraguada va adquiriendo resistencia. (Gutiérrez de López, 2003). Es importante conocer el tiempo de fraguado para una mejor producción y control en obra

Tabla 2.*Límites de composición aproximados para el Cemento Portland Tipo I*

| <i>Óxido</i> | <i>Contenido (%)</i> |
|------------------------------------|----------------------|
| <i>CaO</i> | <i>60 – 67</i> |
| <i>SiO₂</i> | <i>17 – 25</i> |
| <i>Al₂O₃</i> | <i>3 – 8</i> |
| <i>Fe₂O₃</i> | <i>0.5 – 6.0</i> |
| <i>MgO</i> | <i>0.1 – 4.0</i> |
| <i>Álcalis</i> | <i>0.2 – 1.3</i> |
| <i>SO₃</i> | <i>1 – 3</i> |

Fuente: Composición química del cemento portland (Rivera L., 2013, p. 23).

B. El agua

El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco, además es un componente esencial en las mezclas mortero, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. La norma técnica peruana 339.088 habla sobre la calidad del agua.

Tabla 3.*Límites permisibles para el agua de mezcla y curado*

| <i>Descripción</i> | <i>Límite permisible</i> | | |
|--|--------------------------|------------|---------------|
| <i>Sólidos en suspensión</i> | <i>5,000</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |
| <i>Materia orgánica</i> | <i>3</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |
| <i>Alcalinidad (alcalinidad (NaCHCONaCHCO₃))</i> | <i>1,000</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |
| <i>Sulfatos (ión SO₄)</i> | <i>600</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |
| <i>Cloruros (ión CL)</i> | <i>1,00</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |
| <i>pH</i> | <i>5 a 8</i> | <i>ppm</i> | <i>Máximo</i> |

Fuente. Límites permisibles de agua de curado. (Norma Técnica Peruana 339.088, 2006)

C. Agregado fino (arena gruesa)

El agregado fino es el material obtenido de la desintegración natural de las rocas, para el caso de la arena gruesa es obtenido en canteras (bancos de material fino) de donde el material es obtenido, pasan el tamiz 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um).

La n.t.p 400.037 indica valores de granulometría de arena compatible con la ASTM C33, pero que estas difieren en cuanto a la granulometría dada en la RNE 070 o en la n.t.p 339.067, esta variación dependerá del uso al que se le quiera dar a la arena. En nuestro proyecto se usará la granulometría presente en la RNE E070 del apartado de morteros.

- Propiedades físicas

El agregado fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad a considerar según las especificaciones técnicas de las normas peruanas y en el caso de aplicación a nuestro proyecto de investigación:

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

Contenido de humedad: Cantidad de agua contenida en el material y cuyo valor sirve para determinar la dosificación de materiales.

Tabla 4.

Granulometría de la arena gruesa

| Malla ASTM | % Que pasa |
|-------------------|-------------------|
| N° 4 (4.75 mm) | 100 |
| N° 8 (2.36 mm) | 95 a 100 |
| N° 16 (1.18 mm) | 70 a 100 |
| N° 30 (0.60 mm) | 40 a 75 |
| N° 50 (0.30 mm) | 10 a 35 |
| N° 100 (0.15 mm) | 2 a 15 |
| N° 200 (0.075 mm) | Menos de 2 |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, componentes de albañilería. (RNE-E.070, 2016)

Peso unitario: Depende de ciertas propiedades intrínsecas de los agregados como su forma, tamaño, granulometría y contenido de humedad, entre otros factores.

Módulo de finura: Es usado para controlar la uniformidad de los agregados. La arena debe tener un módulo de fineza entre 1.6 y 2.5. (RNE-E.070, 2016, p. 271)

1.1.2.3. Caracol de mar (*Thais Chocolata*)

A. Descripción del recurso

Localización del caracol

Existen pocas investigaciones referentes a la estructura de la comunidad y dinámica poblacional de esta especie, pero se sabe que habita en la zona infra litoral rocosa. Se encuentran entre los 5 a 20 metros de profundidad, su distribución va desde Paita (Perú) hasta Valparaíso (chile).

Posición sistemática

- Phylum Mollusca
- Clase Gasterópoda
- Subclase Prosobranchia
- Familia Thaididae

Antecedente biológico - pesquero

- Nombre científico : Stramonita o *Thais chocolata*
- Nombre común : Caracol, Caracol plomo, Caracol negro
- Nombre en inglés : Top Shell, Chocolate rock shell
- Dist. geográfica : Desde Ecuador hasta Valparaíso (Chile)

Localización de la pesquería en el Perú: Sechura, San José, Huacho, Ancón, Callao, Pucusana, Pisco, San Juan, Matarani, Ilo. (Universidad Nacional del Callao, 2012)

Características físicas

El caracol presenta una concha gruesa, pesada, en forma de cono, globoso y de color marrón grisáceo. Presenta, además, finas estrías en forma de espirales con tubérculos. Su longitud oscila aproximadamente entre 5 y 8 cm.

Composición física porcentual

- Peso total: Aproximadamente 16 a 20 grs.
- Caparazón o concha 79%
- Parte comestible 21%

Composición química del caracol

- Carbonato de Calcio CaCO_3
- Conquiolina

Ph del caracol

El caracol presenta un Ph entre 7.0 y 8.0 en comparación con el cemento el cual su Ph es superior a 8 y la del concreto en un promedio de 12 a 13, con lo cual el caracol se encuentra en un buen rango aceptable de Ph para su utilización.



Figure 1. Caparazón de caracol de mar "Thais chocolata"

B. Datos estadísticos de caracol marino "Thais Chocolata" en la Provincia del Santa

Acceso

El acceso o captación del material sería vía terrestre desde el mercado la sirena o en los puntos de extracción como son el muelle artesanal y la playa el dorado hacia los distintos lugares de venta y distribución del distrito de Chimbote.

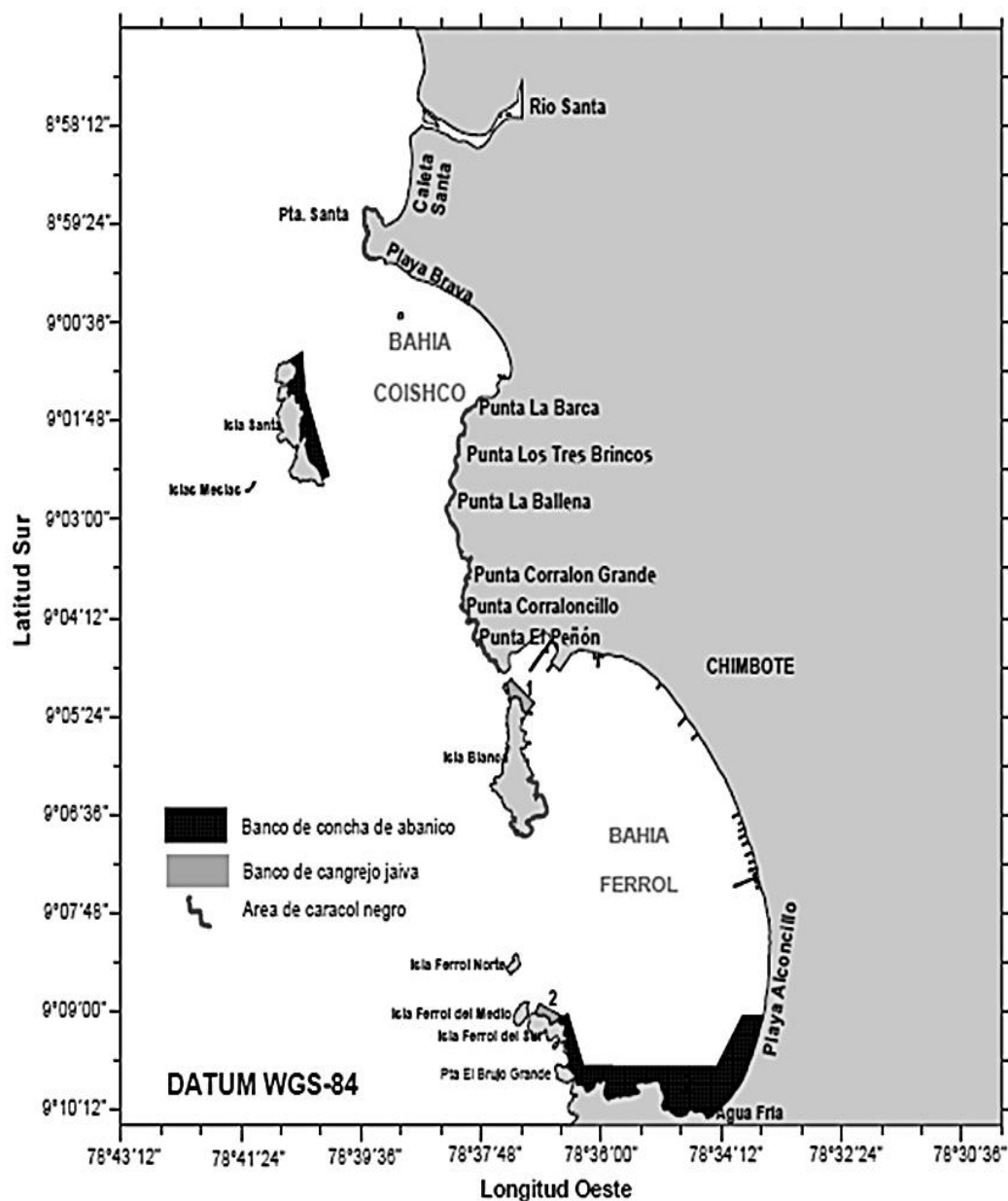


Figure 2. Bancos naturales de invertebrados comerciales entre Caleta Santa and Bahía El Ferrol.

C. Producción de caracol

La producción de caracol en el distrito de Chimbote se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.*Desembarque de caracol en los puertos de Chimbote*

| <i>DESCRIPCION</i> | <i>DIARIO</i> | <i>MENSUAL</i> | <i>ANUAL</i> |
|-------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Playa el Dorado</i> | <i>50 latas</i> | <i>1550 latas</i> | <i>18250 latas</i> |
| <i>Muelle Artesanal</i> | <i>40 – 80 latas</i> | <i>2480 latas</i> | <i>29200 latas</i> |

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 6.*Desembarque de recursos marítimos en tonelada métrica bruta para consumo fresco, según especie, 2009-2014*

| <i>Especie</i> | <i>2009</i> | <i>2010</i> | <i>2011</i> | <i>2012</i> | <i>2013</i> | <i>2014</i> |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Mariscos</i> | <i>97787</i> | <i>68934</i> | <i>59743</i> | <i>70825</i> | <i>71289</i> | <i>74119</i> |
| <i>Almeja</i> | <i>119</i> | <i>535</i> | <i>419</i> | <i>505</i> | <i>713</i> | <i>360</i> |
| <i>Calamar</i> | <i>4103</i> | <i>3392</i> | <i>1991</i> | <i>7655</i> | <i>6627</i> | <i>4381</i> |
| <i>Cangrejo</i> | <i>1838</i> | <i>1560</i> | <i>1754</i> | <i>2085</i> | <i>2404</i> | <i>1621</i> |
| Caracol | 2685 | 2376 | 2876 | 2287 | 2021 | 362 |
| <i>Concha de Abanico</i> | <i>1843</i> | <i>2824</i> | <i>1022</i> | <i>781</i> | <i>579</i> | <i>608</i> |
| <i>Choro</i> | <i>11071</i> | <i>9022</i> | <i>9162</i> | <i>6822</i> | <i>6940</i> | <i>5362</i> |
| <i>Macha</i> | <i>31</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| <i>Pota</i> | <i>55171</i> | <i>38906</i> | <i>30654</i> | <i>32495</i> | <i>30457</i> | <i>40473</i> |
| <i>Otros Mariscos</i> | <i>20926</i> | <i>10319</i> | <i>11865</i> | <i>18195</i> | <i>21548</i> | <i>20952</i> |
| <i>Otras Especies</i> | <i>2113</i> | <i>1444</i> | <i>2956</i> | <i>1904</i> | <i>1387</i> | <i>798</i> |

Fuente: Ministerio de la Producción - Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero. (Ministerio de la producción, 2015)

Nota: Los datos de 2014, son cifras preliminares disponibles al 15-04-2014

1.1.2.4. Ensayo de resistencia a la compresión**A. Definición**

(NTP) 334.051, 2008. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. La presente norma ASTM C 109 y su réplica n.t.p 334.051 establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. El esfuerzo a la compresión se expresa en Kg/cm² y se calcula con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Carga de rotura (Kg)

A = Área de la sección transversal (cm²)

F'c = Esfuerzo de rotura del concreto (Kg/cm²)

B. Edad de ensayo

Los especímenes de mortero para una edad de ensayo especificada, serán probados dentro de las tolerancias indicadas en el siguiente cuadro:

Tabla 7.
Tolerancia permisible para tiempo de ensayo

| Edad de Ensayo | Tolerancia de tiempo Permisible (horas) |
|----------------|---|
| 24 h | + - 1/2 |
| 3 d | + - 1 |
| 7 d | + - 3 |
| 28 d | + - 12 |

Fuente: Tolerancias de ensayo. (ntp 334.051, 1998).

1.2. Justificación de la investigación

En el presente proyecto de investigación se pretende evaluar la resistencia a la compresión de un mortero, utilizando para ello las cenizas del caparazón del caracol (Thais chocolata) y reemplazando al cemento en cantidades del 5% y 10%, esto con el fin de contribuir al beneficio de nuestra sociedad y medio ambiente.

Entre los beneficios sociales se puede destacar el costo económico y la mejora de la resistencia de las edificaciones en el sector construcción y por su parte en los beneficios ambientales se puede decir por su carácter conservacionista y anticontaminante.

Por tanto, la razón principal al que está enfocado esta investigación, es el de implementar las cenizas de caracol como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de mortero, buscando mejorar sus características físicas y mecánicas, esto como base al utilizar un material puzolánico que es el producto de la calcinación del residuo del caparazón del caracol que es materia prima de fácil adquisición al ser un producto de desecho en los lugares de acopio en nuestro distrito.

1.3. Formulación del Problema

En la actualidad debido al alto costo que resulta realizar una construcción de una vivienda con elementos convencionales, se puede proyectar la elaboración de morteros menos costosos y más resistentes que los morteros tradicionales, y que debido a su producción o elaboración presentan bajas resistencias, generando como consecuencia perjudicial daño a las estructuras en las construcciones.

Otro problema identificable son los residuos de la valva de los caracoles que son fuente de contaminación en nuestro medio ambiente, constituidos en grandes cantidades en botaderos no autorizados de nuestra ciudad.

Por lo cual formulamos la siguiente pregunta:

¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión del mortero sustituyendo al cemento en un 5% y 10% en peso por ceniza de caracol?

1.4. Conceptuación y operacionalización de las variables

1.4.1. Variable Dependiente: Resistencia a la Compresión

La resistencia a compresión se puede definir como el esfuerzo máximo que puede soportar los especímenes de mortero bajo una carga de aplastamiento. Su expresión viene dada en kilogramos sobre centímetros cuadrados (kg/cm²).

La relación a/c de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del mortero endurecido. Una mayor relación a/c dará una menor resistencia, esto quiere decir que, a mayor cantidad de agua, menor será la resistencia a la compresión.

Tabla 8.*Conceptuación y operacionalización de la variable dependiente*

| <i>Variable</i> | <i>Definición conceptual</i> | <i>Definición operacional</i> | <i>Indicadores</i> |
|---|---|---|--|
| <i>Resistencia a la compresión del mortero.</i> | <i>Es el esfuerzo que puede soportar un mortero bajo una carga de aplastamiento por unidad de área.</i> | <i>Se utilizarán cubos de mortero de 50 mm de lado de acuerdo a la n.t.p. 334.051, que serán sometidos a carga axial durante un tiempo determinado a los 3, 7 y 28 días de curado, hasta obtener su carga máxima de rotura.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fuerza axial.</i> • <i>Área del mortero.</i> • <i>Tiempo de rotura.</i> |

Fuente: Elaboración propia

1.4.2. Variable Independiente: Porcentaje de cenizas de caracol

La sustitución del cemento por cenizas de caracol se realizará con valores porcentuales determinados dentro de un rango fijo, estos valores son establecidos de acuerdo a un análisis de los mismos correspondidos a los antecedentes establecidos.

Tabla 9.*Conceptuación y operacionalización de la variable independiente*

| <i>Variable</i> | <i>Definición conceptual</i> | <i>Definición operacional</i> | <i>Indicadores</i> |
|--|--|---|---|
| <i>Porcentaje de cenizas de caracol.</i> | <i>Porcentaje de cenizas a base de caparazón de caracol como residuo comercial calcinado que contiene como compuesto principal óxido de calcio (CaO) entre sus componentes que contribuyen a la resistencia del mortero y que será usado en sustituto parcial del cemento.</i> | <i>El cemento se sustituirá parcialmente por cenizas de caracol en un 5% y 10% en peso.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>5%</i> • <i>10%</i> |

Fuente: Elaboración propia

1.5. Hipótesis

La sustitución del cemento por ceniza de caracol en un 5% y 10% debido a su acción puzolánica permitiría obtener una resistencia a la compresión del orden de un mortero convencional.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de un mortero con cemento sustituido en un 5% y 10% por cenizas de caracol (Thais chocolata “Caracol negro”), en comparación con un mortero convencional.

1.6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los materiales y ubicación de la zona de extracción;
- Determinar la temperatura de calcinación de las cenizas de caracol mediante el análisis térmico diferencial (ATD);
- Determinar la composición química de la ceniza de caracol (Thais Chocolata “Caracol negro”), mediante el análisis de fluorescencia de rayos X;
- Determinar el Ph de la ceniza del caracol activado térmicamente y de las dosificaciones experimentales.
- Determinar el peso específico de la ceniza del caracol activado térmicamente y de las dosificaciones experimentales.
- Determinar la relación *a/c* utilizando la mesa de fluidez para la muestra experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión del mortero patrón y del mortero experimental.

II. Metodología

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación correspondiente será de tipo Aplicada, precedentemente los resultados de los mismos serán utilizados para la elaboración en el diseño de un mortero de cemento al sustituir ceniza de caracol por cemento en cantidades del 5% y 10%, generando así otras alternativas de diseñar viviendas con mayor durabilidad; por lo que servirá como una técnica nueva para el proceso constructivo.

Nuestra investigación será aplicada, porque busca determinar la resistencia a la compresión de un mortero esperando que cumpla los estándares de la norma técnica E-070, teniendo en cuenta que el caracol tiene como componente químico el Carbonato de calcio, siendo un buen material puzolánico. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, y teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, comprobaremos de manera experimental las características de un mortero de cemento utilizando las cenizas del caparazón del caracol, en comparación de un mortero de cemento convencional. Los ensayos se harán de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la obtención de resultados.

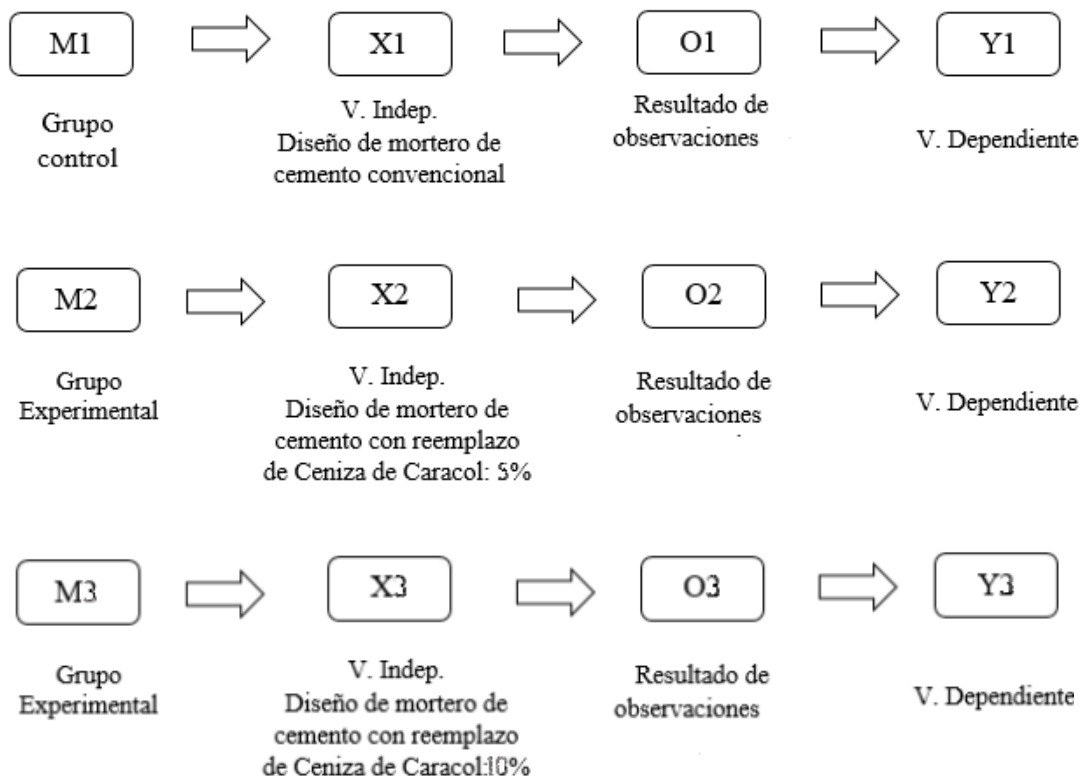
Además, cabe indicar que la investigación está enfocada cuantitativamente, ya que se estudia las variables y sus indicadores se miden y registran como valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación). La hipótesis planteada se comprobará por medios matemáticos y estadísticos, constituyéndose la base alrededor de la cual se diseña el experimento.

2.1.2. Diseño de investigación

A este trabajo le corresponderá un diseño experimental de nivel cuasi- experimental porque queremos determinar la resistencia del mortero sustituyendo al cemento en un 5% y 10% por ceniza de caracol y a través del diseño de experimentación se busca determinar la resistencia a la compresión y comparar los resultados de los diseños de

morteros que conforma un grupo llamado control con respecto a otro grupo de morteros llamado grupo experimental. Esto se fundamenta con la finalidad de buscar otra opción de elaborar un nuevo tipo de mortero al modificar su composición original, que consiste en reemplazarlo por ceniza de caracol molido y que a través del proceso de experimentación va a ser demostrado y comparado.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Dónde:

M1: Muestra 1, de Elementos en Grupo control (Mortero patrón).

M2: Muestra 2, de Elementos en Grupo experimental (Mortero experimental 5%).

M3: Muestra 2, de Elementos en Grupo experimental (Mortero experimental 5%).

X1: Variable independiente (Mortero patrón, dosificación).

X2: Variable independiente (Mortero experimental, dosificación 5%).

X3: Variable independiente (Mortero experimental, dosificación 10%).

Y1: Variable dependiente (Mortero patrón, Resistencia a la compresión).

Y2: Variable dependiente (Mortero experimental 5%, Resistencia a la compresión).

Y3: Variable dependiente (Mortero experimental 10%, Resistencia a la compresión).

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

O2: Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo experimental.

O3: Observaciones (resultados) posibles de obtenerse en grupo experimental.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La finalidad es estudiar el comportamiento que tiene esta mezcla de elementos al ser utilizado en la elaboración de un mortero de cemento. La ceniza de caracol molido será utilizada para sustituir al mortero de cemento convencional. La manera en que se utilizará en la mezcla será a base de una sustitución porcentual entre los elementos que la conforman.

Esto nos da a entender que se realizará dos tipos de diferentes morteros de cemento, uno de las cuales será la elaboración de muestras con los elementos ya mencionados en el proceso de investigación y una más de manera convencional, que servirá como parámetro de comparación, la cual se va manejar sin ninguna modificación es sus componentes.

2.2.1. Población

Se tendrá como población al conjunto de morteros elaborados, que de acuerdo a la NTP 334.051 se tiene tandas de tres especímenes, por lo que se tendrá un total de 27 cubos de mortero para ensayo de compresión. Este número de especímenes será la población adoptada.

2.2.2. Muestra

La n.t.p. 334.051 nos dice que, se debe tomar un mínimo de dos o tres especímenes por muestra por lo que resultaría un mínimo de 27 cubos de mortero, adoptándose el mismo número de especímenes que la población, el cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 10.*Cálculo del número de especímenes (cubos de mortero)*

| Tipo muestra | % Sustitución | N° Especímenes según fecha de rotura | | | Total especímenes |
|-----------------------------|---------------|--------------------------------------|--------|---------|-------------------|
| | | 3 días | 7 días | 28 días | |
| Patrón | - | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Experimental | 5 | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Experimental | 10 | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Total número de especímenes | | | | | 27 |

Fuente: Elaboración en base a la n.t.p. 334.051.

2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Para la recolección de datos utilizamos como instrumento la guía de observación que recoge información para ser tratada y procesada estadísticamente de manera cuantitativa.

Siendo un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación Cuasi-Experimental y realizar ensayos de las muestras en un laboratorio, se opta por usar como Técnica de Investigación: LA OBSERVACION CIENTIFICA. (Guía de observación como instrumento), en donde se quiere ir comparando la variación de la resistencia a la compresión del mortero patrón y experimental, el comportamiento del agregado que se utilizara en nuestro diseño ya sea para un mortero convencional o mortero experimental, la cual nos brindara una resistencia, para cada tipo de mortero (sustituido o convencional). Teniendo en cuenta así, que el material a utilizarse en la elaboración de morteros, requiere ser evaluado por una serie de ensayos, ya que dichos ensayos son los que determinan si los materiales son buenos para nuestra mezcla de mortero a utilizar; por ello se debe tener en cuenta los siguientes ensayos, además de considerar las guías y el procesamiento de la información.

- Ensayo granulométrico.
- Ensayo de peso específico de las cenizas de caracol y de las sustituciones.
- Ensayo de Ph de las cenizas de caracol y de las sustituciones.
- Ensayo de fluidez.

- Ensayo a la comprensión de mortero patrón y experimental.
- La guía de registro, para ver el avance de los morteros, se tomará de acuerdo a la fecha de rotura de 3, 7 y 28 días.
- Para los resultados obtenidos en el laboratorio mecánica de suelos utilizaremos programas estadísticos para su análisis.
- Se utilizaron equipos de ayuda como cámara fotográfica y demás instrumentos que permitirán registrar y evidenciar lo planteado en el presente proyecto de investigación.

Tabla 11.

Técnicas e instrumentos de investigación

| Técnicas de recolección de información | Instrumento |
|--|---|
| La Observación Científica | <ul style="list-style-type: none"> • Guía De Observación • Fichas Técnicas De Laboratorio |

Fuente: Elaboración propia.

2.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el presente proyecto de investigación, el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y el software SPSS.

Para la realización del análisis de los datos se tendrá presente los métodos estadísticos, tanto descriptivos, así como tablas de medias variancias dispersiones y gráficos; y para la parte inferencial se realizarán pruebas ANOVA al establecer factores y/o cofactores presentes identificados que influyen en el resultado final.

2.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

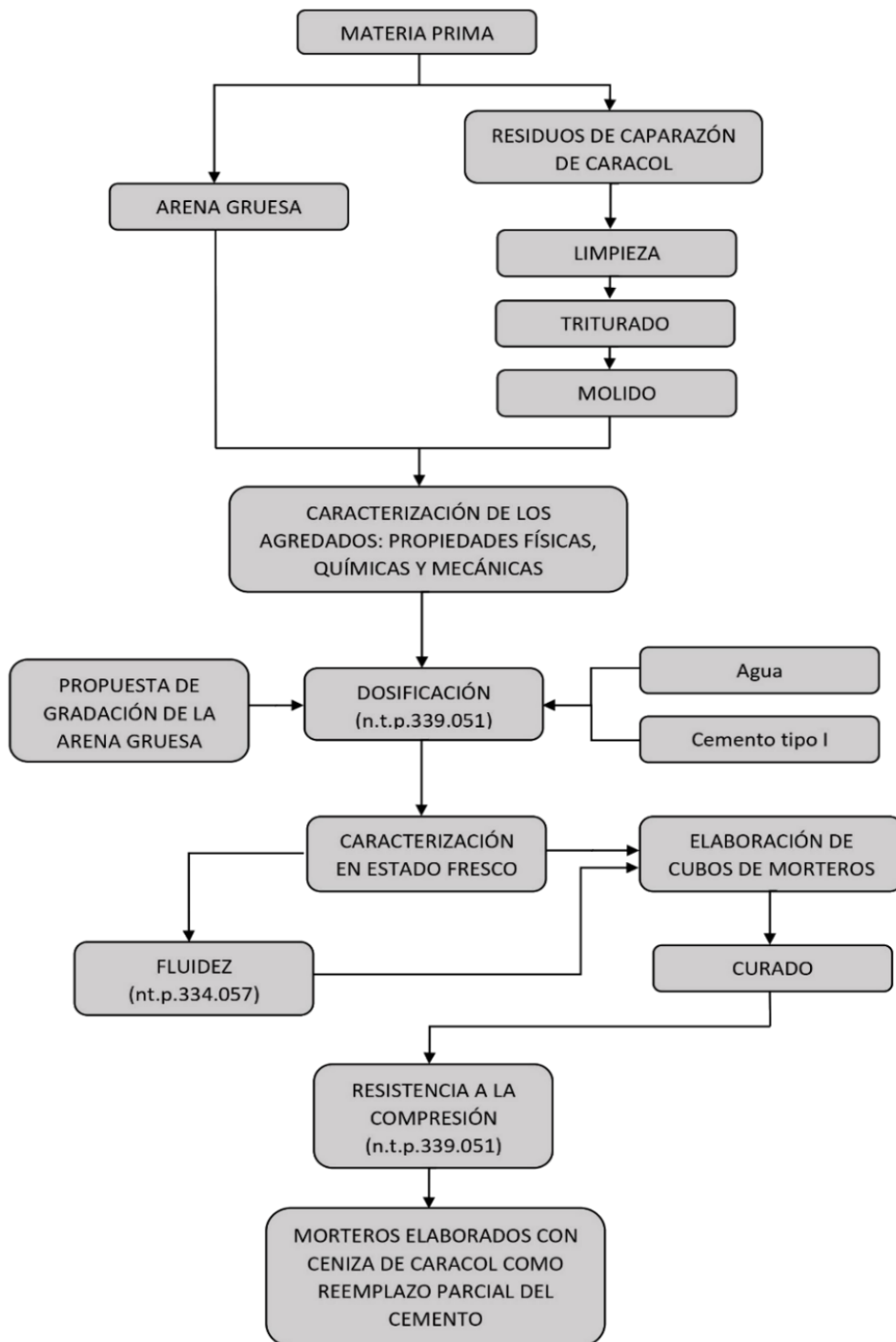


Figure 3. Proceso de procedimiento experimental.

2.5.1. Obtención, trituración y tamizado de las valvas de caracol

Obtención

Consistente en la recolección de las valvas (caparazón) del caracol Thais Chocolatea “conocido como caracol negro” en los centros de acopio de este material ubicado en el mercado La Sirena de la ciudad de Chimbote de la Región Ancash.

Lavado

Consistente en la limpieza de las valvas de caracol de materiales contaminantes como polvo o restos orgánicos presentes. Se realizó utilizando escobillas con cerdas de plástico y agua. Se expuso a un secado de 15 días para lograr que desprendan las partes orgánicas por completo, posteriormente se realizó un nuevo lavado.

Trituración

Consistente en la utilización de batan de piedra, esto con el fin de reducir el volumen y poder realizar una mejor molienda manual.

Tamizado

Consistente en clasificar el material para realizar el ensayo de Análisis Térmico Diferencial ATD, esta clasificación consistió en obtener lo pasante por el tamiz N° 100 (0.149 mm.).

2.5.2. Caracterización del caracol de mar “Thais Chocolatea”

Para el siguiente material que servirá de sustituto parcial del cemento estando una vez finamente molido y pasantes del tamiz N° 200 (0.074 mm.), para el cual se realizó los siguientes ensayos:

a.- Análisis térmico diferencial – ATD

Ensayo previo realizado en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El material utilizado fue el pasante por el tamiz N° 100 (0.149 mm.).

b.- Peso específico

La realización de este ensayo se llevó a cabo tomando como referencia la n.t.p. 334.005, la que consiste en determinar la cantidad de cemento utilizado y la cantidad de volumen del líquido desplazado. La fórmula empleada es $\rho = m/v$, (gr/cm³).

Cabe indicar que se utilizó el mismo procedimiento para la ceniza de caracol, así como para el cemento con sustitución del 5% y 10% respectivamente.

Tabla 12.

Peso específico de las muestras

| Material | Ceniza de Caracol | Cemento + ceniza de caracol (5%) | Cemento + ceniza de caracol (10%) |
|--------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Peso (gr.) | | | |
| Volumen inicial (cm3) | | | |
| Volumen final (cm3) | | | |
| Temperatura (°C) | | | |
| Peso específico (gr/cm3) | | | |

Fuente: referencia (n.t.p.334.005, 2011).

c.- Ph

Se realizó para las tres muestras correspondientes: ceniza de caracol, ceniza de caracol 5% + cemento portland 95% y ceniza de caracol 10% + cemento portland 10%, el ensayo se llevó a cabo en los laboratorios de COLECBI en el distrito de Nuevo Chimbote. (Anexos. Ensayo de Ph).

Tabla 13.

Determinación del potencial hidrógeno (Ph)

| Ensayo de Ph | Resultados |
|--------------|------------|
| Muestra 1 | |
| Muestra 2 | |
| Muestra 3 | |

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio.

d.- Fluorescencia de rayos x

Se utilizó una muestra aproximada de 20.0 gr para la determinación de la composición química mediante el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos X realizado en la ciudad de Lima; este ensayo permitió determinar la cantidad de porcentajes de

elementos y óxidos presentes en la muestra de ceniza de la valva caracol *Thais chocolata*.

Tabla 14.
Composición química

| Elemento | Resultado (%) | Método utilizado |
|----------|---------------|------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio.

2.5.3. Caracterización del agregado (arena gruesa)

El agregado fino (arena gruesa) se obtuvo de la cantera Vesique en el distrito de Nuevo Chimbote – región Ancash, esto porque es la principal comercializadora de este material y que cumple con las especificaciones necesarias para el desarrollo del proyecto de investigación con el que se realizó el siguiente ensayo:

a.- Granulometría

El ensayo de granulometría se realizó aplicando la n.t.p. 334.012 y lo estipulado en la tabla 3 granulometría de la arena gruesa del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE E.070), para cumplir con las especificaciones técnicas de la arena empleada.

Tabla 15.
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

| N° | TAMIZ | Peso retenido (gr.) | % ret. Parcial (%) | % ret. Acumu. (%) | % Que pasa (gr.) |
|--------|---------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | Abert.(mm) | | | | |
| ¾" | 9.52 | | | | |
| N° 4 | 4.76 | | | | |
| N°8 | 2.36 | | | | |
| N° 16 | 1.18 | | | | |
| N° 30 | 0.60 | | | | |
| N°50 | 0.30 | | | | |
| N° 100 | 0.15 | | | | |
| N° 200 | 0.08 | | | | |
| PLATO | ASTM C-117-04 | | | | |
| TOTAL | | | | | |

Fuente: Referencia norma técnica peruana (n.t.p.334.012, 2001).

2.5.4. Ensayos del mortero en estado fresco

a.- fluidez

se realizó tomando como referencia la n.t.p. 334.057. Se elaboraron tandas de cubos de mortero tanto como para el patrón y experimentales.

Mediante este ensayo se buscará determinar el porcentaje de fluidez, así como la trabajabilidad de los morteros y su consistencia, esto debido a que al sustituir el cemento se vuelve más absorbente y por ende necesita más agua para igualar la fluidez del mortero patrón.

Tabla 16.

Determinación de fluidez de las pastas de mortero

| Diámetro (fluidez) | Diámetro promedio | Diámetro inicial | Fluidez % |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------|
| D1 | | | |
| D2 | | | |
| D3 | | | |
| D4 | | | |

Fuente: Elaboración referencial n.t.p. 334.057.

2.5.5. Ensayos del mortero en estado endurecido

a.- Resistencia a la compresión

Se realizó usando como referencia la n.t.p. 334.051.

Tabla 17.

Resistencia a la compresión de los especímenes de morteros

| a/c | Tipo | Carga de rotura (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Dispersión (%) |
|-----------|------|----------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| Muestra 1 | | | | | |
| Muestra 2 | | | | | |
| Muestra 3 | | | | | |

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio.

III. Resultados

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL CARACOL DE MAR “THAIS CHOCOLATA”

a.- Análisis térmico diferencial - ATD.

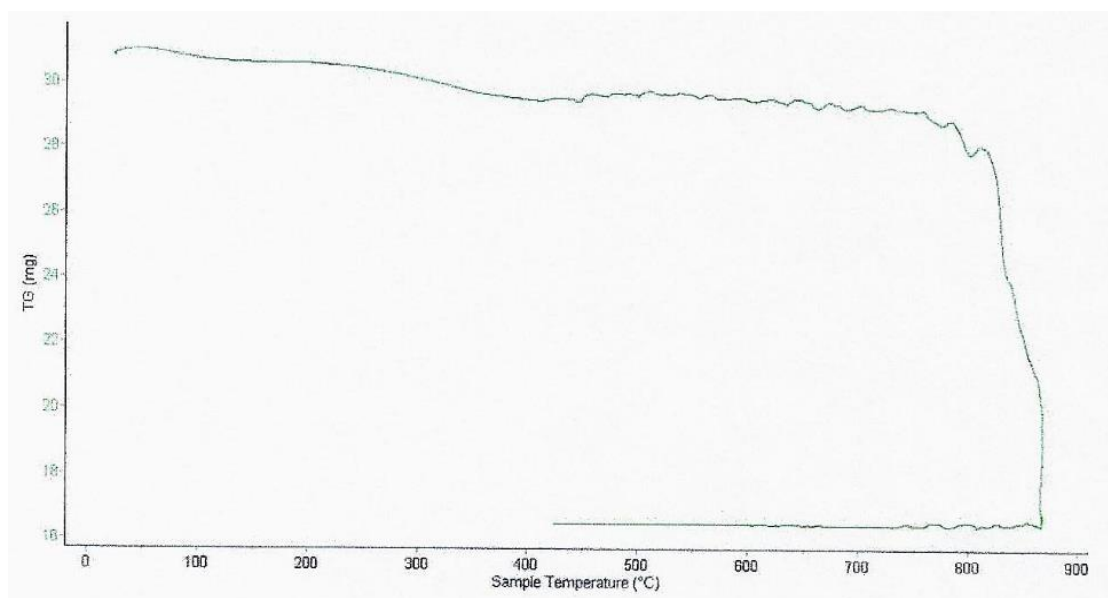


Figure 4. Curvas Termo Gravimétrico.

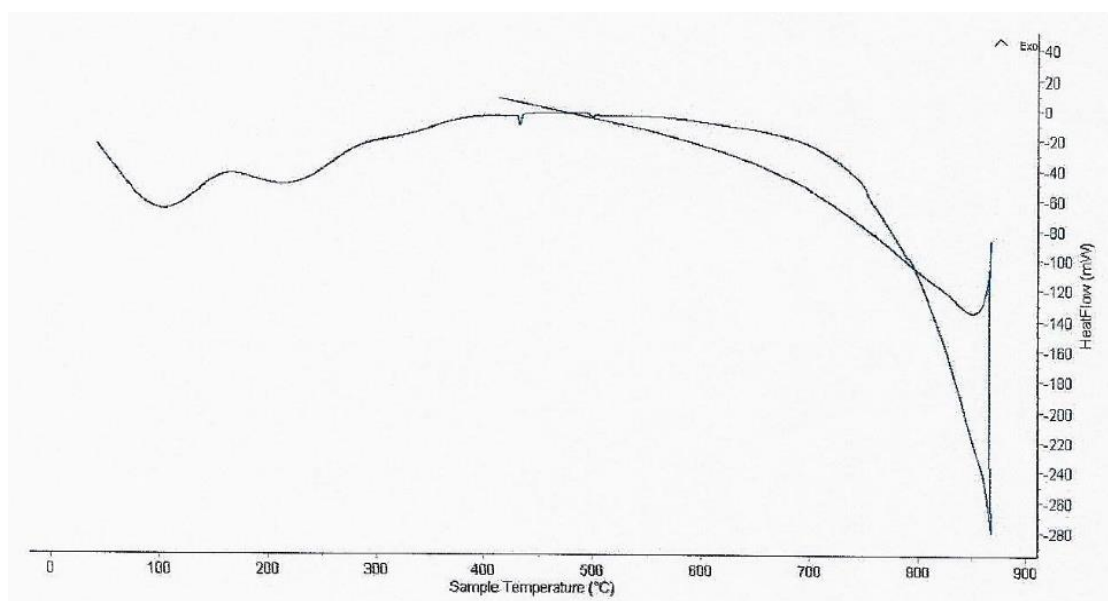


Figure 5. Curvas de Calorimetría ATD

b.- Peso específico

Tabla 18.

Ensayo para la determinación del peso específico de los materiales

| Material | Ceniza de Caracol | Cemento + ceniza de caracol (5%) | Cemento + ceniza de caracol (10%) |
|--------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Peso (gr.) | 64.0 | 64.0 | 64.0 |
| Volumen inicial (cm3) | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Volumen final (cm3) | 23.3 | 21.5 | 21.1 |
| Temperatura (°C) | 23 | 23 | 23 |
| Peso específico (gr/cm3) | 2.75 | 2.97 | 3.00 |

Fuente: Laboratorios de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

El peso específico obtenido de los ensayos resulto de 2.75 gr/cm³ para la ceniza de caracol, 2.97 gr/cm³ para el cemento + ceniza de caracol (5%) y 3.00 gr/cm³ para el cemento + ceniza de caracol (10%).

c.- Ph

Tabla 19.

Ensayo de Ph de los materiales

| Ensayo de Ph | Resultados |
|-------------------------------------|------------|
| Ceniza de Caracol (Thais Chocolata) | 12.38 |
| 95% Cemento + 5% ceniza de caracol | 12.61 |
| 90% Cemento + 10% ceniza de caracol | 12.58 |

Fuente: informe de ensayo N° 20200207-007 (Corporación de Laboratorios de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales - COLECBI, 2020)

d.- Fluorescencia de rayos x

Tabla 20.

Composición química elemental de la ceniza de caracol

| Elemento | Resultado (%) | Método utilizado |
|------------|---------------|--|
| Calcio, Ca | 99.66 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X |
| Azufre, S | 0.17 | |
| Potasio, K | 0.17 | |

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería -Lima (Laboratorio LABICER, 2020).

Tabla 21.*Composición química de los óxidos de la ceniza de caracol*

| Composición química | Resultado (%) | Método utilizado |
|--------------------------------------|---------------|--|
| Oxido de Calcio, CaO | 99.03 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X |
| Dióxido de potasio, K ₂ O | 0.93 | |
| Trióxido de azufre, SO ₃ | 0.04 | |

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - Lima (Laboratorio LABICER, 2020).

3.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO (ARENA GRUESA)**a.- Granulometría****Tabla 22.***Granulometría de la arena gruesa*

| N° | TAMIZ | Peso retenido (gr.) | % ret. Parcial (%) | % ret. Acum. (%) | % Que pasa (gr.) |
|--------|---------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| | Abert.(mm) | | | | |
| N° 4 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°8 | 2.36 | 32.50 | 4.73 | 4.73 | 95.27 |
| N° 16 | 1.18 | 144.70 | 21.05 | 25.77 | 74.23 |
| N° 30 | 0.60 | 178.80 | 26.01 | 51.78 | 48.22 |
| N°50 | 0.30 | 147.50 | 21.45 | 73.24 | 26.76 |
| N° 100 | 0.15 | 95.60 | 13.91 | 87.14 | 12.86 |
| N° 200 | 0.08 | 75.40 | 10.97 | 98.11 | 1.89 |
| PLATO | ASTM C-117-04 | 13.00 | 1.89 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 687.50 | 100 | | |

Fuente: Laboratorios de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

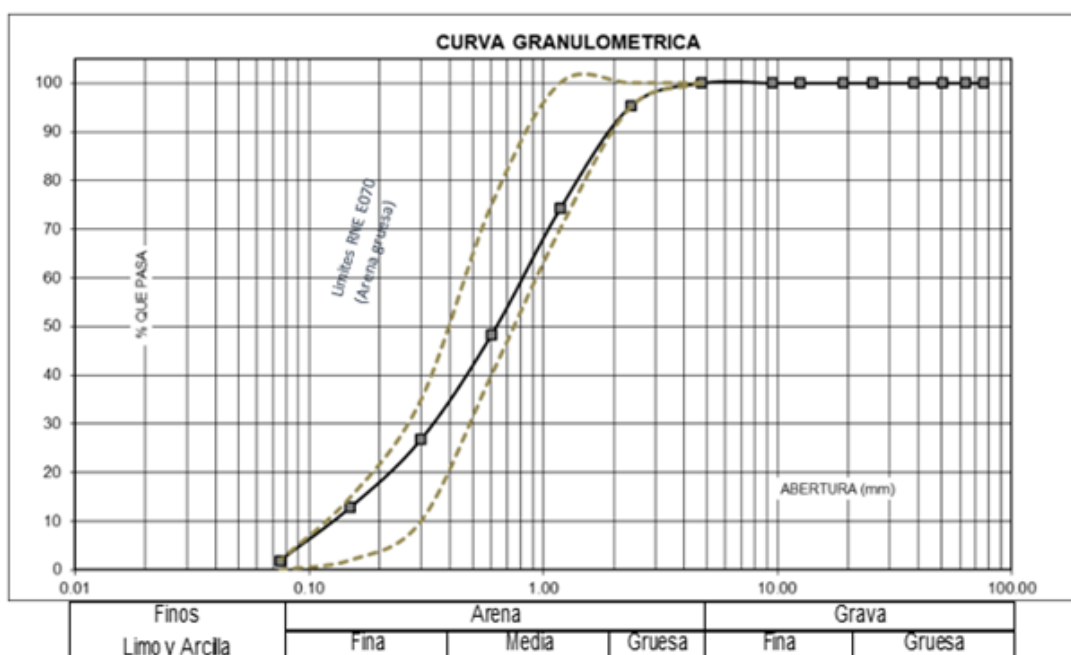


Figure 6. Curva granulométrica.

3.3. PROPUESTA DE GRADACIÓN DEL AGREGADO (ARENA GRUESA)

Tabla 23.

Gradación de la arena gruesa

| N° mallas | Arena manufacturada Vesique | | | NTP. morteros % pasa | |
|-----------|-----------------------------|------------|--------|----------------------|-----|
| | Peso retenido | % Retenido | % Pasa | Arena manufacturada | |
| # 4 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | |
| # 8 | 32.50 | 4.73 | 95.27 | 95 | 100 |
| # 16 | 144.70 | 21.05 | 74.23 | 70 | 100 |
| # 30 | 178.80 | 26.01 | 48.22 | 40 | 75 |
| # 50 | 147.50 | 21.45 | 26.76 | 10 | 35 |
| # 100 | 95.60 | 13.91 | 12.86 | 2 | 15 |
| # 200 | 75.40 | 10.97 | 1.89 | 0 | 2 |
| PLATO | 13.00 | 1.89 | 0.00 | - | - |
| TOTAL | 687.50 | 100.00 | | | |

Fuente: Elaboración en base al reglamento nacional de edificaciones (RNE-E.070, 2016).

3.4. PROPORCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE MORTERO

Tabla 24.

Determinación de la proporción de materiales

| Descripción | Relación a/c | Aglomerante (gr) | | Agregado Fino (gr) | Agua |
|-------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------|--------|
| | | Cemento | Ceniza de caracol | | |
| Patrón | 0.485 | 250.0 | 0.0 | 687.5 | 121.00 |
| Exp. 5% | 0.492 | 237.5 | 12.5 | 687.5 | 123.00 |
| Exp. 10% | 0.500 | 225.0 | 25.0 | 687.5 | 125.00 |

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio.

Las proporciones de reemplazo de los morteros experimentales al 5% y 10% se hicieron en proporción al peso. La determinación del material requerido para el mortero patrón se hizo de acuerdo a lo requerido por la n.t.p. 334.051, en cuanto a la cantidad de agua utilizada en los especímenes experimentales se calculó de acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo de la mesa de fluidez que arrojaron valores similares de porcentaje (%) para una misma trabajabilidad y consistencia.

3.5. ENSAYOS DEL MORTERO EN ESTADO FRESCO

a.- fluidez

Se realizaron los ensayos para determinar la fluidez del mortero patrón y experimental con sustitución del 5% y 10% de ceniza de caracol, utilizando para ello la norma técnica peruana 334.057. Los resultados se muestran en las tablas N° 25, 26 y 27.

Tabla 25.

Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero patrón A/C (0.485)

| Diámetro (fluidez) | Diámetro promedio | Diámetro inicial | Fluidez % |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.20 | | | |
| 12.20 | 12.20 | 10.16 | 20 |
| 12.20 | | | |
| 12.10 | | | |

Fuente: Laboratorios de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

El ensayo de fluidez patrón se realizó en el fluidímetro electrónico y nos dio un diámetro promedio de 12.20 y una fluidez de 20%

Tabla 26.

Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero Experimental 5% A/C (0.492)

| Diámetro (fluidez) | Diámetro promedio | Diámetro inicial | Fluidez % |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.30 | | | |
| 12.30 | 12.20 | 10.16 | 20 |
| 12..10 | | | |
| 12.20 | | | |

Fuente: Laboratorios de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

El ensayo de fluidez experimental al 5% se obtuvo después de realizar 2 veces en el fluidímetro electrónico y nos dio una relación a/c de 0.492, con un diámetro promedio de 12.20 y una fluidez de 20%.

Tabla 27.

Ensayo para la determinación de fluidez de las pastas de mortero Experimental 10% A/C (0.500)

| Diámetro (fluidez) | Diámetro promedio | Diámetro inicial | Fluidez % |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.40 | | | |
| 12.30 | 12.40 | 10.16 | 21 |
| 12..40 | | | |
| 12.40 | | | |

Fuente: Laboratorios de Mecánica de Suelos y Geotecnia USP.

El ensayo de fluidez experimental al 10% se obtuvo después de realizar 2 veces en el fluidímetro electrónico y nos dio una relación a/c de 0.500, con un diámetro promedio de 12.40 y una fluidez de 21%.

3.6. ENSAYOS DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO

a.- Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de patrón y experimental se realizaron en laboratorios externos en la ciudad de Lima.

Tabla 28.

Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 3 días y su dispersión.

| a/c | Identificación de la muestra | Carga de rotura (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Dispersión (%) |
|-------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| 0.485 | P1-PATRON | 7,841 | 314.0 | 293.3 | 7.05 |
| | P2-PATRON | 7,301 | 291.0 | | 0.80 |
| | P3-PATRON | 6,870 | 275.0 | | 6.25 |
| 0.492 | E1-EXP-5% | 7,411 | 282.0 | 259.0 | 8.88 |
| | E2-EXP-5% | 6,018 | 231.0 | | 10.81 |
| | E3-EXP-5% | 6,927 | 264.0 | | 1.93 |
| 0.500 | E1-EXP-10% | 5,394 | 205.0 | 216.7 | 5.38 |
| | E2-EXP-10% | 6,054 | 231.0 | | 6.62 |
| | E3-EXP-10% | 5,612 | 214.0 | | 1.23 |

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio N° 1 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tabla 29.

Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 7 días y su dispersión.

| a/c | Tipo | Carga de rotura (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Dispersión (%) |
|-------|------------|----------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| 0.485 | P1-PATRON | 8,802 | 352.0 | 349.0 | 0.86 |
| | P2-PATRON | 8,590 | 342.0 | | 2.01 |
| | P3-PATRON | 8,835 | 353.0 | | 1.15 |
| 0.492 | E1-EXP-5% | 7,854 | 292.0 | 281.7 | 3.67 |
| | E2-EXP-5% | 7,346 | 276.0 | | 2.01 |
| | E3-EXP-5% | 7,452 | 277.0 | | 1.66 |
| 0.500 | E1-EXP-10% | 5,551 | 207.0 | 196.7 | 5.25 |
| | E2-EXP-10% | 5,054 | 188.0 | | 4.41 |
| | E3-EXP-10% | 5,309 | 195.0 | | 0.85 |

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio N° 1 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tabla 30.*Resultados del ensayo de resistencia obtenido a los 28 días y su dispersión.*

| a/c | Tipo | Carga de rotura (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia Promedio (kg/cm ²) | Dispersión (%) |
|-------|------------|----------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| 0.485 | P1-PATRON | 9,608 | 383.0 | 384.0 | 0.26 |
| | P2-PATRON | 10,128 | 400.0 | | 4.17 |
| | P3-PATRON | 9,324 | 369.0 | | 3.91 |
| 0.492 | E1-EXP-5% | 9,112 | 339.0 | 307.3 | 10.30 |
| | E2-EXP-5% | 8,669 | 320.0 | | 4.12 |
| | E3-EXP-5% | 7,162 | 263.0 | | 14.43 |
| 0.500 | E1-EXP-10% | 7,436 | 273.0 | 280.7 | 2.73 |
| | E2-EXP-10% | 7,617 | 278.0 | | 0.95 |
| | E3-EXP-10% | 7,964 | 291.0 | | 3.68 |

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio N° 1 de ensayo de materiales “Ing. Manuel Gonzales de la Cotera” de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Las tablas 28, 29 y 30 se encuentran especificadas según número de informe en el apartado de anexos del presente proyecto de investigación. Los resultados de resistencia promedio y dispersión se han realizado en base a cálculos estadísticos.

Tabla 31.*Cuadro resumen comparativo del promedio de las resistencias a la compresión a los 3, 7 y 28 Días.*

| | 3 | 7 | 28 |
|----------|-------|-------|-------|
| PATRON | 293.3 | 349.0 | 384.0 |
| EXP. 5% | 259.0 | 281.7 | 307.3 |
| EXP. 10% | 216.7 | 196.7 | 280.7 |

Fuente: Laboratorios de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.7. RESULTADOS DE LOS PESAJES DE LOS ESPECÍMENES

Los siguientes resultados muestran los datos obtenidos del peso de los especímenes en laboratorio después de haber realizado el desmolde y antes de ser llevados a curado según su programación para los ensayos de resistencia; se indica además que, la relación a/c 0.485 representa la relación agua cemento del mortero patrón y las relaciones a/c 0.492 y 0.500 son las que representan a las muestras experimentales tal

como se muestran en las tablas 32, 33 y 34 respectivamente y que contienen a las sustituciones del 5% y 10% de cenizas de caracol. También se muestra la dispersión que presenta cada espécimen de mortero patrón o experimental sobre la media del grupo en el que se encuentra contenido.

Tabla 32.

Resultados de pesos obtenidos a los 3 días y su dispersión.

| a/c | Tipo | Peso (gr) | Promedio (gr) | Dispersión |
|-------|--------------|-----------|---------------|------------|
| 0.485 | Patrón | 282.0 | 281.7 | 0.118 |
| | | 281.0 | | 0.237 |
| | | 282.0 | | 0.237 |
| 0.492 | Experimental | 302.0 | 303.7 | 0.549 |
| | | 304.0 | | 0.110 |
| | | 305.0 | | 0.439 |
| 0.500 | Experimental | 300.0 | 301.3 | 0.442 |
| | | 303.0 | | 0.553 |
| | | 301.0 | | 0.111 |

Fuente. Elaboración en base a resultados de laboratorio.

Tabla 33.

Resultados de pesos obtenidos a los 7 días y su dispersión.

| a/c | Tipo | Peso (gr) | Promedio (gr) | Dispersión |
|-------|--------------|-----------|---------------|------------|
| 0.485 | Patrón | 281.0 | 281.3 | 0.118 |
| | | 282.0 | | 0.237 |
| | | 281.0 | | 0.237 |
| 0.492 | Experimental | 307.0 | 306.0 | 0.327 |
| | | 304.0 | | 0.654 |
| | | 307.0 | | 0.327 |
| 0.500 | Experimental | 301.0 | 300.7 | 0.111 |
| | | 301.0 | | 0.111 |
| | | 300.0 | | 0.222 |

Fuente. Elaboración en base a resultados de laboratorio.

Tabla 34.*Resultados de pesos obtenidos a los 28 días y su dispersión.*

| a/c | Tipo | Peso (gr) | Promedio (gr) | Dispersión |
|-------|---------------------|-----------|---------------|------------|
| | | 281.0 | | 0.238 |
| 0.485 | Patrón | 280.0 | 280.3 | 0.119 |
| | | 280.0 | | 0.119 |
| | | 306.0 | | 0.109 |
| 0.492 | Experimental 5% | 306.0 | 305.7 | 0.109 |
| | | 305.0 | | 0.218 |
| | | 303.0 | | 0.000 |
| 0.500 | Experimental 10% | 305.0 | 303.0 | 0.660 |
| | | 301.0 | | 0.660 |

Fuente. Elaboración en base a resultados de laboratorio.

3.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la realización de la prueba de hipótesis del ensayo mecánico de resistencia a la compresión se llevó a cabo mediante la prueba de ANOVA del programa SPSS a los grupos identificados en cada caso, determinándose la influencia de la sustitución del 5% y 10% del cemento por ceniza de caracol.

Planteamiento de la prueba de hipótesis

Hipótesis Nula (H_0)

$H_0: \bar{x} = \bar{X}$: La media de la resistencia de la muestra experimental es igual a la media de la resistencia de la muestra patrón.

Hipótesis del investigador (H_1)

$H_1: \bar{x} \neq \bar{X}$: La media de la resistencia de la muestra experimental es diferente a la media de la resistencia de la muestra patrón.

Nivel de significancia

El nivel de significancia de la prueba asumida es de 5% ($\alpha = 0.05$).

Tabla 35.*Estadísticos descriptivos del ensayo de resistencia a la compresión*

| Estadísticos descriptivos | | | | |
|---|---------|--------|------------|----|
| Variable dependiente: Resistencia a la compresión | | | | |
| Espécimen de mortero | Curado | Media | Desviación | N |
| Patrón | 3 días | 293,33 | 19,604 | 3 |
| | 7 días | 349,00 | 6,083 | 3 |
| | 28 días | 384,00 | 15,524 | 3 |
| | Total | 342,11 | 41,637 | 9 |
| Exp. 5% | 3 días | 259,00 | 25,865 | 3 |
| | 7 días | 281,67 | 8,963 | 3 |
| | 28 días | 307,33 | 39,552 | 3 |
| | Total | 282,67 | 31,890 | 9 |
| Exp. 10% | 3 días | 216,67 | 13,204 | 3 |
| | 7 días | 196,67 | 9,609 | 3 |
| | 28 días | 280,67 | 9,292 | 3 |
| | Total | 231,33 | 39,144 | 9 |
| Total | 3 días | 256,33 | 37,590 | 9 |
| | 7 días | 275,78 | 66,505 | 9 |
| | 28 días | 324,00 | 51,296 | 9 |
| | Total | 285,37 | 58,699 | 27 |

Fuente. Datos obtenidos del procesamiento mediante software SPSS.

Interpretación:

De acuerdo a la tabla de estadísticos descriptivos obtenido con el software SPSS que corresponde a los grupos de resistencia a la compresión (Patrón 3Días, Patrón 7Días, Patrón 28Días, Exp. 5% 3Días, Exp. 5% 7Días, Exp. 5% 28Días, Exp. 10% 3Días, Exp. 10% 7Días y Exp. 10% 28Días), podemos identificar que nos muestra la desviación estándar muestral y que se encuentran dentro del rango aceptable, esto indica que los datos de la resistencia de cada espécimen se encuentran cercanos a la media del grupo que lo conforman; sin embargo, observamos que existe una elevación considerable de esta desviación en la media del experimental del 5% a los 28 días de

rotura con un valor de 39.552, pudiéndose corroborar en la **tabla 30** en donde se observa el rango de dispersión consecuente.

También podemos observar el nivel de confianza para la media al 95% en sus límites inferior y superior, con un total de especímenes muestreados de 27.

Tabla 36.

Prueba ANOVA de los grupos del ensayo de resistencia a la compresión

| Pruebas de efectos inter-sujetos | | | | | |
|---|-------------------------------------|----|---------------------|----------|------|
| Variable dependiente: Resistencia a la compresión | | | | | |
| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 82926,296 ^a | 8 | 10365,787 | 28,024 | ,000 |
| Intersección | 2198778,704 | 1 | 2198778,704 | 5944,430 | ,000 |
| Espécimen | 55321,407 | 2 | 27660,704 | 74,781 | ,000 |
| Curado | 21846,741 | 2 | 10923,370 | 29,531 | ,000 |
| Espécimen * Curado | 5758,148 | 4 | 1439,537 | 3,892 | ,019 |
| Error | 6658,000 | 18 | 369,889 | | |
| Total | 2288363,000 | 27 | | | |
| Total corregido | 89584,296 | 26 | | | |

a. R al cuadrado = ,926 (R al cuadrado ajustada = ,893)

Fuente. Datos obtenidos del procesamiento mediante software SPSS.

Interpretación

Como se puede observar el valor del nivel de significancia (Sig.) de la **tabla 36** para un $\alpha = 0.05$ obtenido para los grupos es de 0.00 de los factores de espécimen y curado y en la relación al efecto de la interacción *espécimen*curado* una significancia de 0.019 que resulta un p-valor menor a 0.05 siendo el efecto de esta interacción significativa; en consecuencia, se descarta la hipótesis nula (H_0) establecida y se acepta la hipótesis del investigador (H_1); por lo que, se descarta una igualdad de medias para las condiciones de las variables entre los grupos al existir diferencias entre los mismos.

El valor $R^2 = 0.926$ para la tabla del ANOVA de factores nos indica que los tres efectos incluidos (*Espécimen*, *Curado* y *Espécimen * Curado*) en el modelo están explicando el 92.6% de la varianza de la variable dependiente **Resistencia a la compresión**.

A continuación, veremos las pruebas post hoc:

Tabla 37.
Pruebas post hoc

| Comparaciones múltiples | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------------|----------------|------|----------------------------------|--------------------|
| Variable dependiente: Resistencia a la compresión | | | | | | |
| Bonferroni | | | | | | |
| (I) | (J) | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| Espécimen de mortero | Espécimen de mortero | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Patrón | Exp. 5% | 59,44* | 9,066 | ,000 | 35,52 | 83,37 |
| | Exp. 10% | 110,78* | 9,066 | ,000 | 86,85 | 134,71 |
| Exp. 5% | Patrón | -59,44* | 9,066 | ,000 | -83,37 | -35,52 |
| | Exp. 10% | 51,33* | 9,066 | ,000 | 27,41 | 75,26 |
| Exp. 10% | Patrón | -110,78* | 9,066 | ,000 | -134,71 | -86,85 |
| | Exp. 5% | -51,33* | 9,066 | ,000 | -75,26 | -27,41 |

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 369,889.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente. Datos obtenidos del procesamiento mediante software SPSS.

Interpretación:

La tabla 37 de comparaciones múltiples en el análisis post hoc con un intervalo de confianza del 95%, nos trae un análisis más grande al establecer relaciones entre los grupos de especímenes (morteros) y de acuerdo a su nivel de significancia que para el siguiente caso es de 0.00 el espécimen de mortero (I) puede mostrar mayor significancia respecto al espécimen de mortero (J) o viceversa, esto se refleja en la diferencia de medias pudiendo ser positivo o negativo. Las relaciones (I) y (J) también establecen la variabilidad que se tiene al utilizar diferentes porcentajes de sustitución y que a mayor sea esta, mayor será la diferencia de medias existentes; es decir, a cuanto

mayor porcentaje de ceniza de caracol, esta incide en mayor magnitud en la resistencia a la compresión.

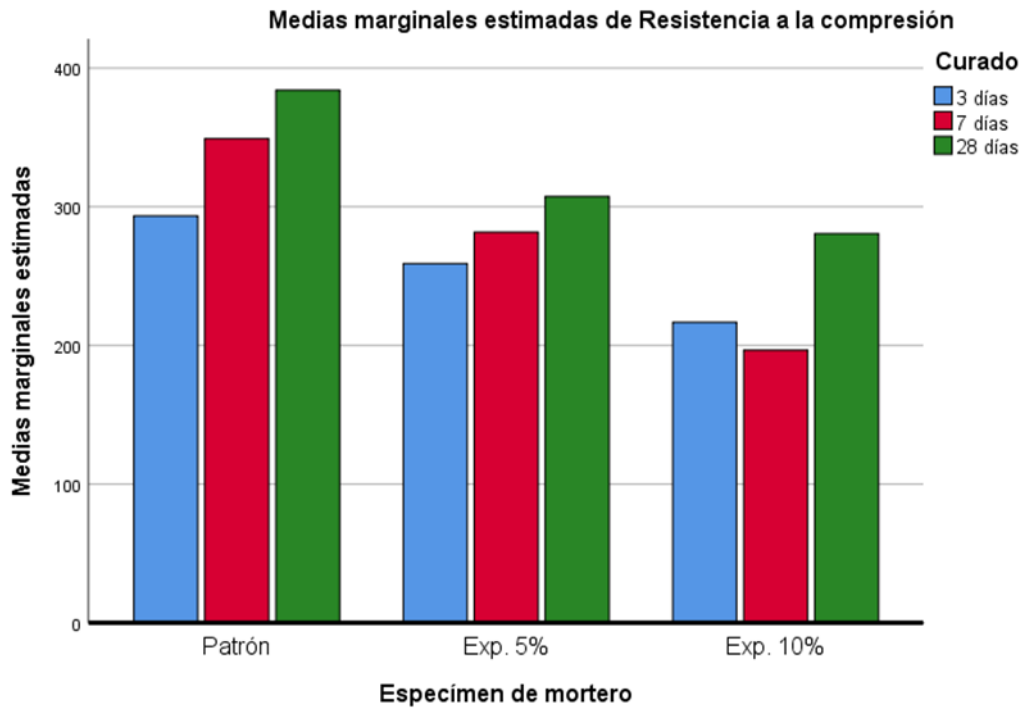


Figure 7. Grafica espécimen de mortero vs medias marginales del análisis del programa SPSS.

IV. Análisis y discusión

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PH

El ensayo de Ph realizado a la muestra de ceniza de caracol se obtuvo 12.38; del cemento con sustitución del 5% por ceniza de caracol ,se obtuvo 12.61; del cemento con sustitución del 10% por ceniza de caracol, se obtuvo 12.58; corroborándose que, el valor del pH en el material combinado no disminuyó significativamente en relación a la del cemento que se encuentra en un rango de 14.00, esto nos dice que, el material de sustitución es un buen material ya que es alcalino y el Ph del nuevo cemento (sustitución al 5% y 10% respectivamente) no se encuentra por debajo de 9 que es el valor mínimo para evitar corrosión y deterioro en el concreto (Knop & Peled, 2018), evitando la penetración de cloruros. Por lo tanto, la alcalinidad alta es debido a la presencia de Ca(OH)_2 , siendo esta debilitado por la reacción de carbonatación. Otros autores refieren que, un pH menor de 3 (agua acidas) puede generar problemas en el manejo del concreto resultando perjudicial en la calidad del mismo (Gutierrez de Lopez, 2003).

La carbonatación se define como el proceso por el cual el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 o cal apagada absorbe CO_2 y se convierte en $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, formándose carbonato cálcico y agua. Este proceso tiende a ser una reacción muy lenta, pues empieza a las veinticuatro horas de amasar la pasta y termina al cabo de los seis meses; por lo que, se debe tener cuidado con este proceso pues dañaría el mortero y todo elemento de concreto (Villarino, 2011).

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS PESOS DE LOS ESPECÍMENES

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas 32, 33 y 34, se obtuvieron los pesos por tandas de 3 especímenes del mortero patrón y experimental de los cuales se aprecia que los pesos de los morteros experimentales varían de 3 a 6 gramos más, esto justifica la hidratación de los especímenes experimentales, es decir, que debido a la sustitución del cemento por ceniza de caracol se aumentó la cantidad de óxido de calcio que debe

reaccionar haciendo que la cantidad de agua de amasado sea absorbido por este material llevando a la utilización de una cierta cantidad de agua en adición según el porcentaje de sustitución. Un análisis mas preciso del porqué se utilizó más agua en la hidratación de los especímenes experimentales se encuentra en el cálculo del peso específico de la ceniza de caracol y de las sustituciones como se indica en la tabla 18 y del que se obtuvo el siguiente resultado final:

Ceniza de caracol 2.75 g/cm³.

Cemento + ceniza de caracol (5%) 2.97 g/cm³.

Cemento + ceniza de caracol (10%) 3.00 g/cm³.

Considerando que el peso específico del cemento portland se encuentra entre 3.10 g/cm³ y 3.20 g/cm³ en cementos normales y que las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 gr/cm³ y las normas alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12 g/cm³ (Yzquierdo Villanueva, 2015), podemos señalar que los valores obtenidos son menores, esto significa que al relacionar la fórmula de peso específico $\gamma = \frac{mg}{V} = \rho g$ para cada uno de los valores obtenidos podemos concluir que al obtener un menor valor este indicaría un mayor volumen ocupado por el material y que para hidratarse necesitaría un mayor volumen de agua. Es importante tener en cuenta que el peso específico del cemento esta relacionado con el diseño y control de morteros y concretos, esto es la principal utilidad que se le da al peso específico y que es vital conocer su valor para poder realizar el análisis de los resultados en la mesa de fluidez.

Otro punto importante son las dispersiones obtenidas de los pesos que arrojan valores bajos indicados en las tablas 32, 33 y 34; por lo que, se puede indicar que las resistencias están directamente relacionadas a los pesos, pudiéndose corroborar en los resultados obtenidos de resistencia a la compresión como se muestra en las tablas 28, 29 y 30.

Por lo tanto, de acuerdo a la figura 8 como se muestra, el reemplazo parcial del cemento por ceniza de caracol incrementó el grado de hidratación a edades tempranas

de los morteros. También se puede citar el trabajo realizado por (Knop & Peled, 2018, p. 1-14).

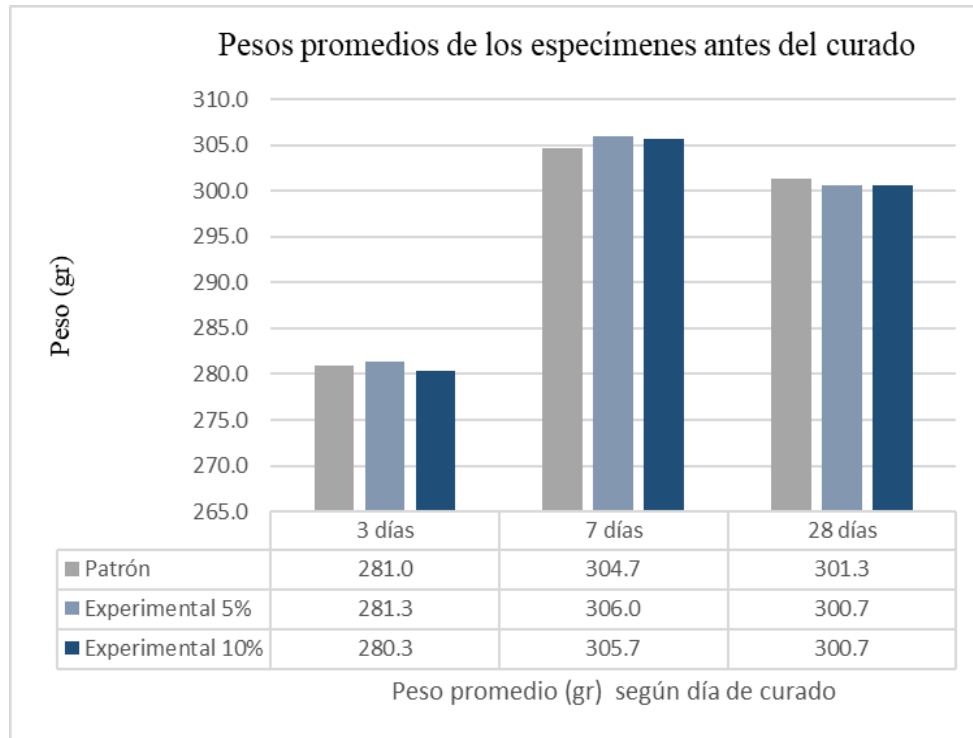


Figure 8. Pesos de los especímenes y su relación con la hidratación.

Un análisis realizado en el software SPSS para establecer el nivel de significancia o grado de relación entre el factor peso y la variable resistencia a la compresión mediante la prueba Anova, se puede concluir que, el peso de los especímenes (factor establecido como Covariable) influyen en la resistencia tal y como se observa en la tabla 38 de las pruebas de efectos inter – sujetos de la variable dependiente “Resistencia a la compresión” en la que el nivel de significancia es de 0.981., este valor siendo superior a 0.50 implica que el efecto individual del factor peso incluido en el modelo explica de manera directa su relación con la variable dependiente.

Los factores espécimen y peso nos indican en el modelo que están explicando el 61.8% de la varianza de la variable dependiente resistencia a la compresión mediante el valor R^2 .

La “Covariable” podemos definirla como un factor (elemento valor) que influye de tal manera que su presencia produce cambios en la “variable dependiente” cuando su valor se altera, es decir incide directamente sobre dicha variable.

Tabla 38.

Pruebas de efectos inter – sujetos de la relación resistencia peso

| Pruebas de efectos inter-sujetos | | | | | |
|---|-------------------------------------|----|---------------------|--------|------|
| Variable dependiente: Resistencia a la compresión | | | | | |
| Origen | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Modelo corregido | 55322,285 ^a | 3 | 18440,762 | 12,379 | ,000 |
| Intersección | 15,866 | 1 | 15,866 | ,011 | ,919 |
| Peso | ,878 | 1 | ,878 | ,001 | ,981 |
| Especímen | 20939,398 | 2 | 10469,699 | 7,028 | ,004 |
| Error | 34262,011 | 23 | 1489,653 | | |
| Total | 2288363,000 | 27 | | | |
| Total corregido | 89584,296 | 26 | | | |

a. R al cuadrado = ,618 (R al cuadrado ajustada = ,568)

Fuente. Datos obtenidos del procesamiento mediante software SPSS.

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES A LOS 3, 7 Y 28 DÍAS

La figura 9, nos muestra que las resistencias obtenidas arrojan resultados negativos en cuanto a las resistencias, de manera general se puede decir que nuestra hipótesis planteada no obtuvo los resultados esperados en cuanto a superación de la resistencia media a la compresión del mortero patrón con referencia a nuestro mortero experimental con sustitución al 5% y 10% del cemento por ceniza de caracol, corroborándose que la sustitución al 5% y 10% respectivamente fueron 20 % y 26 % menor en resistencia comparado con el mortero patrón a los 28 días de rotura.

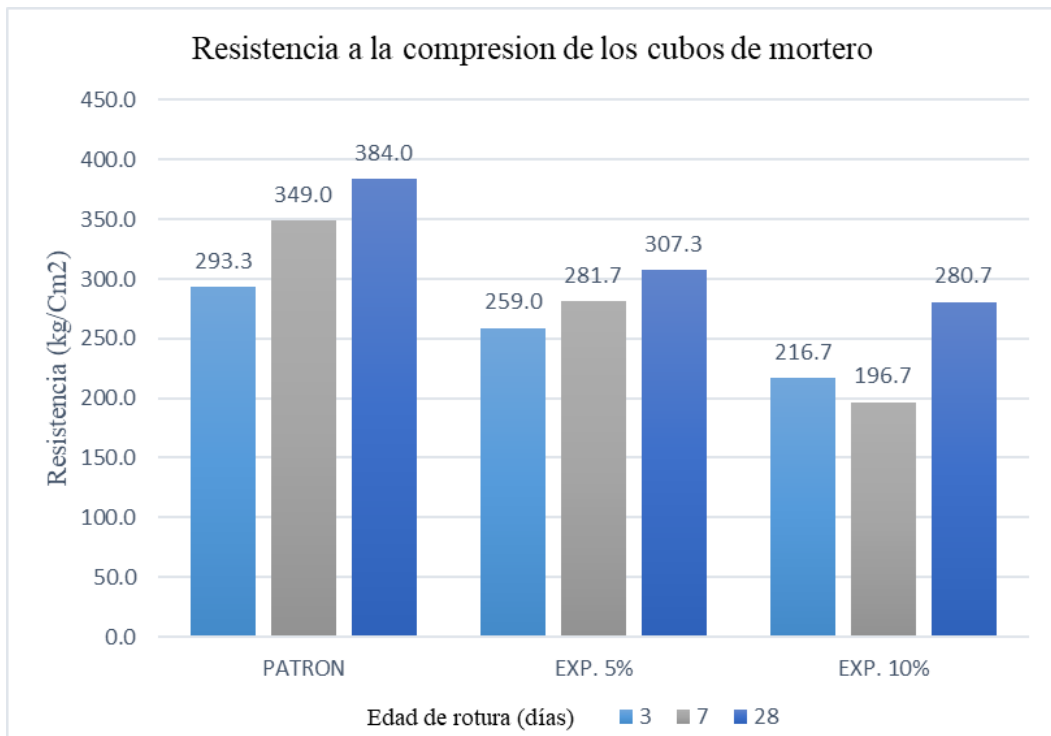


Figure 9. Cuadro comparativo de las resistencias a la compresión por grupos de los especímenes a los 3, 7 y 28 días.

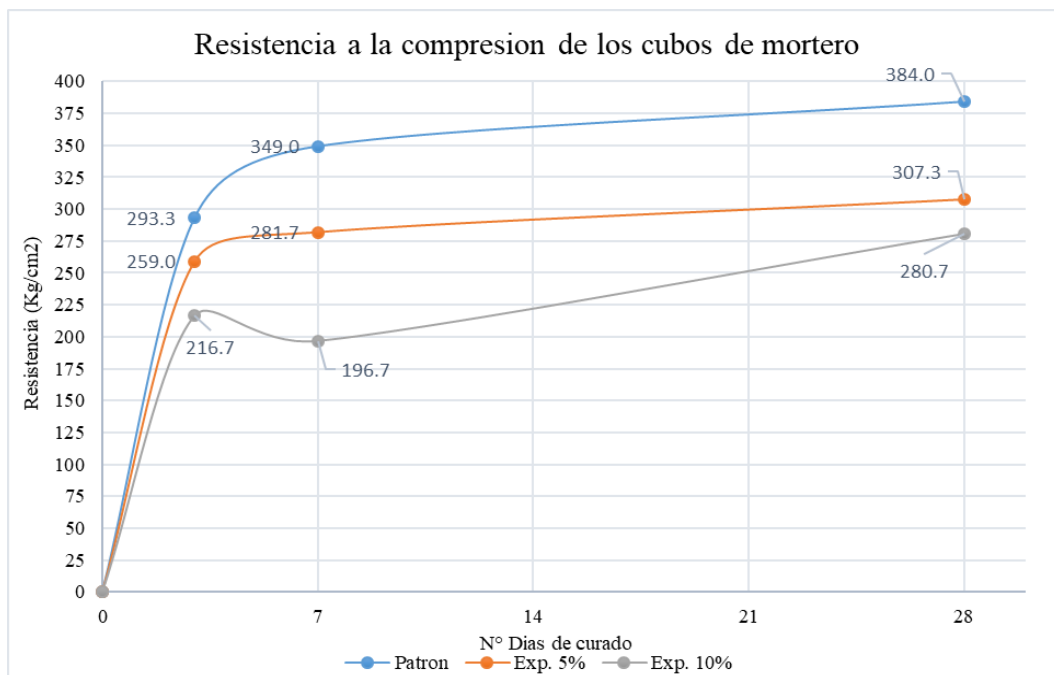


Figure 10. Cuadro comparativo de las resistencias medias a la compresión por grupos patrón, exp. 5% y exp. 10% de los especímenes a los 3, 7 y 28 días.

De los resultados obtenidos en cuanto a las resistencias obtenidas y de la hipótesis planteada se puede decir:

Primero. Que, la disminución de la resistencia a la compresión de los morteros experimentales con sustituciones del 5% y 10% del cemento por ceniza de caracol sobre el mortero patrón se puede deber a que en el material calcáreo de sustitución se encuentre demasiado **óxido de calcio libre** (*CaO libre*), este CaO libre es el óxido que no ha reaccionado en la fase de hidratación de la ceniza de caracol y el agua.

Segundo. La ceniza de caracol utilizada para la sustitución del cemento contiene de acuerdo a los análisis de fluorescencia de rayos X un 99.03% de óxido de calcio CaO, óxido que debería reaccionar durante la fase de hidratación y que de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior este CaO debería haber reaccionado posterior a su hidratación es decir durante el fraguado y endurecimiento del mortero

Tercero. Se aprecia que las resistencias medias tanto en el mortero patrón como en los experimentales van aumentando según los días de rotura, aunque los experimentales en menor medida producto de la disminución de su resistencia (véase figura 10).

Cuarto. La cantidad de material del cual se sustituyó al cemento se encuentra dentro los límites de acuerdo a los antecedentes encontrados que limitan la sustitución en un máximo de 10%, ya que, siendo mayor, este influiría en mayor medida en la caída de la resistencia al presentarse demasiado **óxido de calcio**; como ya lo hemos mencionado este óxido sería el responsable de la disminución de la resistencia al presentarse en exceso cuando este no reacciona.

Quinto. Como se aprecia en la figura 10, la caída de las resistencias según se sustituía en mayor porcentaje, se puede referir que la cantidad de óxido libre (CaO) y un exceso del mismo, a partir de un 1.5%, conlleva a una expansión (cambio de volumen) del mortero provocando su destrucción. Para el caso del

CaO libre otros autores refieren que a partir de 2% se afecta la resistencia (Catalano, 1944).

Sexto. Finalmente, se puede concluir que, al añadir cierta cantidad de óxido de calcio, se debe tener cuidado de no producir en exceso óxido de calcio libre que perjudique la resistencia, esta cantidad se establece según las referencias entre 1.5 % y 2%.

Tomando como base lo referido en los puntos anteriores sobre “**cambio de volumen**” o “**cambio volumétrico**”, podemos precisar que, *el CaO al hidratarse se convierte en $\text{Ca}(\text{OH})_2$ este es perjudicial para la resistencia si su hidratación se produce durante el fraguado y endurecimiento del mortero pudiendo llegar hasta la desintegración del mismo, cuando existe un exceso de CaO libre*; es por ello que es conveniente realizar una correcta molienda de la ceniza de caracol, para que la hidratación del CaO se realice durante el proceso de amasado pues al ser mas fino el material aumentará la velocidad de hidratación, evitando expansión del mortero por presencia excesiva de CaO.

Es por ello que es importante que el CaO combinado sea el mayor posible y evitar que disminuya el $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (alita) debido a su peso molecular, que con solo la presencia de un 1% de CaO libre disminuya en más de 4% el $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ que es principal constituyente del cemento. (Catalano, 1944, p. 37)



Figure 11. Cambio volumétrico producido por la excesiva sustitución superiores al 10% y un exceso de CaO superiores al 2%.

La variación de volumen es muy importante mencionar mas aun para analizar el porqué de la disminución de la resistencia, ya que, según Catalano (1944) “para comprender este aumento de volumen basta recordar que:

| | CaO | Ca(OH) ₂ |
|-------------------------|------|---------------------|
| Peso específico | 3.18 | 2.34 |
| Peso molecular | 56 | 74 |
| Volumen Molecular | 17.6 | 31.6 |

Por lo que un volumen de CaO producirá al hidratarse aproximadamente 1.8 volúmenes de Ca(OH)₂” (p.36), ahora podemos entender a la pregunta ¿por qué una reacción tardía del CaO es perjudicial para la resistencia?

Un punto específico de nuestro resultado como se aprecia en la figura 10, es el comportamiento atípico de la curva de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de rotura formada por los resultados de los valores medios de resistencia del mortero experimental al 10% de sustitución, donde el decremento de la resistencia media de los especímenes de sustitución del 10% a los 7 días de rotura comparado con las resistencias de los 3 y 28 días respectivamente de las misma sustitución (véase fig. 9) es significativa, un análisis del factor o factores que pudieron influir en la disminución de la resistencia es la posibilidad de que el material calcáreo “ceniza” haya estado hidratado es decir que haya estado expuesto al ambiente por mucho tiempo, pues el material se utilizó para elaborar los morteros para tres días de rotura después de tres semanas desde su calcinación; siendo los morteros a 7 y 28 días de rotura elaborados entre 7 y 14 días después de dicha calcinación, otro factor posible sería que se haya estado afectado la relación a/c al momento de realizar los especímenes en laboratorio, también podemos relacionar la curva atípica formada con la presencia de CaO libre siendo esta la opción mas aceptable para el análisis en cuanto a su formación.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la figura 4 se puede apreciar la pérdida de masa alrededor de los 780° C, el primer tramo hasta esta temperatura refleja una línea casi constante es decir el material se

muestra estable. De acuerdo al análisis de ATD el material presenta una pérdida de un 48% de su masa inicial. La figura 5 muestra un pico endotérmico aproximadamente a 100°C y 200°C lo cual indica está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica manifestándose en calentamiento, como consecuencia de esto se producirá evaporación y una transición térmica alrededor de los 870° C, donde descarga energía y se produce un proceso de oxidación. Se consideró como valor referencial para la calcinación del material a 870°C ya que hay un cambio de fase mostrándose el pico de fusión es decir presenta absorción térmica intensa que indicaría cambio en las características del material. El análisis posterior de fluorescencia de rayos x confirmó que los caparzones de caracol calcinados presentaban óxido de calcio casi en su totalidad lo que lo confirmaba como un buen material a utilizar en el proyecto.

La sustitución del cemento por ceniza de caracol incrementó la hidratación de la pasta de mortero como se puede apreciar en la tabla de resultados de los ensayos de fluidez de los morteros experimentales (5% y 10% de sustitución) a comparación de la fluidez del mortero patrón, esta adición de agua se hizo con el propósito de obtener una misma trabajabilidad tanto para la pasta de mortero patrón como el de los experimentales. Esta ceniza de caracol es un material con menor peso específico que el del cemento lo que hace que absorba más agua para ser trabajable.

De acuerdo con ASTM C 618, las puzolanas son materiales silíceos o aluminosos que por sí mismos poseen poca o ninguna actividad hidráulica, pero que finamente molidos y en presencia de agua pueden reaccionar con Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes. Hay que tener en cuenta que la actividad puzolánica depende tanto de la naturaleza como de la proporción de las fases activas presentes en la puzolana, de la relación cal – puzolana de la mezcla, de la finura de la puzolana y de la temperatura de la reacción. Los productos de reacción puzolana/cal generalmente son del mismo tipo que los productos de hidratación del Cemento Portland.

Ahora teniendo en consideración el tipo de material usado como es la ceniza de caracol y de cómo reacciona, es bueno preguntarse qué efecto tuvo como sustitución del

cemento, si bien es cierto como ya se explicó en los apartados anteriores sobre el efecto del exceso de CaO libre sobre la resistencia y su limitancia en su aparición en cantidad porcentual sobre las reacciones, a todo ello podemos considerar que tuvo un efecto reductor en la resistencia a la compresión.

La ceniza de caracol utilizada en cantidades menores al 10% como material de sustitución trabajó muy bien durante la preparación de los morteros sin presentar expansiones por cambio volumétrico del mismo, esto quiere decir que lo que contribuyó a la disminución de la resistencia se debe a una pequeña cantidad de óxido de calcio que no reaccionó o no se combinó durante la hidratación lo que produjo que afectara la resistencia en las edades de ensayo, esto explica el por qué se redujo la resistencia aun cuando la sustitución fue menor al 10% como se aprecia en la figura 10.

En la figura 10 podemos observar la curva atípica formada por las resistencias medias de los especímenes de mortero con sustitución del cemento en un 10% por ceniza de caracol, por lo que podemos preguntar si existe relación con el óxido de calcio libre presente en los especímenes, por ello para correlacionar esta curva atípica y la disminución de la resistencia del mortero experimental al 10% con la presencia de CaO libre, tenemos que recordar que nuestro límite máximo de sustitución del cemento portland se encuentra en 10% tal y como se planteó en nuestros antecedentes, por lo que podemos inferir que a mayor sustitución existiría una mayor disminución de la resistencia y la normalidad de la curva se vería condicionada a la presencia excesiva de CaO libre superiores a 1.5 %. La figura 10 detalla la curva formada por las resistencias medias, donde la curva atípica formada por el experimental del 10% tiene los siguientes valores a los tres días 216.7 kg/cm^2 , a los 7 días 196.7 kg/cm^2 y a los veintiocho días 280.7 kg/cm^2 siendo apreciable la disminución de la resistencia a los 7 días respecto de los tres días (9% menor) y que vuelve a incrementar a los veintiocho días, esto nos indica que a mayor a sustitución el mortero necesita mayor tiempo de curado para alcanzar mayores resistencias con una tendencia a la baja cuanto mayor sea la sustitución del cemento, hay que considerar que a mayor sustitución mayor óxido de calcio libre presente se tendrá en los especímenes. Entonces podemos

considerar que existe una influencia significativa correlacional (CaO libre - % de sustitución) del óxido de calcio libre en la formación de la curva de resistencia y se acentúa cuanto mayor sea la cantidad de cemento a sustituir. A todo ello hay que tener muy presente que, según Catalano (1944) cantidades elevadas de CaO libre disminuye el CaO combinado, disminuyendo por lo tanto el $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ “Silicato tricálcico” o conocido como “Alita”, esto tiene relación directa con el peso molecular del $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (228.30) y del CaO (56.08) y que por cada 1% de CaO sin combinar correspondería una disminución de 4.07 % del $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ que es quien aporta mayores resistencias iniciales al cemento además de ser el constituyente hidráulico por excelencia. Al hablar de resistencias iniciales fue esta quien se vio afectada y que se relaciona con la presencia excesiva de CaO, siendo los primeros días determinante para dar forma a la curva atípica formada con las resistencias del mortero experimental al 10 % de sustitución y que la explicaría.

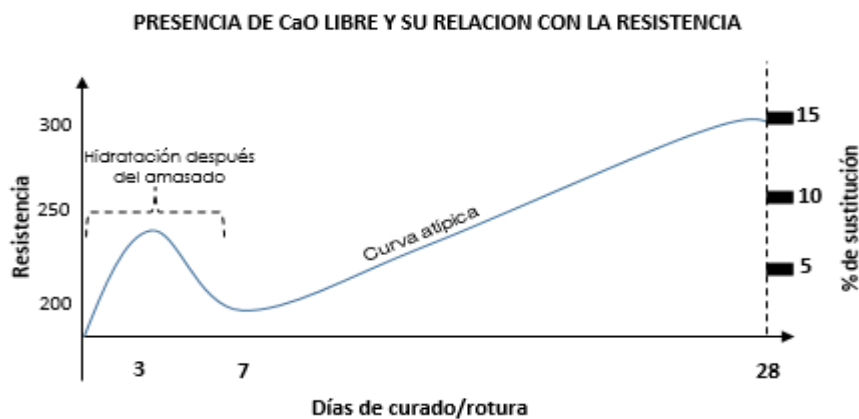


Figure 12. Formación de curva atípica y su relación con el CaO (relación CaO libre - % de sustitución)

De manera general, en cuanto a los resultados de las resistencias obtenidas los morteros experimentales no alcanzaron a la resistencia del mortero patrón, si consideramos que solo se ha utilizado un material que contiene óxido de calcio también se podría considerar el utilizar un material que contenga óxido de silicio que balance la ecuación de reacción durante la hidratación del cemento y cuidar el exceso de CaO libre perjudicial además de otros compuestos nocivos para el mortero. Hay que considerar que, la importancia de controlar el exceso de CaO en los morteros o en aplicaciones mayores en cuanto a concreto debe ser tomado como un criterio de calidad por los efectos que su presencia puede causar.

V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis realizados en este proyecto, se determinó que el proceso de calcinación para obtener una ceniza con contenido puzolánico con una calcinación controlada a una temperatura máxima de 870° C, con un tiempo de permanencia de 3.5 horas en la mufla.

La composición química de las cenizas de Caracol a través de la fluorescencia de rayos x, ensayada en la Universidad Nacional de Ingeniería, indica su potencial como puzolana, el contenido de Óxido de Calcio es superior al 90%.

Las muestras de ceniza son alcalinas lo que al combinar con el cemento este preserva su Ph y no la disminuye la cual sería perjudicial para el mortero, ya que los resultados del ensayo de Ph así lo demuestran.

La sustitución de ceniza de caracol disminuyó la trabajabilidad ligeramente en los morteros experimentales con respecto al mortero patrón, por lo cual, se añadió 2.0 gr de agua a la sustitución del 5% y 4.0 gr de agua a la sustitución del 10%, esto con la finalidad de tener una misma trabajabilidad del mortero.

La resistencia del mortero experimental sustituidos al 5 % y 10 % fueron menores en 20.0 % y 26.9 % de su resistencia comparándolo con el mortero patrón a 28 días de curado, a los 7 días de rotura el mortero experimental sustituidos al 5 % y 10 % fueron menores en 19.3 % y 43.6 % de su resistencia comparado con el mortero patrón y a los 3 días de rotura el mortero experimental sustituidos al 5 % y 10 % fueron menores en 11.7 % y 26.1 % menos en resistencia que el mortero patrón.

El alto contenido de óxido de calcio de las cenizas de caracol resultó ser perjudicial para la resistencia a la compresión del mortero experimental al 5% y 10 % de sustitución respectivamente, esto debido al exceso de CaO libre (óxido de calcio sin combinar) superior al 1.5% determinando la disminución de la resistencia.

Las resistencias de los morteros experimentales fueron menores a la resistencia del mortero patrón de acuerdo a los resultados y análisis correspondientes de los mismos.

5.2. RECOMENDACIONES

Al momento de activar el material tener cuidado de no contaminar la muestra.

Utilizar como material fino el pasante del tamiz N° 200 considerando que a mayor fineza mayor velocidad de hidratación tendrá la ceniza de caracol.

Utilizar distintos porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de caracol inferiores al 10%, y comparar los resultados superiores a los 28 días de rotura.

Utilizar la combinación de ceniza de caracol con otros materiales con alto contenido de silicio, para determinar su resistencia.

Estudiar la viabilidad de la ceniza para la elaboración no solo de morteros sino también de materiales de construcción prefabricados de bajo costo económico y medioambiental, como bloques o ladrillos de concreto.

Realizar ensayos para determinar la cantidad de CaO libre en la mezcla de mortero.

Realizar ensayos de rotura posteriores a los 28 días de curado, para analizar la resistencia y su evolución.

Estudiar la aplicación del material calcáreo como agregado grueso para la elaboración de concretos o como material fino para la elaboración de pastas.

VI. Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiar siempre mi camino y a mi familia por siempre apoyarme en las etapas de mi vida, en mi crecimiento profesional y a sus consejos que siempre llevaré presente, y que me han ayudado a ser la persona que ahora soy.

Gracias a mi padre que desde el cielo guía mis pasos, y que sus enseñanzas forman parte de mi vida en cada momento.

A mis maestros por sus consejos e inculcarme el respeto a los demás y seguir luchando por alcanzar mis metas trazadas, y a mis amigos por brindarme su apoyo cuando lo necesitaba.

VII. Referencias bibliográficas

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Adekunle P., A., Shodolapo O., F., & Kamoru A., I. (2015). Utilization of Mollusc Shells for Concrete Production for Sustainable Environment. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 201-208.
- Catalano, E. (1944). *Determinación de óxido de calcio libre en cementos (Tesis doctoral)*. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Construmatica. (2020). *Características de los Morteros*. Obtenido de Construmatica: https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADsticas_de_los_Morteros
- Corporación de Laboratorios de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales - COLECBI. (2020). *Informe de ensayo N° 20200207-007*. Nuevo Chimbote.
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Knop, Y., & Peled, A. (abril de 2018). *Cementos mezclados sostenibles - Influencia de la densidad en la eficiencia química de la pasta de cemento*. Obtenido de Materiales (MDPI): https://www.researchgate.net/publication/324652765_Sustainable_Blended_Cements_Influences_of_Packing_Density_on_Cement_Paste_Chemical_Efficiency?_sg=vjUHdnAZIe-3Spw3plCSJ0xaPLM4IWxfQFA4F1Qtsov1qK8hJoJd3KNL_yMOW4wfaG-PRK8oquNzuLk
- Laboratorio LABICER. (2020). *Informe técnico N° 0201-20-LABICER*. Lima.
- León Consuegra, L., Vázquez Rodríguez, A., & Torres Fuentes, M. (2012). Obtenido de <https://docplayer.es/50102097-Estudio-del-surgimiento-y-desarrollo-de-los-morteros-en-la-construccion.html>

- Ministerio de la producción. (2015). *www.produce.gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/produce>
- Monteagudo Viera, S. (2014). *Estudio microestructural y de los procesos de hidratación de cementos con adiciones (Tesis doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- n.t.p.334.005. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland*. Lima: Megabyte.
- n.t.p.334.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: Megabyte.
- n.t.p.334.051. (1998). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*. Lima, Perú: Megabyte.
- n.t.p.339.088. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento*. Lima, Perú.
- Rivera L., G. (2013). *CONCRETO SIMPLE*. Popayan.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo Peruano ACI.
- RNE-E.070. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú: Megabyte.
- Talha Zaid, S., & G. Ghorpade, V. (2014). Experimental Investigation of Snail Shell Ash (SSA) as Partial Replacement of Ordinary Portland Cement in Concrete (2014). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1049-1053.
- Tatineni Yeswanth, S., & Muvvala Sambasiva, R. (2016). An Experimental Study on Strength Properties of Concrete by Partially Replacing Cement With Snail Shell Ash. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJIET)*, 312-322.
- Universidad Andina del Cusco. (2017). *Repositorio digital de tesis*. Obtenido de Universidad Andina del Cusco: http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/717/3/Eduardo_Jos%C3%A9_Tesis_bachiller_2016_p_1.pdf

Villarino Otero, A. (2011). *Ciencia y Tecnología de los Materiales*. Avila, España: Escuela Politécnica Superior de Ávila.

Yzquierdo Villanueva, J. (2015). Estudio de la influencia del aditivo chema estruct en la Resistencia a la Compresión del concreto con Cemento Pacasmayo y Cemento Inka (tesis de pregrado). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

VIII. Anexos

ANEXO A. Panel de fotográfico



Foto 1. Inspección del desembarcadero en el puerto de Chimbote.



Foto 2. Recolección del material en la zona de abastecimiento Mercado de Peces Chimbote.



Foto 3. Extracción de material en la cantera de Besique.



Foto 4. Limpieza del caparazón del caracol.



Foto 5. Pesaje de la arena por gradación.



Foto 6. Calcinación de material caparazón de caracol.



Foto 7. Determinación del límite de fluidez. Laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro - CHIMBOTE.



Foto 8. Determinación del peso específico de la ceniza de caracol y del cemento sustituido. Laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro - CHIMBOTE.



Foto 9. Realización de ensayos de resistencia en el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería- LIMA.

ANEXO B. Ensayo de análisis térmico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 27 de enero del 2020

INFORME N° 13 - ENE-20

Solicitante: Segundo Pablo de la Cruz Vera – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Caparazón de caracol molido (1 gr)

| N° de Muestras | Código de Muestra | Cantidad de muestra ensayada | Procedencia |
|----------------|-------------------|------------------------------|-------------|
| 1 | CCM-13E | 31 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: 31 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/49790880 danchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo Perú



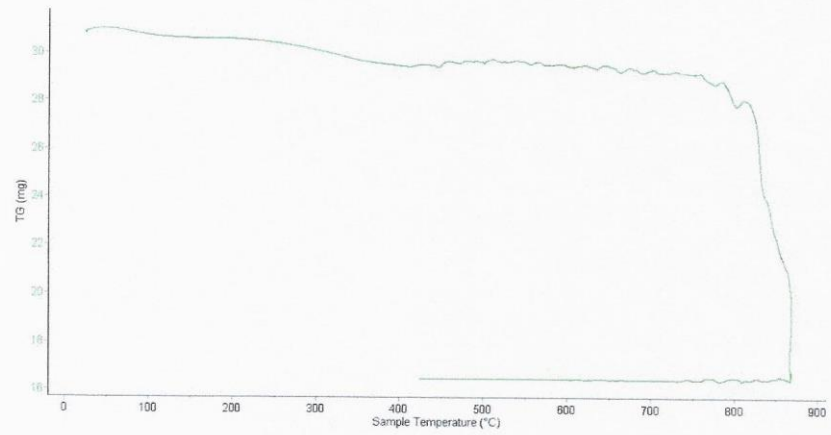


Trujillo, 27 de enero del 2020

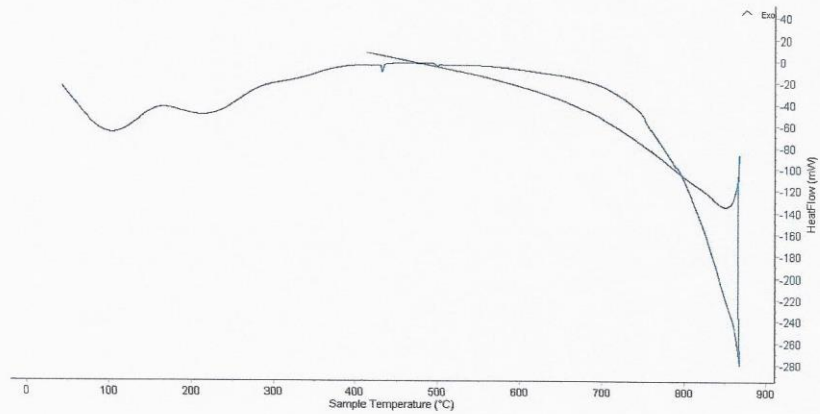
INFORME N° 13 - ENE-20

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis TG.



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 damchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú






Trujillo, 27 de enero del 2020

INFORME N° 13 - ENE-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material donde la pérdida de masa es mínima desde 25°C hasta 780°C donde a partir del cual el material presenta inicio de descomposición. El material presenta una pérdida total de 48% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis térmico diferencial, se muestra un primer pico endotérmico en torno a 100°C y 200°C, posteriormente a 880°C la curva muestra un pico de absorción térmico intenso que podría indicar algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 27 de enero del 2020


Ing. Damián Mejías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO C. Ensayo de composición química



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0201 – 20 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SEGUNDO PABLO DE LA CRUZ VERA
 - 1.2 DNI : 42925997
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 02 / 2020
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 11 / 02 / 2020
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 02 / 2020
3. ANÁLISIS SOLICITADO : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA CARACOL NEGRO)
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5 % Y 10 % POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.3 °C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
 - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

| ELEMENTO | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO |
|------------|---------------|---|
| Calcio, Ca | 99,66 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾ |
| Azufre, S | 0,17 | |
| Potasio, K | 0,17 | |

⁽¹⁾Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del sodio al uranio).


8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

| COMPUESTO | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO |
|------------------------------------|---------------|---|
| Óxido de calcio, CaO | 99,03 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾ |
| Óxido de potasio, K ₂ O | 0,93 | |
| Óxido de azufre, SO ₃ | 0,04 | |


⁽¹⁾Balaceo de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada y no son válidos para el servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Kevin Sulca
Analista
LABICER –UNI




Otilia Acha de la Cruz
Jefe de Laboratorio
Firmado por:
Ing. Sebastián Lazo Ochoa
CIP 74236

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 0201-20- LABICER

Página 1 de 2

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono: 382 0500. Correos: labicer@uni.edu.pe / otilia@uni.edu.pe

ANEXO

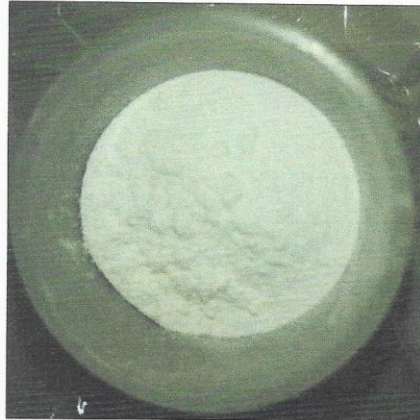


Figura 1. Muestra de ceniza de caracol.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.

ANEXO D. Ensayo de pH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 20200207-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : SEGUNDO PABLO DE LA CRUZ VERA.
DIRECCIÓN : Calle Unió Mz. 3 Lote 1 Guadalupe.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
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 : 03 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-07
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-07
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-07
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 200210-6

RESULTADOS

| MUESTRAS | ENSAYO |
|--|--------|
| | pH |
| CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA) | 12,38 |
| 95% CEMENTO+ 5% CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA) PORTLAND TIPO I | 12,61 |
| 90% CEMENTO+ 10% CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA) PORTLAND TIPO I | 12,58 |

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- 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 afecta 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 negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 08 del 2020.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 323
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

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

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 E. Ensayo de fluidez de pastas de mortero

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 30/06/2020
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.485

| D(FLUIDEZ) | DIAMETRO PROMEDIO | DIAMETRO INICIAL | FLUIDEZ % |
|------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.20 | 12.175 | 10.16 | 19.83 |
| 12.20 | | | |
| 12.20 | | | |
| 12.10 | | | |

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


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS
Mg. Miguel Solar Jara
I.E.P.E.

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
 POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 30/06/2020
 RELACION : AGUA / CEMENTO 0.492

| D(FLUIDEZ) | DIAMETRO PROMEDIO | DIAMETRO INICIAL | FLUIDEZ % |
|------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.20 | 12.200 | 10.16 | 20.08 |
| 12.30 | | | |
| 12.10 | | | |
| 12.20 | | | |

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


UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE MACORIS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Fluidos

Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
 POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 30/06/2020
 RELACION : AGUA / CEMENTO 0.50

| D(FLUIDEZ) | DIAMETRO PROMEDIO | DIAMETRO INICIAL | FLUIDEZ % |
|------------|-------------------|------------------|-----------|
| 12.40 | 12.375 | 10.16 | 21.80 |
| 12.30 | | | |
| 12.40 | | | |
| 12.40 | | | |

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


UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica y Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
 VEE

ANEXO F. Ensayo de peso específico


DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
MATERIAL : 100% Ceniza de Caracol
FECHA : 30/06/2020

| PRUEBA N° | | 01 | 02 |
|--------------------------|-------------|-------|-------|
| FRASCO N° | | | |
| LECTURA INICIAL | (ml) | 0.00 | 0.00 |
| LECTURA FINAL | (ml) | 23.30 | 23.30 |
| PESO DE MUESTRA | (gr) | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO | (ml) | 23.30 | 23.30 |
| PESO ESPECIFICO | | 2.747 | 2.747 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | (gr / cm3) | 2.747 | |

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE MACORIS**
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Sólidos y Ensayo de Materiales
Miguel Solar Jara
JEFE

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
MATERIAL : 95% Cemento + 5% Ceniza de Caracol
FECHA : 30/06/2020

| PRUEBA Nº | | 01 | 02 |
|--------------------------|-------------|-------|-------|
| FRASCO Nº | | | |
| LECTURA INICIAL | (ml) | 0.00 | 0.00 |
| LECTURA FINAL | (ml) | 21.50 | 21.50 |
| PESO DE MUESTRA | (gr) | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO | (ml) | 21.50 | 21.50 |
| PESO ESPECIFICO | | 2.977 | 2.977 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | (gr / cm3) | 2.977 | |

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE MACORIS
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIAS
Mig. Miguel Solar Jara
JEFE

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH:DE LA CRUZ VERA, SEGUNDO PABLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10%
POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")
MATERIAL : 90% Cemento + 10% Ceniza de Caracol
FECHA : 30/06/2020

| PRUEBA N° | | 01 | 02 |
|--------------------------|-------------|-------|-------|
| FRASCO N° | | | |
| LECTURA INICIAL | (ml) | 0.00 | 0.00 |
| LECTURA FINAL | (ml) | 21.10 | 21.10 |
| PESO DE MUESTRA | (gr) | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO | (ml) | 21.10 | 21.10 |
| PESO ESPECIFICO | | 3.033 | 3.033 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | (gr / cm3) | 3.033 | |

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE AYACUCHO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Fluidos y de Materiales
Mg. Miguel Spitar Jara
R.E.F.E.

ANEXO G. Ensayos de resistencia a la compresión



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

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del **A** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 Obra : SEGUNDO PABLO DE LA CRUZ VERA
 Proyecto : PROYECTO " RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10% POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")"
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 20-0845
 Recibo N° : 70222
 Fecha de emisión : 02/03/2020

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
4. RESULTADOS :

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE OBTENCIÓN | FECHA DE ENSAYO | ÁREA (cm ²) | CARGA MÁXIMA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²) |
|----|----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|---|
| 1 | P1-PATRON | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 24.9 | 7.841 | 314 |
| 2 | P2-PATRON | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 25.0 | 7.301 | 291 |
| 3 | P3-PATRON | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 25.0 | 6.870 | 275 |
| 4 | E1-EXP-5% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.3 | 7.411 | 282 |
| 5 | E2-EXP-5% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.1 | 6.018 | 231 |
| 6 | E3-EXP-5% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.3 | 6.927 | 264 |
| 7 | E1-EXP-10% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.3 | 5.394 | 205 |
| 8 | E2-EXP-10% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.2 | 6.054 | 231 |
| 9 | E3-EXP-10% | 29/02/2020 | 02/03/2020 | 26.2 | 5.612 | 214 |

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

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J. S.S.S.




MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 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

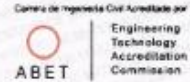
www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : SEGUNDO PABLO DE LA CRUZ VERA
Obra : PROYECTO: " RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10% POR CENIZA DE CARACOL(THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO")"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-0767
Recibo N° : 70136
Fecha de emisión : 27/02/2020

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051.2013.
4. RESULTADOS :

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE OBTENCIÓN | FECHA DE ENSAYO | ÁREA (cm²) | CARGA MÁXIMA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²) |
|----|----------------------------|--------------------|-----------------|------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | P1-PATRON | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 25.0 | 8.802 | 352 |
| 2 | P2-PATRON | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 25.2 | 8.590 | 342 |
| 3 | P3-PATRON | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 25.0 | 8.835 | 353 |
| 4 | E1-EXP-5% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 26.9 | 7.854 | 292 |
| 5 | E2-EXP-5% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 26.6 | 7.346 | 276 |
| 6 | E3-EXP-5% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 26.9 | 7.452 | 277 |
| 7 | E1-EXP-10% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 26.8 | 5.551 | 207 |
| 8 | E2-EXP-10% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 26.8 | 5.054 | 188 |
| 9 | E3-EXP-10% | 19/02/2020 | 27/02/2020 | 27.2 | 5.308 | 195 |

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

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

S.S.S



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (a) 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



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : SEGUNDO PABLO DE LA CRUZ VERA
 : PROYECTO " RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN UN 5% Y 10% POR CENIZA DE CARACOL (THAIS CHOCOLATA "CARACOL NEGRO") "

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 20-0846
Recibo N° : 70223
Fecha de emisión : 03/03/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 espécimenes cúbicos.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE VERSA TESTER.
 Certificado de Calibración CMC-109-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
- 4. RESULTADOS** :

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE OBTENCIÓN | FECHA DE ENSAYO | ÁREA (cm²) | CARGA MÁXIMA (Kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²) |
|----|----------------------------|--------------------|-----------------|------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | P1 - PATRON | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 25.1 | 9,608 | 383 |
| 2 | P2 - PATRON | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 25.4 | 10,128 | 400 |
| 3 | P3 - PATRON | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 25.3 | 9,324 | 369 |
| 4 | E1 - EXP - 5% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 26.9 | 9,112 | 339 |
| 5 | E2 - EXP - 5% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 27.1 | 8,669 | 320 |
| 6 | E3 - EXP - 5% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 27.2 | 7,162 | 263 |
| 7 | E1 - EXP - 10% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 27.2 | 7,436 | 273 |
| 8 | E2 - EXP - 10% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 27.4 | 7,617 | 278 |
| 9 | E3 - EXP - 10% | 05/02/2020 | 03/03/2020 | 27.4 | 7,964 | 291 |

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

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. J. L. J.

M.M.C

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.



M.Sc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

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
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

