

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo.

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Ibañez Cruz, Darlyn Eduardo

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia de mortero
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS:

Theme	Mortar strength
Speciality	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

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

Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo.

Resumen:

La investigación tuvo como propósito determinar la resistencia alcanzada del mortero al sustituir al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo, estudio que se realizó en la ciudad de Chimbote en el año 2017, con la finalidad de encontrar alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil. Además de, evitar así la contaminación masiva que la extracción del cemento trae consigo para el medio ambiente.

Esta investigación trató sobre la sustitución del cemento en el mortero de albañilería, en primer lugar, se estudió los materiales que lo componen, la sustitución del cemento por la combinación de 12% polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo, dicha combinación fue en proporciones de 1 : 3, teniendo en cuenta tanto sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, luego las propiedades del mortero de cemento-arena con dosificaciones según lo que menciona la norma técnica peruana 339.051 (mortero patrón), seguido se realizaron morteros de cemento -coquina-cenizas de cola de caballo-arena (mortero experimental), utilizando agregado de la cantera Vesique, coquina del mercado “la sirena” de la ciudad de Chimbote, cola de caballo ubicado entre las Localidades de Santa y Tambo Real Nuevo – Ancash y cemento portland tipo I.

El PCC fue activado a 900°C y desarrolló altos contenidos de óxido de calcio. Las CCC fueron activadas a 520°C y desarrollaron altos contenidos de óxidos de silicio y de aluminio. Ambos materiales se trituraron a 74µm y combinando los dos en una relación 1:3 se reemplazó el 48% del cemento en una mezcla de mortero. La resistencia alcanzada fue de 41.01% respecto a un mortero patrón sin sustitución.

Abstract:

The purpose of the research was to determine the resistance achieved by the mortar when replacing cement by the combination of 12% coquina shell dust and 36% horsetail ash, a study that was carried out in the city of Chimbote in 2017, with the purpose of finding alternative materials to be applied in the field of civil engineering. In addition to, avoid the massive contamination that the extraction of the cement brings with it for the environment.

This research was about the replacement of cement in the masonry mortar, first, the materials that make it up were studied, the replacement of cement by the combination of 12% coquina shell powder and 36% horsetail ash, said combination was in proportions of 1: 3, taking into account both its chemical, physical and mechanical properties, then the properties of the cement-sand mortar with dosages according to what is mentioned in the Peruvian technical standard 339.051 (standard mortar), followed by they made mortars of cement -coquina-ash of horsetail-sand (experimental mortar), using aggregate of the quarry Vesique, coquina of the market "la sirena" of the city of Chimbote, horsetail located between the localities of Santa and Tambo Real Nuevo - Ancash and portland cement type I.

The PCC was activated at 900 ° C and developed high contents of calcium oxide. The CCCs were activated at 520 ° C and developed high contents of silicon and aluminum oxides. Both materials were crushed at 74µm and combining the two in a 1: 3 ratio replaced 48% of the cement in a mortar mix. The resistance reached was 41.01% compared to a standard mortar without substitution.

ÍNDICE

Contenido	
Palabras clave – Keywords – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Metodología	28
III. Resultados	34
IV. Análisis y discusión	52
V. Conclusiones y recomendaciones	56
VI. Agradecimientos	57
VII. Referencias bibliográficas	58
VIII. Anexos y apéndices	61

Lista de Tablas

Tabla 1. Componentes principales del cemento Portland tipo I	8
Tabla 2. Granulometría de la arena gruesa	9
Tabla 3. Valores máximos admisibles de sustancias en el agua NTP 339.088	10
Tabla 4. Tolerancia Permisible para Tiempo de Ensayo	14
Tabla 5. Composiciones químicas de muestras de cola de caballo	17
Tabla 6. Composición Química de residuos de Conchas activadas	20
Tabla 7. Diseño en bloque completo al azar	30
Tabla 8. Técnicas de Recolección de Información	31
Tabla 9. Material obtenido de la Concha de Coquina	33
Tabla 10. Material obtenido de la Cola de Caballo	33
Tabla 11. Resultado De Fluorescencia De Rayos X del polvo de concha de Coquina.	36
Tabla 12. Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la ceniza de cola de Caballo.	37
Tabla 13. Resultado De Fluorescencia De Rayos X de 12% polvo de concha de coquina + 36% cenizas de cola de caballo + 52% de cemento.	38
Tabla 14. Ph Del Cemento, Polvo De Concha De Coquina, Cenizas de Cola de Caballo y su Combinación.	38
Tabla 15. Contenido de humedad agregado fino (ASTM d-2216)	39
Tabla 16. Gravedad específica y absorción agregado fino (según norma ASTM d-2216).	39
Tabla 17. Peso unitario suelto del agregado fino	39
Tabla 18. Peso unitario compactado del agregado fino	40
Tabla 19. Peso Específico del Polvo de Concha de Coquina	40
Tabla 20. Peso Específico de Cenizas de Cola de Caballo	40
Tabla 21. Peso Específico de 12% de Polvo de Concha de Coquina + 36% Cenizas de Cola de Caballo + 52% de Cemento.	40
Tabla 22. Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez	41
Tabla 23. Requisitos físicos de gradación para elaborar los Especímenes	42
Tabla 24. Dosificación De Materiales Utilizado Para Calcular La Fluidez del	

mortero patrón.	42
Tabla 25. Dosificación de materiales utilizado para calcular la fluidez del mortero experimental al 48% de sustitución.	43
Tabla 26. Fluidez del mortero	43
Tabla 27. Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón.	43
Tabla 28. Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero experimental sustituyendo el 48%.	43
Tabla 29. Medidas de dispersión del mortero patrón.	44
Tabla 30. Medidas de dispersión del mortero experimental	44
Tabla 31. Ensayos de Compresión Patrón 3 días	45
Tabla 32. Ensayos de Compresión Patrón 7 días	45
Tabla 33. Ensayos de Compresión Patrón 28 días	45
Tabla 34. Ensayos de Compresión Experimental 3 días	46
Tabla 35. Ensayos de Compresión Experimental 7 días	46
Tabla 36. Ensayos de Compresión Experimental 28 días	46
Tabla 37. Requerimiento de Agua de los morteros Patrón y Exp.	47
Tabla 38. Pesos Promedios de Cubo de Mortero Antes de Ensayar	47
Tabla 39. Densidad de los especímenes de Mortero a los 28 días	48
Tabla 40. Resultados Finales de los Ensayos de Compresión	48
Tabla 41. Ensayos de Compresión Mortero Patrón en Porcentajes	48
Tabla 42. Ensayos de Compresión Mortero Experimentales en Porcentajes	49
Tabla 43. Cuadro Comparativo De Morteros Patrones Y Experimentales	49
Tabla 44. Calculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero	51

Lista de figuras

Figura 1. Equipo Para Medir la Fluidez de La Mezcla	12
Figura 2. Equisetum Arvense (Cola de Caballo)	19
Figura 3. Ubicación geográfica de Donax en Bahía Samanco	23
Figura 4. Análisis termo gravimétrico del polvo concha de coquina	34
Figura 5. Curva calorimétrica DSC del polvo de concha de coquina	35
Figura 6. Análisis termo gravimétrico de la ceniza de cola de caballo	35
Figura 7. Curva calorimétrica DSC de la ceniza de cola de caballo	36
Figura 8. Relación Agua/Cemento Patrón vs Experimental	47
Figura 9. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad(Días)	50
Figura 10. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad(Días)	50
Figura 11. Resistencia a la Compresión Vs. Edad	51

I. INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Carneiro, M., et al. (2015) con su artículo de investigación tuvo como objetivo obtener partículas de nano-sílice del Equisetum arvenses (cola de caballo), una planta que posee una de las mayores cantidades de silicio, analizando diferentes combinaciones de lavado ácido y calcinación a temperaturas variables entre 500 y 600 °C. Siendo esta investigación del tipo aplicada de diseño experimental de nivel cuasi-experimental. El investigador obtuvo las siguientes conclusiones:

Se obtuvo la temperatura de calcinación a 500°C por 2 horas produciendo Dióxido de Silicio(SiO₂) de 59.60%.

Se obtuvo la temperatura de calcinación a 500°C por 2 horas previo lavado con ácido HCl produciendo Dióxido de Silicio(SiO₂) de 93.50%

La bio-sílice obtenida en este estudio a partir del Equisetum arvenses puede ser un candidato potencial como materia prima para diversas industrias, principalmente en la industria cerámica y en el sector de la construcción. La aplicación también puede incluir la sustitución de la sílice activada o micro sílice en la producción de hormigón de alto rendimiento.

Por otro punto, en la investigación de Ghrici, M., Kenai, S. y Said-Mansour, M. (2007) buscó conocer las características químicas mineralógicas y físicas de la puzolana natural y piedra caliza, además de evaluar el comportamiento de la sustitución del cemento en una mezcla de mortero con el objeto de obtener mejores resistencias. Siendo esta investigación del tipo aplicada de diseño experimental de nivel cuasi-experimental. Al culminar el trabajo el investigador llegó a la siguiente conclusión:

El punto de máxima resistencia es alrededor del 10% de piedra caliza y bajo nivel de reemplazo de la puzolana natural en las edades tempranas. Después de 28 días, este punto se mueve hacia el alto nivel de reemplazo de puzolana natural 30% y bajo contenido de piedra caliza.

Así mismo en la investigación de Hazurina, O., et al. (2013) en su artículo llevó a cabo un estudio para investigar el potencial de polvo de Anadara granosa (pata de mula)

como un material para el reemplazo parcial del cemento o un material de relleno en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, 25%, 50% en una mezcla de concreto. También se determinó la composición química de polvo de anadara granosa mediante el análisis de fluorescencia de rayos x. Siendo esta investigación del tipo aplicada de diseño experimental de nivel cuasi-experimental.

Concluyendo que la resistencia del concreto sustituyendo al cemento por polvo de anadara granosa es menor que el concreto patrón. No obstante, durante un período de curado prolongado hasta 90 días, el porcentaje de resistencia aumentó en comparación con el concreto patrón, en los porcentajes de 5% y 15%. El alto contenido de CaO en el polvo de anadara granosa causará el proceso lento de la hidratación que reducirá la resistencia del concreto en la edad temprana del curado.

También se revisó la investigación de Carrillo, R. (2017) en su trabajo de tesis, la cual tuvo como objetivo general determinar la resistencia a la compresión de un mortero con cemento sustituido por 4% y 8% de la combinación de cenizas de lodo de papel y polvo de concha de coquina en comparación con un mortero convencional. Además, se buscó determinar la temperatura de calcinación del lodo de papel y la concha de coquina, determinar la composición química de las cenizas de lodo de papel y el polvo de concha de coquina a través del ensayo de Fluorescencia de Rayos X y ensayar los especímenes de mortero patrón y experimental a los 3, 7, 28 días comparando los resultados obtenidos. Siendo dicha investigación de tipo aplicada, de diseño experimental de nivel cuasi-experimental llegando a las siguientes conclusiones:

Se determinó que el proceso de calcinación para obtener una ceniza con contenido puzolánico a una temperatura máxima de 400° C. Mientras que en el caso de la obtención del polvo de concha de coquina se calcino a 880°C.

La composición química de las cenizas de lodo de papel, indica su potencial como puzolana, ya que contiene un 78.51% de componentes puzolánicos. Del mismo modo en el polvo de concha de coquina se obtuvo un porcentaje de 99.1 % de componentes cementantes.

Se obtuvo una fluidez de 26.06 % en el Patrón, mientras que en los experimentales fueron 26,16 % y 25,39% Obteniendo una relación Agua/Cemento equivalente al patrón.

Así mismo Julián, C., et al. (2016) con su artículo de investigación titulado: “Resistencia en mortero con cemento sustituido al 50% por residuos de chanque y bambú”, el objetivo de la investigación fue encontrar una aplicación a los residuos calcáreos del chanque (RCC) y a las hojas secas del bambú (HSB), como materiales suplementarios cementantes (MSC) en mezclas de mortero. Ambos materiales se trituraron a 150 μ m y combinando los dos en una relación 1:1 se reemplazó el 50% del cemento en una mezcla de mortero, siendo esta investigación de tipo aplicada de diseño experimental de nivel cuasi-experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Se alcanzaron altos niveles de activación de silicio y aluminio en las hojas secas del bambú y del calcio en los residuos calcáreos del chanque; los mismos que al combinarse en 1:1 originaron una reacción alcalina de 12.15 que permitió la sustitución del 50% del cemento en una mezcla de mortero.

La dosificación de agua/cemento de 0.48 permitió obtener un mortero de alta resistencia con potenciales aplicaciones estructurales; mientras que el mortero experimental con relación de agua/cemento de 0.61, presentó mediana resistencia con posibles aplicaciones en tabiquería.

Se logró evidenciar un grado de aplicación de los residuos calcáreos del chanque (RCC) y de las hojas secas del bambú (HSB), como materiales suplementarios cementantes (MSC) en mezclas de mortero en proporción 1:1 ya que existe una marcada diferencia en el desarrollo de la resistencia del mortero patrón y el experimental.

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

El mortero es una mezcla plástica que resulta de combinar arena y agua con un aglomerante tal como el cemento Portland y otros. En general se utilizan para obra de

albañilería y para revestimiento de paredes. En los morteros de cemento Portland se utiliza al cemento como aglomerante.

El mortero se define como una mezcla homogénea de un material aglomerante (cemento y/o cal), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos (para fines específicos), prácticamente es hormigón sin el agregado grueso. (Salamanca, 2012, pág. 115).

Tipos de Mortero según su composición:

Existen en el rubro de la construcción y como objeto de estudios e investigaciones distintos tipos de morteros según su composición, cada uno con distintas características y propiedades especiales, capaces en su conjunto, de satisfacer diversas necesidades; sin embargo, no hay un tipo en particular que satisfaga todas las situaciones.

Morteros calcáreos: en los que la cal interviene como aglomerante.

Morteros de yeso: preparados con cal hidratada y tienen un tiempo de fraguado muy rápido.

Morteros de cal y cemento: aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia, en éstos morteros se sustituye parte del cemento por cal.

Morteros de cemento: caracterizados por otorgar una alta resistencia y usados mayormente para la mampostería estructural, tales como muros de contención o cementos.

Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena. Es hidráulico y no es muy trabajable, por eso se debe tener en cuenta el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación.

Las características de la arena, tales como la granulometría, el módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad. (Salamanca, 2012, pág. 116).

Propiedades del mortero en estado plástico:

Manejabilidad: medida de la facilidad de manipulación de la mezcla, está relacionada con la consistencia de la pasta en estado blanda o seca. La manejabilidad depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura del agregado. (Salamanca, 2012, pág. 119).

Para medir la manejabilidad del mortero se usa el ensayo de Fluidez (ASTM C-230) y la norma (MTC E 617-2000).

Retención de agua: es la capacidad del mortero de mantener su plasticidad cuando quede en contacto con la superficie sobre la que va a ser colocado. La retención de agua influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga el agua no permitirá la hidratación del cemento. (NTP 334.057)

Velocidad de endurecimiento: los tiempos de fraguado final e inicial de un mortero están entre 2 y 24 horas; dependen de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y la humedad. (Salamanca, 2012, pág. 120).

Propiedades del mortero en estado endurecido:

Retracción: debida principalmente a la retracción de la pasta de cemento y aumenta cuando el mortero tiene altos contenidos de cemento. Para mejorar la retracción y evitar el agrietamiento se recomienda utilizar arenas con granos de textura rugosa, y tener en cuenta que además en clima caliente y de muchos vientos, el agua tiende a evaporarse más rápidamente produciendo tensiones internas en el mortero, que se traducen en grietas visibles.

La retracción es proporcional al espesor de la capa, a la riqueza en cemento de la mezcla y a la mayor absorción de la pared sobre la que se vaya a aplicar.

Adherencia: capacidad de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero (respuesta monolítica con las piezas que une ante solicitudes de carga).

En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia se necesita que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada comparable con la del mortero.

Resistencia: si el mortero se usa como pega, debe proporcionar una unión resistente, si es para soportar cargas altas y sucesos, como en el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión.

Debemos tener en cuenta que, para un mismo cemento y un mismo tipo de agregado fino, el mortero más resistente y más impermeable será el que contenga mayor cantidad de cemento para un volumen de mortero dado; y que para un mismo contenido de cemento en un volumen determinado de mortero el más resistente y probablemente el más impermeable será aquel mortero que presente mayor densidad, es decir que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. El tamaño de los granos de la arena desempeña un papel importante en la resistencia del mortero; un mortero hecho con arena fina será menos denso que uno hecho con arena gruesa para un mismo contenido de cemento.

Por último, el contenido de agua del mortero tiene influencia sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados. (Salamanca, 2012, pág. 121).

Durabilidad: es la resistencia que tiene el mortero ante agentes externos como: bajas temperaturas, penetración de agua, desgastes por abrasión y agentes corrosivos.

Apariencia: para lograr una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad. La apariencia después del fraguado juega un papel importante en las mamposterías de ladrillos a la vista. (Salamanca, 2012, pág. 121).

Es necesaria para la preparación de mezclas de morteros la unión en proporciones de los siguientes elementos:

Cemento

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. El cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire (Rivera, pág. 18).

Componentes químicos:

Silicato Tricálcico, es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C3A para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto,2009, pág. 16)

El cemento portland es un producto comercial el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400–1450 C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto,2009, pág. 15)

En la composición del cemento se pueden distinguir dos tipos básicos de óxidos:

Los óxidos principales, constituidos por los de carácter básico como la cal (CaO) y los de carácter ácido, sílice (anhídrido silícico SiO₂), la alúmina (óxido de aluminio Al₂O₃) y la hematites (óxido férrico Fe₂O₃), estos tres componentes ácidos son los responsables de la hidraulicidad del cemento al reaccionar con la cal constituyendo compuestos.

Los óxidos secundarios, constituidos por: la magnesia (óxido magnésico MgO y anhídrido sulfúrico SO₃), cal libre (óxido de cal CaO), álcalis (óxido sódico Na₂O y óxido potásico K₂O). Estos óxidos generalmente suelen ser nocivos y por eso su presencia está limitada por la norma. (Alcaraz, pág. 13)

Según (Rivera, pág. 23) los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento Portland Tipo I y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla 1.

Componentes principales del cemento Portland tipo I

ÓXIDOS	CONTENIDO (%)
Oxido de calcio (CaO)	60 - 67
Oxido de Sílice (SiO_2)	17 - 25
Oxido de Aluminio (Al_2O_3)	3 - 8
Oxido de Hierro (Fe_2O_3)	0.5 - 6.
Oxido de Magnesio MgO	0.1 - 4.0
Álcalis	0.2 - 1.3
Óxido de azufre (SO_3)	1 - 3

Fuente: Concreto Simple (2013)

Tipos de Cementos:

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

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento Portland Tipo I.

Agregado Fino

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

Norma Técnica Peruana 400.011

Propiedades físicas:

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

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 y 200; el agregado

no debe tener más de 50% de retenido en dos mallas consecutivas y a la vez debe tener como máximo 25% entre la malla N° 50 y 100.

Tabla 2.

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: Norma Técnica Peruana 399.607

Granulometría: La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

Módulo de finura: Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La arena debe tener un módulo de finura entre 2.3 y 3.1.

Agua

Es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero: mezclado fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el mortero ha sido colocado compactado en su superficie.

Si se tuviera dudas en la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación de la mezcla.

Tabla 3.

Valores máximos admisibles de sustancias en el agua NTP 339.088

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	1500 ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

Equipos y procedimiento para la elaboración de morteros:

ASTM C 305 – 99 Mechanical Mixing of hydraulic cement pastes and mortars of Plastic Consistency. Nos indica en Procedimiento para la mezcla de Mortero:

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

Se vierte toda el agua de mezclado en el recipiente.

Se agrega el cemento al agua y se mezcla durante 30s a la velocidad lenta (140 ± 5 r/min).

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

Se detiene la mezcladora, se cambia a velocidad media (285 ± 10 r/min) y se mezcla durante 30s.

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

Se mezcla durante 60s a velocidad media (285 ± 10 r/min).

En caso de que el mortero requiera de un nuevo período de mezclado, el material adherido a la pared del recipiente debe ser rápidamente arrastrado hacia el fondo con el raspador, antes de iniciar el mezclado adicional.

NTP 334.051 (2013) Proceso para la Realización de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado, nos indican los equipos que se utilizarán para la elaboración de los morteros.

Moldes cúbicos de bronce, de lados de 5cm (5cm x 5cm x 5cm).

Barra compactadora de madera de roble lisa, de sección transversal de 13 mm por 25 mm y una longitud de 120 mm a 150 mm, su cara de impacto debe ser plana y en Angulo recto.

Cuchara para el vaciado y plancha de albañilería (badilejo) de acero.

Cinta transparente para el forrado del molde cubico.

Así mismo nos establece el procedimiento para elaboración de los mismos:

Se vierte concreto a la mezcladora, con la espátula se arrastra hacia el fondo del recipiente el mortero adherido a las paredes y se hace girar la mezcladora durante 15s a la velocidad media, (285 ± 10 revoluciones/min). El mortero adherido en la paleta de mezclado se remueve al final del batido y se deposita en el recipiente.

El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la finalización de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos.

En cada compartimiento se coloca una capa de mortero de 25mm y se apisonan con 32 golpes de compactador en unos 10s. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una. Los golpes de cada etapa deben

darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior. La presión del compactador debe ser tal que se asegure el llenado uniforme de los compartimientos.

Se deben completar las 4 etapas de compactación en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la operación anterior en todos los compartimientos, se llena con una segunda capa y se apisonan como se hizo con la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en los compartimientos el mortero que se ha depositado en los bordes del molde, con ayuda de los dedos.

Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que los bordes superiores del molde. El mortero que se ha depositado en los bordes del molde debe verterse a los compartimientos con ayuda del badilejo.

La superficie de los cubos debe ser alisada con el lado plano del badilejo una vez en el sentido perpendicular a la longitud del mismo y otra en su sentido longitudinal. El mortero que sobresale de la cara superior del molde se quita con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.

Fluidez de la mezcla para mortero

NTP 334.057 Determinación de la fluidez de pastas de mortero

Equipos, Materiales e Insumos: Mesa de flujo, mostrada en la Figura 1, consta básicamente de lo siguiente: un soporte, un árbol y una plataforma circular.

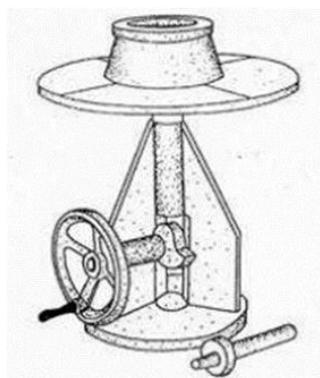


Figura 1. Equipo Para Medir la Fluidez de La Mezcla

Procedimiento: Llenado del molde Limpiar y secar la plataforma de la mesa de flujo, colocar el molde en el centro, verter en el molde una capa del mortero, de unos 25 mm (1") de espesor, y apisonar con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; llenar totalmente el molde con una segunda capa de mortero y proceder igual que en la primera capa. La presión del compactador, deberá ser tal que asegure el llenado total y uniforme del molde, retirando el exceso de mortero de la capa superior y alisando la superficie por medio de una espátula.

Determinación de la fluidez Lleno el molde, limpiar y secar la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde. Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, retirar el molde, levantándolo e inmediatamente dejar caer la mesa de flujo desde una altura de 12,7 mm (½") 25 veces en 15 segundos. Luego medir el diámetro de la base del mortero, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y calcular el diámetro promedio.

Cálculos: La fluidez, es el aumento del diámetro promedio de la base de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro original.

Determinar el diámetro promedio con el vernier y calcular el porcentaje de fluidez, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diametro Promedio} - 10.16 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} \times 100$$

Se determina el flujo del mortero de acuerdo a la NTP 334.057, menciona que para los cementos portland tipo I, solo se debe anotar el flujo resultante.

Fragua, curado y ensayo a compresión de morteros

NTP 334.051 (2013) Método de Ensayo para la Determinar la Resistencia a la Compresión. De lado, nos indica el tiempo de fraguado, el procedimiento de curado y del mismo modo como se realizarán los ensayos a compresión de los morteros.

Inmediatamente terminada la operación de llenado, colocar lo especímenes de ensayo en la cámara húmeda o cuarto de curado. Inmediatamente después del moldeo mantener todos los especímenes en sus moldes, sobre una placa de base, en la cámara

húmeda o cuarto de curado de 20 h a 72 h con las caras superiores expuestas al aire húmedo, pero protegidas por la eventual caída de gotas de agua.

Si los especímenes son retirados de los moldes antes de las 24h, mantenerlos en los estantes del cuarto de curado o de la cámara de curado hasta que tengan 24h de edad, y luego sumérjalos, excepto aquella que serán ensayados a las 24h, en aguas saturadas con cal en tanques de almacenamientos contruidos de material no corrosivo. Mantener el agua de almacenamientos limpia y cambiarla cuando sea requerido.

Tabla 4.

Tolerancia Permisible para Tiempo de Ensayo

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 1/2 horas
3 días	± 1 horas
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.051

Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo de la cámara húmeda para el ensayo a 24h, estos se mantendrán cubiertos con un paño húmedo, hasta el momento del ensayo. Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo del agua de almacenamiento, estos deberán conservarse en agua a 23 °C ±1.7°C y a una profundidad suficiente para que cada muestra está sumergida hasta el momento el ensayo.

La norma ASTM C 109 y su actual réplica NTP 334.051, establecen 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 se calcula con la siguiente expresión:

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

Dónde:

P = carga máxima de rotura (Kg)

A = área de la sección transversal (cm²)

f'c= Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

Puzolanas

De acuerdo con ASTM, las puzolanas son “materiales silíceos o aluminosos que por sí mismos poseen poca o ninguna actividad cementante, pero que finamente divididos (molida) 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” (ASTM C 618-78).

Una puzolana es una materia esencialmente silicosa que finamente dividida no posee ninguna propiedad hidráulica, pero posee constituyentes (sílice - alúmina) capaces, a la temperatura ordinaria, de fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas. (Calleja, 1968).

Actividad Puzolánica

La actividad puzolánica se refiere a la cantidad máxima de hidróxido de calcio con la que la puzolana puede combinar y la velocidad con la cual ocurre esta reacción.

Puzolana + Cal + Agua \rightarrow Silicatos y Aluminatos de Calcio Hidratados

La actividad puzolánica depende: de la naturaleza y proporción de las fases activas presentes en la puzolana (composición mineralógica), de la relación cal – puzolana de la mezcla, de la finura (o superficie específica) 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 Pórtland: Silicatos Cálcidos Hidratados (CSH), Aluminatos Cálcidos Hidratados (CAH) y Sílico - Aluminatos Cálcidos Hidratados (CSAH).

Son, por consiguiente, materiales reactivos frente a la cal en las condiciones normales de utilización ordinaria de conglomerantes, morteros y hormigones. (Salazar, 2002).

Los cementos puzolánicos se han reconocido, desde hace mucho tiempo como más resistentes a los sulfatos. Y la adición de puzolana a un Clinker Portland, ya de por sí resistente, ha sido una conclusión lógica a la que se llegó hace bastante tiempo. Sin embargo, no se ha sacado igual o seguramente mayor partido del empleo de clínkeres con alto contenido de fase vítrea, mezclado con puzolanas, para obtener cementos aún más resistentes a los sulfatos.

Internacionalmente se define al cemento Portland puzolánico como al producto de una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland y puzolana de alta finura, obtenida por molienda conjunta de Clinker de cemento Portland y puzolana o por molienda separada y posterior mezcla de estos mismos materiales. La Norma ASTM C 595 especifica que la puzolana participa entre el 15 y el 40 % en peso del cemento Portland puzolánico. (Salazar, 2002).

En esta investigación se tomará la siguiente puzolana como sustitución parcial del cemento, esto debido a sus altos contenidos de sílice.

Equisetum arvense (Cola de Caballo)

La cola de caballo es una planta perenne herbácea sin tejidos secundarios que se encuentra en o cerca de áreas acuosas como pantanos, arroyos o ríos y crece particularmente en las zonas templadas del hemisferio norte de Asia, Europa, Norteamérica y África del Norte.

Se distingue por vástagos articulados con vórtice fundido de hojas nodales. También tienen una capacidad peculiar para depositar sílice en su epidermis. Así se usaron en Europa para desgrasar metal y pulir madera durante el tiempo pasado (la "fiebre del lavado" es un nombre común para Equisetum, especialmente Equisetum hyemale que tiene troncos silíceos ásperos).

El género Equisetum se divide comúnmente en dos grupos y 15 especies a saber subgénero Equisetum e Hippochaete. El primero tiene estomas al ras con la epidermis y tallos ramificados por ejemplo E.arvense, mientras que el último tiene estomas hundidos por debajo de la superficie de la epidermis y tallos generalmente no ramificados por ejemplo, E. hyemale. (Sapei, 2007, pág. 2)

En el caso de la cola de caballo, la sílice parece ser crucial para un crecimiento normal de la planta. Se han atribuido varias propiedades funcionales a la sílice en la cola de caballo, tales como:

Reducción de la tasa de transpiración que influye en su característica perenne, la reflexión de la luz excesiva junto con la cutícula, actuar como protector contra depredadores, proporcionar una espora viable para la reproducción.

También se ha reivindicado a menudo un papel mecánico de la sílice en el fortalecimiento y el endurecimiento del tejido. A pesar del acuerdo general de un

importante papel funcional de la sílice como elemento en la familia Equisetum, ha habido pocos estudios experimentales sobre la estructura, concentración local y distribución de sílice en estas plantas. (Sapei, 2007, pág. 4).

Sobre la base de la presente investigación, el equisetum arvense contiene una cantidad muy alta de minerales, y su contenido de cenizas puede ser un 20% del total peso de la planta seca, donde alrededor del 60% de la misma es sílice. (Sapei, 2007, pág. 48).

Composición Química de Equisetum Arvenses (Cola de Caballo)

Los datos químicos obtenidos por ensayo de Fluorescencia de Rayos x (FRX) de las cenizas ponen de manifiesto sus componentes principales de sílice y óxido de calcio.

Tabla 5.

Composiciones químicas de muestras de cola de caballo

Oxides	Sample T1(%)	Sample T11(%)
SiO2	59.6	93.5
CaO	15.2	1.8
SO3	2.2	0.9
K2O	11	0.6
MgO	4.9	0.3
Al2O3	0.2	0.5
P2O5	2.5	3
Fe2O3	0.2	0.1
ZnO	0.1	<0.1
TiO2	0	<0.1
CuO	<0.1	<0.1
SrO	0.1	0
MnO	0.1	0
BaO	0.1	0
Ahs	2.19	1.76

Fuente: Carneiro, Preparation and Characterization of Nano Silica from Equisetum arvenses.

La ceniza de cola de caballo posee una serie de características interesantes como material suplementario cementante y su uso la construcción, debido a que su composición química está compuesta principalmente por dióxido de silicio (SiO2) y óxido de calcio (CaO) los cuales van a proporcionar al mortero una mejor resistencia. Además, tiene resultados favorables en cuanto a una similar composición química del cemento portland (SiO2, Al2O3, CaO) y obteniendo así los componentes puzolánicos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Del análisis de la composición química por FRX de la ceniza, empleado como componente aglomerante puzolanico y obtenida del proceso de calcinación de la cola de caballo, indica que debido a la suma de los contenidos SiO₂, CaO y Al₂O₃ la ceniza clasifica como puzolana del tipo C según la norma ASTM C618-92° por contener más del 50% de estos óxidos.

El silicio es el segundo elemento más abundante después del oxígeno, que constituye el 25,7% de la corteza terrestre. No se encuentra libre en la naturaleza, sino que se produce principalmente como el óxido y como silicatos. La arena, el cuarzo, el cristal de roca, la amatista, el ágata, el pedernal, el jaspe y el ópalo son algunas de las formas en que aparece el óxido, mientras que el granito, la hornblenda, el amianto, el feldespato, la arcilla y la mica son algunos ejemplos de los numerosos minerales silicatados. El dióxido de silicio es el único compuesto del sistema Si-O que es termodinámicamente estable en una amplia gama de temperaturas y presiones. SiO₂, cuyo nombre común es sílice, existe en muchas formas alotrópicas. La mayoría de ellos se encuentran en la naturaleza en abundancia cantidades, pero algunas se han hecho sólo en condiciones de laboratorio. Los más conocidos son el cuarzo, la cristobalita, la tridimita y la sílice vítrea amorfa. (Sapei, 2007, pág. 5)

Producción

El incremento en la demanda de los mercados por plantas y productos derivados de ellas aumenta simultáneamente el riesgo de la identificación errada. Esta situación describe el caso de la “cola de caballo”, la cual es exportada a diversos mercados en países vecinos, Europa y los Estados Unidos de N.A. La exportación de esta planta alcanzó los últimos tres años 2320, 9680 y 21820 kg/año (Ministerio de Agricultura, 2009, 2010, 2011).

Accesibilidad

La cola de caballo *Equisetum arvense* se nos presenta con dos aspectos muy diferentes en función de la época del año en que la encontremos. En primer lugar, aparece un tallo fértil de entre 20 y 60 cm de alto, de un color cremoso, con pequeñas hojitas enganchadas en los nudos y rematado por una espiga más ancha formada por una sucesión de anillos donde se disponen los esporangios. Cuando las esporas ya han madurado y el tallo se va consumiendo, van apareciendo otra clase de tallos, éstos

estériles –sin esporangios–, de forma muy diferente, de altura muy variable, hasta un metro de alto, con el tallo de color marfil, rodeado de numerosas ramificaciones verdes, rígidas, que nos pueden recordar a un brote de pino. El tallo fértil suele aparecer a finales del invierno y los tallos estériles en primavera, siendo más persistentes. Con fines medicinales se cosechan éstos últimos.

Las colas de caballo son plantas de ribera, que necesitan la proximidad del agua para prosperar. Las encontrarás con facilidad en bosques de ribera, riberas de ríos y lagos, junto a acequias y canales, en pastizales y en el fondo de barrancos y vaguadas umbrías. Las especies se hallan distribuidas en casi toda la América tropical, y en el Perú las dos primeras crecen en casi todos los departamentos, ocupando ambientes húmedos y alterados desde el nivel del mar hasta los 4200 m de altitud. (León, 2012).

Para esta investigación la recolección de la materia prima (cola de caballo) se realizó en el departamento de Ancash, provincia del Santa, localidad de Santa – Huaca Choloque.



Figura 2. Equisetum Arvense (Cola de Caballo)
Fuente: Elaboración propia

Molusco Donax sp. (coquina)

Donax es un género de almejas de mar comestibles, conocidas como coquinas, tellinas, tellerinas o chipi chipis. Habita en los fangos de marismas y desembocaduras de los ríos, también en zonas salobres y en zonas de playa, excavando en la arena. Se encuentra en profundidades de hasta 15 metros.

Su tipo de alimentación es suspensiva, filtra las partículas de plancton que lleva el agua en suspensión a través del sifón inhalante. Su captura la realizan los llamados coquineros.

Características

Su concha es fina, oval y deprimida, de textura muy suave, y llena de costillas, el contorno es cuneiforme, con el extremo posterior más corto con respecto al anterior y ambos redondeados, el margen dorsal es recto, inclinado y largo, mientras que el ventral es ligeramente convexo y casi paralelo al dorsal, mide hasta 5 cm. de largo por 2 cm de alto y 1,2 de grueso, el interior es violáceo, aunque a veces es blanquecina o anaranjada. La coloración es variable, parda con manchas o zonas radiadas moradas, o moradas con zonas más oscuras.

Composición química

La concha de mejillón calcinada entre 700 °C a 1000 °C durante 4 horas produce un compuesto mineralógico está principalmente hecha de CaO. Los residuos de conchas de mejillón tienen una concentración de 98,367% en peso de CaO. (Buasri, 2013).

Tabla 6.

Composición química de residuos de conchas activadas

Compound	Concentration (wt.%)		
	Mussel shell	Cockle shell	Scallop shell
CaO	98.367	99.170	97.529
Na₂O	0.937	0.438	0.565
SO₃	0.293	0.117	1.568
P₂O₅	0.163	0.096	0.204
SrO	0.158	0.132	0.107
ZrO₂	0.046	-	0.027
Cl	0.037	-	-
Fe₂O₃	-	0.026	-

Fuente: Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Facultad de Ingeniería y Tecnología Industrial, Universidad de Silpakorn, Nakhon Pathom 73000, Tailandia

El material a sustituir en el presente trabajo es el Cemento Portland Ordinario y tomamos su composición básica como referencia: 63.4% de CaO, 20.16% de SiO₂, 4.36% de Al₂O₃ (Rivera, pág. 23).

Los resultados de estos análisis de FRX para la concha de mejillón señalan que el CaO₃ presente en este material se ha convertido en un 98.367% de material activo de CaO. Este porcentaje supera al contenido de óxido de calcio presente en el cemento Portland, y por lo tanto permitió su sustitución parcial.

Al no encontrarse antecedentes directos del polvo de concha de coquina, se toma como referencia el trabajo de Hazurina et al. (2013) quienes reportan la calcinación de las conchas de la Anadara granosa (“pata de mula”) a 1000°C por 1 hora, y alcanzan una conversión a carbonato de calcio de un 99%.

El contenido de carbonato de calcio, CaCO₃ (cuenta 95-99% en peso) en las conchas de anadara granosa es alto y casi igual a la piedra caliza. En consecuencia, las propiedades físicas y químicas de la ceniza de cáscara de berberecho son también similar a la piedra caliza y adecuado para ser utilizado como material de reemplazo de cemento según la norma técnica peruana 334.090 (Cementos adicionados).

El alto contenido de CaO en la ceniza de la concha de anadara granosa causará el proceso lento de la hidratación que reducirá la resistencia del concreto en la edad temprana del curado. Por el contrario, el porcentaje de incremento de resistencia es mayor que el hormigón normal con un período de curado más largo. (Hazurina, 2013).

Producción

La población y biomasa a nivel nacional se registra principalmente en dos regiones.

Región Piura

Se estima la población total en 114,4 millones de individuos (+23,2%) y biomasa de 250,05 t (+25,1%). El mayor aporte tanto en población como biomasa está en Cabo Verde, con 40,40 millones de individuos y 109,06 t, respectivamente. San Pablo aporta la menor población y biomasa con 3,56 millones de individuos y 7,37 t, respectivamente. (Torres, 2017).

Región Lambayeque.

La población estimada es de 151,01 millones de individuos $\pm 18,77\%$ y la biomasa 731,91 t $\pm 18,85\%$. Contribuyen con mayor abundancia las zonas Cabo Verde (35,93 millones de individuos) y El Palo (30,23 millones de individuos). La biomasa por zonas de muestreo presenta la misma tendencia que la población, estimándose la mayor biomasa en las zonas de Cabo Verde (173,01 t) y El Palo (142,75 t). (Ramírez, 2016).

Estimaciones poblacionales a nivel local

Del 2006 al 2008 las estimaciones poblacionales variaron de 55 a 482 millones de individuos y la biomasa fluctuó de 95 a 484 t; en febrero 2007 alcanzó las mayores estimaciones poblacionales. La concentración de marucha varió de 111 a 3728 ind./m² por evaluación. Posteriormente, los niveles poblacionales mostraron una tendencia a disminuir hasta diciembre del 2008, cuando se registraron los menores valores.

Del 2001 al 2009 los volúmenes de extracción se han venido incrementando en forma marcada, mostrando dos etapas en la conducta de la curva de extracción; la primera del 2001 al 2003 que muestra un repunte en la abundancia poblacional del recurso después de su casi desaparición durante el evento El Niño 97-98 con valores anuales de 30 t en el 2001 a 275 t en el 2003; la segunda etapa de fortalecimiento poblacional se registró del 2004 al 2008 con valores de 343 a 506 t/año. (Berrú, 2014).

Accesibilidad

La accesibilidad a nivel nacional se registra principalmente en dos regiones.

Región Piura

La distribución de Donax se concentraron en las playas de Colán, Chullillachi, San Pedro, San Pablo y Cabo Verde; las mayores concentraciones se detectaron en San Pedro. (Torres, 2017).

Región Lambayeque.

Localizadas al norte de la caleta San José, que son las que constituyen los bancos naturales de Donax obesulus “palabritas” en el litoral de Lambayeque; de norte a sur son: El Chileno (6°14'49,0''S), El Palo (6°19'34,6''S), Cabo Verde (6°23'12,4''S),

El Negro ($6^{\circ}25'36,1''S$), La Isla ($6^{\circ}27,59,5''S$), El Gigante ($6^{\circ}31'55,5''S$), Dos Mujeres ($6^{\circ}35'58,3''S$) y La Casa ($6^{\circ}40'45,0''S$). (Ramírez, 2016).

Accesibilidad A Nivel Local

La marucha, *Donax* es un bivalvo que se extrae regularmente en las playas arenosas de Vesique, Atahualpa y Anconcillo ($9^{\circ}11'30''S$, $78^{\circ}30'05''W$) en la Bahía de Samanco y que por sus grandes volúmenes de extracción constituye uno de los invertebrados más importantes en el área después de *Thaisella* chocolate “caracol”, *Tagelus dombeii* “navajuela”, *Trachycardium procerum* “pata de mula” y *Semele* sp. “almeja”. (Berrú, 2014).

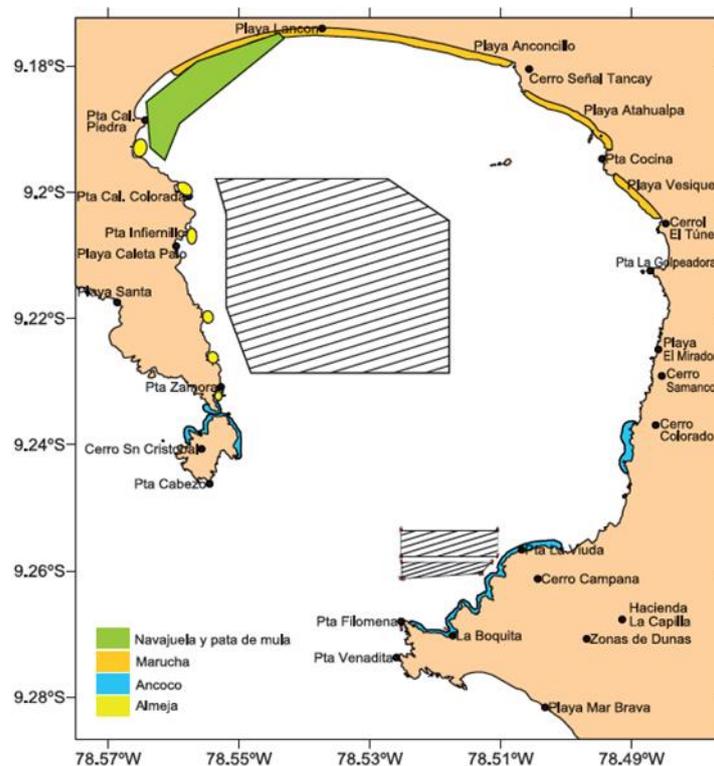


Figura 3. Ubicación geográfica de Donax en Bahía Samanco

Fuente: Instituto del Mar del Perú (2014)

Descripción y estrategias de la pesquería

La extracción es realizada por pescadores no embarcados conocidos como marucheros, que laboran los siete días de la semana, aprovechando la marea baja, por aproximadamente tres horas diarias, en una acción que demanda un esfuerzo manual al 100%. Estos pescadores han constituido una asociación de extractores denominada

Astramar integrada por 20 miembros. En la Región Áncash, la extracción de marucha es una actividad que data de hace varias décadas, sin embargo, se cuenta con información estadística desde el 2001. (Berrú, 2014).

La concha de coquina a utilizar en el proyecto se obtendrá del mercado “LA SIRENA” ubicado en la ciudad de Chimbote.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

La industria de la construcción es un sector muy dinámico, donde continuamente se consiguen avances y mejoras en los materiales utilizados con el fin de ofrecer mejores prestaciones y mayor seguridad. Dentro de dichos avances se encuentra la utilización de materiales puzolánicos que mejoran el comportamiento de los conglomerantes que los incorporan. En nuestro país en el sector de la construcción se utiliza esencialmente al cemento como material primordial en los trabajos relacionado con obras civiles debido a esto ha surgido la necesidad de mejorar la calidad de las mezclas del cemento porque en la actualidad se debe convertir en una opción favorable en la construcción de casas, el hecho de construir una vivienda con un mortero ecológico.

Esta es una tecnología constructiva que es apropiada que no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación, es climáticamente aceptable, segura frente a inclemencias de tiempo y peligros naturales, por tal motivo los profesionales de la construcción deben estar en la capacidad de proponer el uso de diferentes adiciones en mezclas que puedan brindar soluciones.

Por lo mencionado anteriormente y considerando las propiedades del mortero se hace indispensable el estudio de las características principales del mismo cuando se sustituya el polvo de concha de coquina - cenizas de cola de caballo, y cómo podría influir en la mezcla, en cuanto a la resistencia y su uso en la construcción.

En esta investigación, se busca mejorar la resistencia obtenida en el mortero, el que beneficiará a las viviendas en nuestra provincia. Y por otro lado se busca la conservación del medio ambiente al buscar alternativas de recursos naturales que tienen como característica o antecedente común la actividad puzolanica.

Por ende, se pretende dar un uso útil a residuos como la concha de coquina y la cola de caballo empleándolos como materiales suplementarios cementantes, para lo cual serán calcinadas, pulverizadas y posteriormente incorporadas a la elaboración del mortero para mejorar sus propiedades mecánicas, que se evaluará mediante el ensayo de Resistencia a la Compresión. Lo cual contribuirá en el estudio de nuevos materiales de construcción, y de ser posible darles un valor agregado basándose en criterios de eficiencia ambiental, económica y social, de tal forma sería favorable para el campo de la ingeniería civil.

La problemática de la presente investigación se pone de manifiesto en las siguientes líneas:

En la actualidad el cemento se mantiene como uno de los materiales más utilizados en el mundo, pero en su producción utiliza materias primas no renovables como las rocas calizas y arcillas. La producción del cemento a partir de estas materias primas genera altos niveles de contaminación ambiental que a nivel global representan entre 5 al 8 % de dióxido de carbono. Por otro lado, las altas temperaturas de calcinación requieren de altas cantidades de energía, lo que determina los altos costos de su producción y margina su uso en las poblaciones de menores recursos económicos.

Se critica desde el punto de vista medioambiental el gran impacto que tiene la producción de clínker por las elevadas emisiones de CO₂ que son generadas. La gran demanda de hormigón ha generado que la producción de cemento pórtland se incremente año tras año hasta alcanzar en la actualidad una producción mundial superior a los 3,000 millones de toneladas; además las previsiones indican que la producción seguirá en aumento esencialmente para el área de África y Latinoamérica.

A raíz de estos hechos, en muchos países se ha dirigido la política tanto hacia la conservación del medio ambiente reduciendo el impacto que producen las emisiones de gases, como hacia el ahorro en el coste en la energía de la producción del cemento, buscando alternativas más adecuadas. Una de las alternativas más empleadas, es la introducción de materiales que tienen como característica común la actividad puzolánica (fijación de cal), conocidos como puzolanas.

Además, las principales fábricas cementeras del Perú no contribuyen con la conservación del medio ambiente, los problemas surgen de sus hornos que requieren una enorme cantidad de energía para conseguir temperaturas superiores a los 2000°C, expulsando todo tipo de emisiones como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono. Sin olvidar los cloruros, fluoruros, compuestos orgánicos tóxicos y metales pesados. Una verdadera bomba para el medio ambiente.

Es por eso que la producción de cemento es una fuente de emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, un gas que potencia el efecto invernadero producido por el cambio climático.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, este es el punto de partida del presente trabajo de investigación, donde se busca innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, la sustitución del polvo de concha de coquina - cenizas de cola de caballo, busca comprobar que añadiendo sustitutos naturales el rendimiento de las estructuras puede ser mayor o igual al de uno convencional.

En función de todo lo mencionado se plantea el siguiente problema ¿En qué medida la sustitución de cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo en el diseño de mezcla de un mortero, permitiría mejorar la resistencia en comparación a un mortero convencional?

Conceptualización y operacionalización de variables

Variable dependiente: Resistencia a la compresión de mortero

Definición conceptual: esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o psi) a una edad de 28 días. (Juárez, 2005).

Definición operacional: la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50 mm de lado, preparados

con mortero consistente de 1 parte de cemento y 2,75 de arena dosificados en masa. (NTP 334.051).

Dimensiones:

Área: el área del espécimen, el cual será sometido a una carga.

Carga axial: es la fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo, produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

Indicadores:

Promedio, varianza y desviación estándar

Variable independiente: Diseño de mezcla de mortero

Definición conceptual: proceso de selección de materiales (cemento, agregados y agua) para obtener un producto con características de trabajabilidad y consistencia. (HUANCA, 2006).

Definición operacional: selección y 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. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 (Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería).

Dimensiones:

Dosificación: son las cantidades de cemento (12% polvo de coquina y 36% cenizas de cola de caballo), sus propiedades que se necesitan para obtener las resistencias.

Granulometría: se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

Relación agua cemento: constituye un parámetro importante de la composición del hormigón o mortero. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del concreto.

Curado de mortero: aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad. Los valores a los 28 días se toman como el 100% y los valores de todos los demás envejecimientos se basan en los de 28 días. (Salamanca, 2012).

Indicador: Porcentajes: 12% polvo de concha de coquina y 36% cenizas de cola de caballo.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, Al calcinar la cola de caballo y la concha de coquina se podría obtener sus componentes puzolánicos de sílice y calcio, los mismos que activados mecánicamente permitirán incrementar el área efectiva de reacción para poder sustituir al cemento en una mezcla de mortero, se obtendría resistencias mayores en comparación de un mortero convencional.

El objetivo general de la presente investigación es: Determinar la resistencia de un mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo. Y como objetivos específicos:

Determinar la temperatura de calcinación de concha de coquina y cola de caballo, mediante el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD).

Determinar la composición química del polvo de concha de coquina y cenizas de cola de caballo a través del ensayo de Fluorescencia de rayos X (FRX).

Determinar el grado de alcalinidad (PH) del polvo de concha de coquina, cenizas de cola de caballo y su combinación.

Determinar la relación agua/cemento del mortero experimental basado en la fluidez del resultado de la relación agua/cemento del mortero patrón.

Determinar y comparar la resistencia al ensayar los especímenes de mortero patrón y experimental a los 3, 7, 28 días de curado.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Tipo de Investigación

Es Aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, explicando cual es el efecto en la resistencia a la

compresión al sustituir 12% polvo de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo en la elaboración de un mortero cemento-arena.

Además, descubriremos las cantidades mínimas necesarias para su elaboración y la pronta discusión de la coquina y cola de caballo, estos materiales serán utilizados a dar solución al problema relacionado a las construcciones de viviendas, brindando así un nuevo material para la edificación de viviendas que sea de mayor accesibilidad para la población.

Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión del mortero se harán de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la deducción de resultados. La mayor parte del estudio, se realizará en el laboratorio de mecánica de suelos, observando y analizando debidamente los resultados obtenidos con los técnicos profesionales en el ámbito de materiales de albañilería.

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

Diseño de Investigación

El diseño de la Investigación será Experimental y el nivel será Cuasi-Experimental; en la que se estudiarán los morteros de cemento-arena con la sustitución del cemento por la combinación de polvo de coquina y cenizas de cola de caballo, para así compararlo con un mortero patrón.

Por lo tanto, se formará dos grupos de estudio, un grupo experimental constituido de mortero con polvo de coquina y cenizas de cola de caballo y otro grupo de mortero patrón. Tal que se pueda obtener resultados favorables mejorando la resistencia a la compresión el cual pueda beneficiar a la sociedad con la reducción de costos, viviendas más seguras y su aporte al estudio de la ingeniería civil.

La población está conformada por todas las muestras de mortero patrón y experimental que serán elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro. Para la elaboración de las unidades de estudio (cubos de mortero) se utilizaron las siguientes referencias:

Molusco de concha de coquina del mercado “La Sirena”.

Cola de caballo extraído de la Localidad de Santa – Huaca Choloque.

Agregado fino de la cantera Vesique.

El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro

Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”

La muestra se ha considerado la misma cantidad que la población a conveniencia del investigador, es decir tomaremos el mínimo de cubos de mortero que exige la norma.

Se trabajarán con toda la población, que consta de 18 cubos de mortero: 9 sin sustitución de cemento y 9 con sustitución de cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo.

La norma NTP 334.051 indica que, como mínimo se pueden realizar 2 especímenes por cada edad de ensayo, por lo tanto, en este caso se trabajarán 3, ya que los moldes están estandarizados para ser elaborados de 3 en 3, especificado de la siguiente manera: Patrón (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días de curado y 3 a los 28 días de curado). Experimental (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días de curado y 3 a los 28 días de curado).

Tabla 7.

Diseño en bloque completo al azar

Edad (días)	Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de PCC y 36% de CCC	
	PATRÓN	12% PCC + 36% CCC
3	P-1 <input type="checkbox"/>	E-1 <input type="checkbox"/>
	P-2 <input type="checkbox"/>	E-2 <input type="checkbox"/>
	P-3 <input type="checkbox"/>	E-3 <input type="checkbox"/>
7	P-1 <input type="checkbox"/>	E-1 <input type="checkbox"/>
	P-2 <input type="checkbox"/>	E-2 <input type="checkbox"/>
	P-3 <input type="checkbox"/>	E-3 <input type="checkbox"/>
28	P-1 <input type="checkbox"/>	E-1 <input type="checkbox"/>
	P-2 <input type="checkbox"/>	E-2 <input type="checkbox"/>
	P-3 <input type="checkbox"/>	E-3 <input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Técnicas de Recolección de Información

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento	ÁMBITO (2 GRUPOS)
Observación científica	Guía de observación resumen. Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales	Grupo Control (Diseño de mezcla de mortero sin modificación). Grupo Experimental (Diseño de mezcla de mortero sustituyendo al cemento por 12% de coquina y 36% de cola de caballo).

Fuente: Elaboración propia

Siendo un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación Cuasi-Experimental y realizar ensayos de las muestras de nuestra población en un laboratorio se opta por usar como Técnica de Investigación: LA OBSERVACIÓN CIENTÍFICA. (Guía de observación resumen como instrumento), en donde se quiere ir comparando la variación de la resistencia a medida que llegue a su fraguado final, y el comportamiento de los agregados que se utilizaran en nuestro diseño de mezcla ya sea para un mortero patrón o un mortero sustituyendo al cemento por 12% de coquina y 36% de cola de caballo, la cual nos brindara una resistencia para cada tipo de mortero (experimental o patrón). Teniendo en cuenta así que el material a utilizarse en nuestro diseño de mortero requiere ser evaluados por una serie de ensayos ya que dichos ensayos son los que determinan si los materiales son buenos para nuestra mezcla de concreto a utilizar.

En dicho procesamiento se realizará:

Presentar una solicitud al laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro para facilitar el acceso a dicho establecimiento

Obtener los materiales que serán utilizados para la elaboración de los especímenes.

Se aplicarán registros de apuntes, mediante fichas, filmaciones, acompañadas de registros fotográficos para ver el desarrollo de las pruebas.

Se realizarán diseños de mezcla de morteros.

Se elaborarán muestras de morteros con diseño patrón.

Se elaborarán muestras de morteros con sustitución de cemento por el 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo.

Se ejecutarán el curado de las muestras de mortero y los ensayos de resistencia a la compresión a los especímenes con mortero patrón y experimental. Finalmente se observarán los resultados.

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

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

La recolección de la coquina fue extraída del mercado de peces la Sirena de la ciudad de Chimbote (17L 0765288 8996582) según coordenadas UTM. La cola de caballo extraída de la Huaca Choloque, ubicado entre las localidades de Santa y Tambo Real Nuevo (17L 0764595 9006660) según coordenadas UTM.

En el análisis de los materiales para determinar la temperatura de calcinación, tanto de la coquina como la cola de caballo, primero las muestras de coquina se limpiaron, se mantuvieron en agua por dos semanas y se secaron en sombra por una semana, tomando una muestra se procedió a la trituration en un mortero para obtener una muestra de 1 gr. La coquina pulverizada fue tamizada por la malla N°200 (74 μ m) para poder realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. En el caso de la cola de caballo se realizó primero el lavado del material, luego el secado bajo sombra por un mes, tomando una muestra se procedió a la trituration en un mortero para obtener una muestra de 1 gr. Luego tamizada por la malla N°200 (74 μ m) para poder realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El análisis térmico diferencial servirá para poder obtener la temperatura de calcinación de nuestros materiales para poder activarlos térmicamente.

Para realizar el análisis químico de los materiales estudiados, la coquina ya seca se trituro para luego ser activada térmicamente a temperatura de 900°C a 2 horas de permanencia en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, además se activó mecánicamente tamizándolo por la malla N° 200 (74 μ m) y se

tomó una muestra de 20 gr para realizar el análisis de composición química en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Mayor de San Marcos. En el caso de la cola de caballo, teniendo el material seco se procedió al Pre quemado bajo cielo abierto con la finalidad de eliminar el carbono y obtener las cenizas de cola de caballo y procediendo de la misma forma que el otro material de estudio el análisis de composición química se realizó en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Mayor de San Marcos. El análisis de Fluorescencia de Rayos X determinará el porcentaje de óxidos para poder evaluar como influenciarán en la resistencia del mortero.

Tabla 9.

Material obtenido de la Concha de Coquina

Coquina (gr)	Calcinación 900° C (gr)	Perdida por calcinación (%)
150	94.5	37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Material obtenido de la Cola de Caballo

Cola de Caballo (gr)	Ceniza Pre quemado (gr)	Ceniza (% en Peso)	Calcinación 520° C (gr)	Perdida por calcinación (%)
2000	674.7	33.7	542.0	19.7

Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo los materiales activados térmica y mecánicamente, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del cemento, polvo de concha de coquina, cenizas de cola de caballo y la combinación de 12% de polvo de concha de coquina, 36% de cenizas de cola de caballo y 52% de cemento, dicha combinación que sustituyó al cemento en un 48% fue en proporciones de 1:3 (uno de polvo de concha de coquina y tres de cenizas de cola de caballo), el ensayo se realizó en el laboratorio COLECBI.

Para el agregado se hizo la gradación según lo estipulado en la NTP 339.607 (2013) y los ensayos para determinar la calidad del agregado.

Se hizo el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los Especímenes de mortero.

Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del mortero experimental a partir del ensayo de fluidez del mortero patrón con una relación A/C de 0.485, según lo indica la NTP 334.051 (2013), dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

La NTP 334.051 (2013) muestra los parámetros y procedimientos que sirvieron para elaboración de los especímenes cúbicos de 50mm que se realizaron en la Universidad San Pedro.

El ensayo de compresión de los especímenes cúbicos de mortero a edades de 3, 7 y 28 días se hicieron en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Se utilizaron los datos para poder representarlos en tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y prueba de hipótesis ANOVA.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Resultados de Análisis Térmico Diferencial

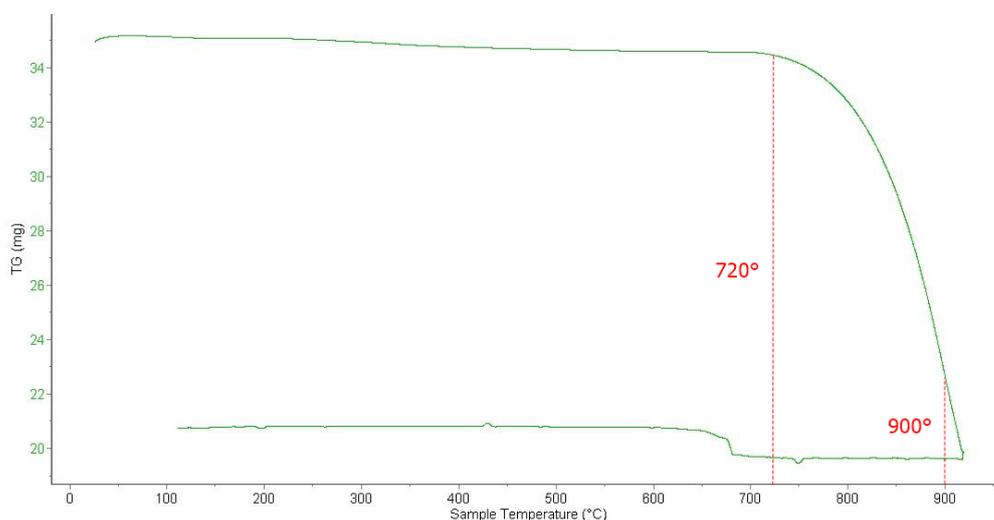


Figura 4. Análisis termo gravimétrico del polvo concha de coquina

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

En la gráfica se puede apreciar una importante estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 720°C, después de ello el material empieza a descomponerse perdiendo un 44 % de su masa inicial al alcanzar su máxima temperatura de ensayo.

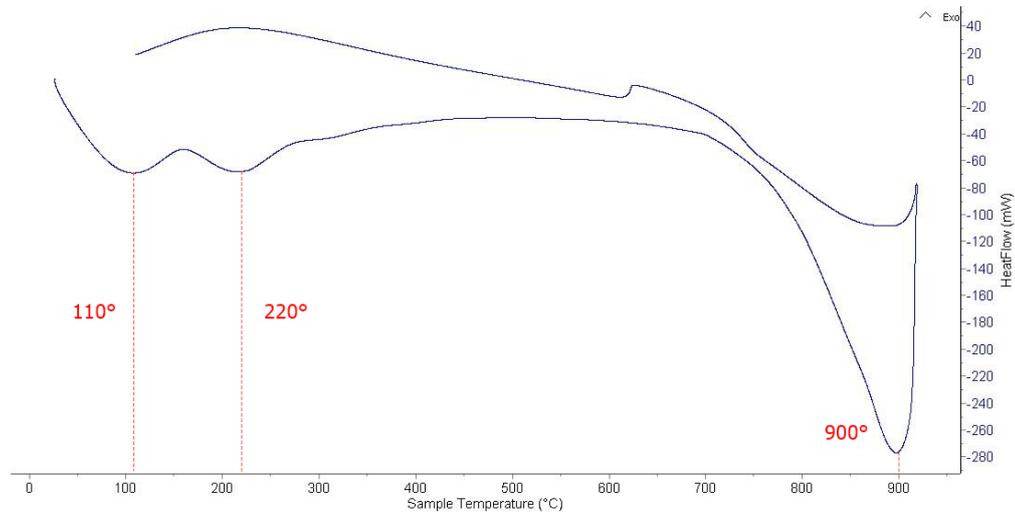


Figura 5. Curva calorimétrica DSC del polvo de concha de coquina

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas bandas endotérmicas a 110 y 220 ° C, posteriormente a 900°C se muestra un intenso pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

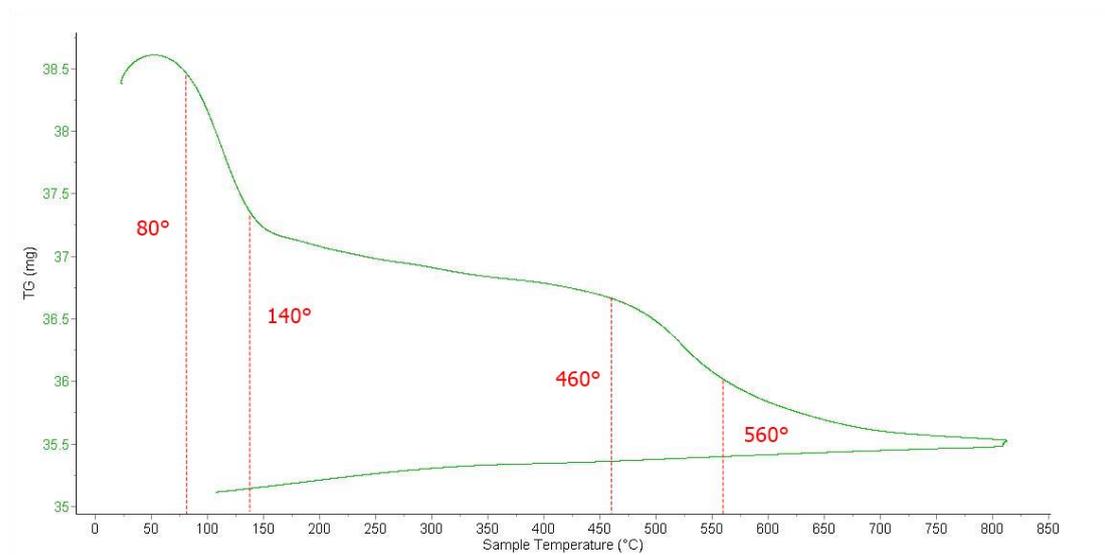


Figura 6. Análisis termo gravimétrico de la ceniza de cola de caballo

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

En la gráfica se puede apreciar dos importantes pérdidas de masa el primero alrededor de los 80° C ya que se da la pérdida de agua debido a la evaporación de la misma, luego se mantiene casi constante y la segunda en torno a 460° C hasta 560°C y donde

el material empieza a degradarse, desde ahí se da una pérdida de masa más lenta hasta 800 ° C.

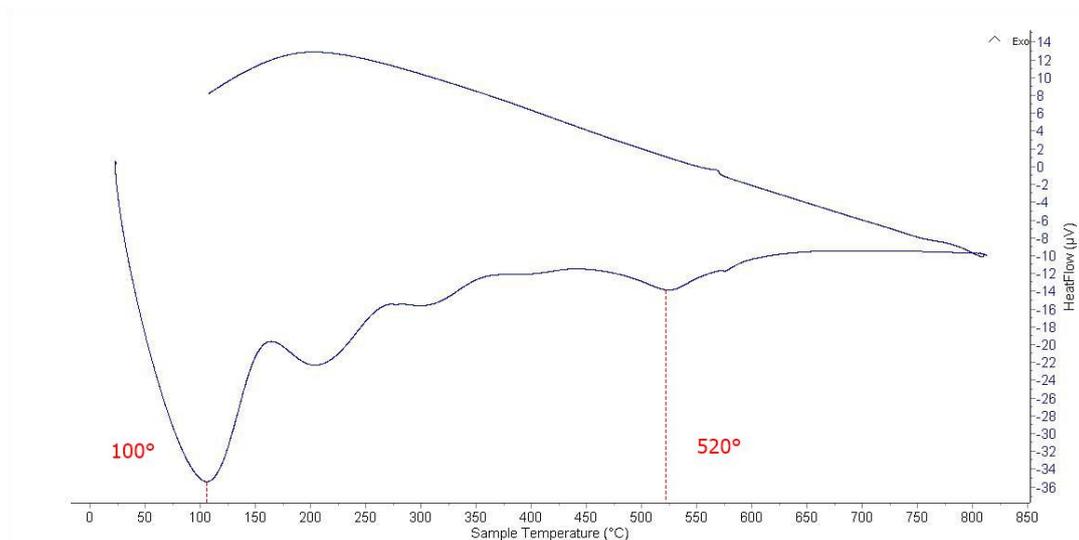


Figura 7. Curva calorimétrica DSC de la ceniza de cola de caballo

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

La grafica muestra un pico endotérmico aproximadamente a 100°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, posteriormente a 520° C se muestra un ligero pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material. El equipo utilizado fue: Analizador térmico simultaneo TG, DTA, DSC cap. Max. 1600°C SetSys Evolución.

Caracterización Química

Tabla 11.

Resultado De Fluorescencia De Rayos X Del Polvo De Concha De Coquina

Composición química	Resultados(%)	Método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	14.729	
Dioxido de Cloro (ClO ₂)	0.331	
óxido de Potasio (K ₂ O)	0.135	
óxido de Calcio (CaO)	84.620	Fluorescencia de Rayos -x
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.020	Dispersiva en energía
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.080	
óxido de Estroncio (SrO)	0.157	

Fuente: Laboratorio de física de la UNMSM

El polvo de concha de coquina fue calcinado a temperatura de 900 °C por un tiempo de permanencia en el horno de 2 horas.

Tabla 12.

Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la Ceniza de Cola de Caballo

Composición química	Resultados(%)	Método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	8.835	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	76.838	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0.957	
Dioxido de Cloro (ClO ₂)	0.206	
óxido de Potasio (K ₂ O)	4.723	
óxido de Calcio (CaO)	3.123	Fluorescencia de Rayos -x
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.387	Dispersiva en energía
Pentóxido de Vanadio (V ₂ O ₅)	0.005	
Óxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.015	
óxido de Manganeso (MnO)	0.112	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	4.500	
óxido de Zinc (ZnO)	0.080	
óxido de Estroncio (SrO)	0.025	
óxido de Rubidio (Rb ₂ O)	0.008	
óxido de Itrio (Y ₂ O ₃)	0.003	
Dióxido de Zirconio (ZrO ₂)	0.031	
Oxido de Bario (BaO)	0.091	

Fuente: Laboratorio de física de la UNMSM

La ceniza de cola de caballo fue calcinado a temperatura de 520 °C por un tiempo de permanencia en el horno de 2 horas.

Tabla 13.

Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la Combinación de 12% Polvo de Concha de Coquina + 36% Ceniza de Cola de Caballo + 52% Cemento.

Composición química	Resultados(%)	Método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	9.913	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	44.438	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	5.127	
Dioxido de Cloro (ClO ₂)	1.006	
óxido de Potasio (K ₂ O)	1.588	
óxido de Calcio (CaO)	36.462	Fluorescencia de Rayos -x
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.100	Dispersiva en energía
Óxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.006	
óxido de Manganeso (MnO)	0.019	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.236	
Trióxido de Diníquel (Ni ₂ O ₃)	0.006	
óxido de Cobre (CuO)	0.009	
óxido de Zinc (ZnO)	0.031	
óxido de Estroncio (SrO)	0.051	
Dióxido de Zirconio (ZrO ₂)	0.001	

Fuente: Laboratorio de física de la UNMSM

Potencial Hidrógeno

Tabla 14.

Ph Del Cemento, Polvo De Concha De Coquina, Cenizas De Cola de Caballo Y Su Combinación.

Muestra	PH
Cemento tipo I	13.50
Polvo de concha de coquina	13.27
Ceniza de cola de caballo	9.96
12% polvo concha de coquina + 36% ceniza de cola de caballo + 52% cemento	13.49

Fuente: Laboratorio de Físico Químico COLECBI

Características del Agregado

Tabla 15.

Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)

Prueba N°	01	02
Tara + suelo húmedo (gr)	1063.7	1081.3
Tara + suelo seco (gr)	1058.8	1076.3
Peso del agua (gr)	4.9	5.0
Peso de la tara (gr)	208.3	201.1
Peso del suelo seco (gr)	850.5	875.2
Contenido de humedad (%)	0.58	0.57
Prom. Contenido humedad (%)	0.57	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Tabla 16.

Gravedad Especifica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	654.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	954.40
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	845.20
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm ³	109.20
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.30
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.50
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.723
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.747
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/G		2.792
K	Absorción (%) ((A-F/F)x100)		0.91

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 17.

Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	7850	7900	7900
Peso de molde (g)	3326	3326	3326
Peso de muestra (g)	4524	4574	4574
Volumen de molde (cm ³)	2788	2788	2788
Peso unitario (kg /m ³)	1623	1641	1641
Peso unitario promedio (kg /m ³)	1635		
Corregido por humedad (kg /m ³)	1625		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 18.*Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino*

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	8250	8250	8300
Peso de molde (g)	3326	3326	3326
Peso de muestra (g)	4924	4924	4974
Volumen de molde (cm ³)	2788	2788	2788
Peso unitario (kg /m ³)	1766	1766	1784
Peso unitario promedio (kg /m ³)		1772	
Corregido por humedad (kg /m ³)		1762	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 19.*Peso Específico del Polvo de Concha de Coquina*

Prueba N°	01	02
Frasco N°		
Lectura Inicial (ml)	0.20	0.20
Lectura Final (ml)	21.52	21.52
Peso de Muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen Desplazado (ml)	21.32	21.32
Peso Especifico	3.002	3.002
Peso Específico Promedio		3.002

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 20.*Peso Específico de Cenizas de Cola de Caballo*

Prueba N°	01	02
Frasco N°		
Lectura Inicial (ml)	0.20	0.20
Lectura Final (ml)	23.40	23.40
Peso de Muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen Desplazado (ml)	23.20	23.20
Peso Especifico	2.759	2.759
Peso Específico Promedio		2.759

Tabla 21.*Peso Específico de 12% Polvo Coquina + 36% Cenizas de cola de Caballo + 52% Cemento*

Prueba N°	01	02
Frasco N°		
Lectura Inicial (ml)	0.20	0.20
Lectura Final (ml)	20.80	20.80
Peso de Muestra (gr)	64.00	64.00
Volumen Desplazado (ml)	20.60	20.60
Peso Especifico	3.107	3.107
Peso Específico Promedio		3.107

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Gradación

Después del proceso de gradación de la arena, se tuvo que realizar la correcta distribución de los porcentajes retenidos en las diferentes mallas, teniendo en cuenta lo mencionado por la NTP 339.607.

Tabla 22.

Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez

Arena manufacturada					
N° mallas	Pesos retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	Arena manufacturada (%)
# 4	0	0	0	100.0	100
# 8	21.980	4.8	4.8	95.20	95 -100
# 16	114.500	25	29.8	70.20	70 – 100
# 30	114.500	25	54.8	45.20	40 – 75
# 50	94.350	20.6	75.4	24.60	20 – 40
# 100	18.320	4	79.4	20.60	10 – 25
# 200	73.280	16	95.4	4.60	0 – 10
PLATO	21.070	4.6	100		-
TOTAL	458.000	100			
Condición:	Arena Gradada				
Total:	458 g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	2.44				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.

Requisitos Físicos De Gradación Para Elaborar los Especímenes

N° mallas	Arena manufacturada				Arena manufacturada (%)
	Pesos retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	
# 4	0	0	0	100.0	100
# 8	33.000	4.8	4.8	95.20	95 -100
# 16	171.880	25	29.8	70.20	70 – 100
# 30	171.880	25	54.8	45.20	40 – 75
# 50	141.630	20.6	75.4	24.60	20 – 40
# 100	27.500	4	79.4	20.60	10 – 25
# 200	110.000	16	95.4	4.60	0 – 10
PLATO	31.630	4.6	100		-
TOTAL	687.500	100			
Condición:	Arena Gradada				
Total:	687.5 g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	2.44				

Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la elaboración de los especímenes de mortero patrón y experimental se realizaron en tres tandas para obtener las 9 muestras de mortero para ser ensayadas a 3, 7 y 28 días de curado.

Dosificación de Materiales

Tabla 24.*Dosificación De Materiales Utilizado Para Calcular La Fluidéz del mortero patrón.*

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Aglomerante Cemento (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			
Patrón	2.75	0.485	458	166.67	80.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.

Dosificación de materiales utilizado para calcular la fluidez del mortero experimental al 48% de sustitución.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Cemento (g)	Aglomerante		Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			Polvo Concha Coquina (g)	Cenizas Cola de Caballo (g)	
Exp. – (48%)	2.75	0.69	458	86.67	20.00	60.00	115.00

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fluidez del mortero patrón y experimental

Tabla 26.

Fluidez del Mortero

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio (cm)	% Fluidez
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0.485	10.16	11.84	11.93	12.06	11.53	11.84	16.54
Exp – (48%)	0.69	10.16	12.00	11.82	11.70	11.90	11.86	16.68

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 27.

Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Aglomerante Cemento (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			
Patrón	2.75	0.485	687.5	250	121.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.

Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero experimental sustituyendo el 48%.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Cemento (g)	Aglomerante		Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			Polvo Concha Coquina (g)	Cenizas Cola de Caballo (g)	
Exp – (48%)	2.75	0.69	687.5	130	30.00	90.00	172.50

Fuente: Elaboración propia

Precisión

Tabla 29.

Medidas de dispersión del mortero patrón.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión					Norma astm c 670	
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	PATRÓN 3D-1	361.00							
	PATRÓN 3D-2	352.00	357.33	14.89	3.86	1.1	2.6	3.9	10.9
	PATRÓN 3D-3	359.00							
7	PATRÓN 7D-1	465.00							
	PATRÓN 7D-2	454.00	460.00	20.67	4.55	1.0	2.4	3.9	10.9
	PATRÓN 7D-3	461.00							
28	PATRÓN 28-1	517.00							
	PATRÓN 28-2	506.00	508.00	44.67	6.68	1.3	3.2	3.8	10.6
	PATRÓN 28-3	501.00							
					Promedio	1.1	2.7	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero patrón se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, se pudo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla 26.

Tabla 30.

Medidas de dispersión del mortero experimental.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión					Norma astm c 670	
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 1 3D-1	97.00							
	EXP 1 3D-2	96.00	96.33	0.22	0.47	0.5	1.0	3.9	10.9
	EXP 1 3D-3	96.00							
7	EXP 1 7D-1	137.00							
	EXP 1 7D-2	137.00	138.67	5.56	2.36	1.7	3.6	3.9	10.9
	EXP 1 7D-3	142.00							
28	EXP 1 28D-1	210.00							
	EXP 1 28D-2	201.00	208.33	29.56	5.44	2.6	6.5	3.8	10.6
	EXP 1 28D-3	214.00							
					Promedio	1.6	3.7	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo que la tabla anterior, para validar las muestras del mortero experimental se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, se pudo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla 27.

Ensayos De Compresión de Mortero Patrón

Tabla 31.

Ensayos de Compresión Patrón 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 3D-1 (P1)	25.00	290.50	9031.00	361.00
PATRÓN 3D-2 (P2)	25.10	292.40	8827.00	352.00
PATRÓN 3D-3 (P3)	25.00	292.20	8986.00	359.00
			Promedio	357.33

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

Tabla 32.

Ensayos de Compresión Patrón 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 7D-1 (P4)	25.00	289.50	11634.00	465.00
PATRÓN 7D-2 (P5)	25.10	291.00	11385.00	454.00
PATRÓN 7D-3 (P6)	25.00	291.30	11530.00	461.00
			Promedio	460.00

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

Tabla 33.

Ensayos de Compresión Patrón 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 28-1 (P7)	25.00	292.80	12935.00	517.00
PATRÓN 28-2 (P8)	25.00	293.20	12654.00	506.00
PATRÓN 28-3 (P9)	25.20	293.40	12609.00	501.00
			Promedio	508.00

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

Ensayos De Compresión de Mortero Experimental

Tabla 34.

Ensayos de Compresión Experimental 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 1 3D-1 (E1)	25.00	269.00	2413.00	97.00
EXP 1 3D-2 (E2)	25.10	269.10	2411.00	96.00
EXP 1 3D-3 (E3)	25.10	269.30	2404.00	96.00
			Promedio	96.33

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

Tabla 35.

Ensayos de Compresión Experimental 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 1 7D-1 (E4)	25.00	270.60	3426.00	137.00
EXP 1 7D-2 (E5)	25.00	271.10	3420.00	137.00
EXP 1 7D-3 (E6)	25.00	271.20	3551.00	142.00
			Promedio	138.67

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

Tabla 36.

Ensayos de Compresión Experimental 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 1 28D-1 (E7)	25.00	274.10	5243.00	210.00
EXP 1 28D-2 (E8)	25.20	274.80	5064.00	201.00
EXP 1 28D-3 (E9)	25.00	275.70	5349.00	214.00
			Promedio	208.33

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

Resultados Finales

Tabla 37.

Requerimiento de Agua de los Morteros Patrón y Experimental

Material	Porcentaje de Sustitución	Fluidez	Relación (a/c)
Patrón	0%	16.54	0.49
Polvo de Coquina + Ceniza de Cola de Caballo	48%	16.68	0.69

Fuente: Elaboración propia

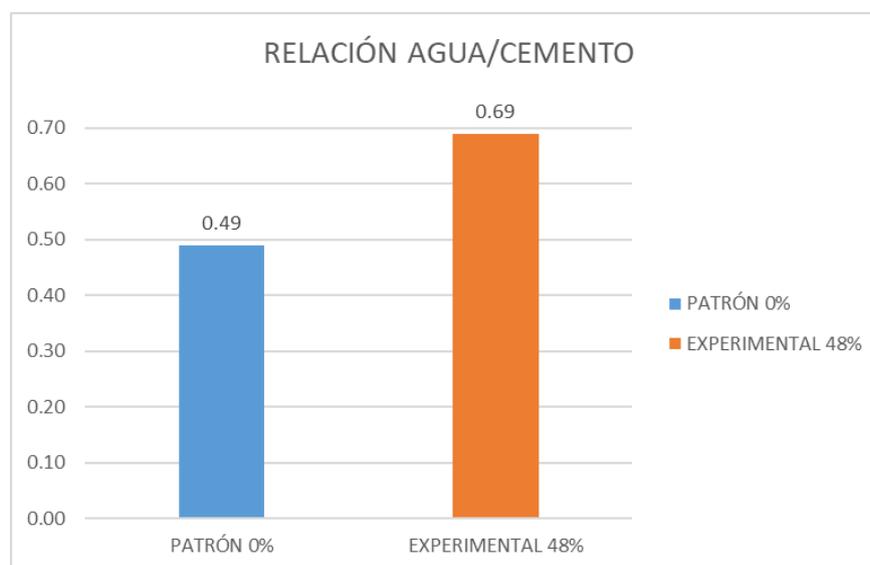


Figura 8. Relación (Agua/Cemento) Patrón vs Experimental

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que la mayor relación agua cemento lo obtuvo el mortero experimental, a pesar de tener casi la misma fluidez.

Tabla 38.

Pesos Promedio de Cubos de Mortero Antes de Ensayar a Compresión

Descripción	3 Días		7 Días		28 Días	
	Peso Promedio (gr)	Desviación Estándar	Peso Promedio (gr)	Desviación Estándar	Peso Promedio(gr)	Desviación Estándar
Patrón 0%	291.70	0.852	290.60	0.787	293.13	0.249
Exp. 48%	269.13	0.125	270.97	0.262	274.87	0.655

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39.*Densidad de los Especímenes de Mortero a los 28 días*

Descripción (28 Días)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
Patrón	25.00	5.00	292.80	125.00	2.34	2.34
	25.00	5.01	293.20	125.25	2.34	
	25.20	5.00	293.40	126.00	2.33	
Experimental 48%	25.00	5.00	274.10	125.00	2.19	2.19
	25.20	5.00	274.80	126.00	2.18	
	25.00	5.01	275.80	125.25	2.20	

Fuente: Elaboración propia

Los materiales utilizados en la elaboración de los especímenes de mortero son los mismos con excepción del cemento que justamente permite obtener densidades mayores en los especímenes de mortero patrón.

Tabla 40.*Resultados Finales de los Ensayos de Compresión*

Días	Resistencias (kg/cm ²)	
	Patrón	Experimental 48%
3	357.33	96.33
7	460.00	138.67
28	508.00	208.33

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

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros patrones

Tabla 41.*Ensayos de Compresión Mortero Patrón en Porcentajes*

Días	Resistencias (kg/cm ²)	
	Patrón	
3	357.33	70.34%
7	460.00	90.55%
28	508.00	100.00%

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

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio de 70% en los primeros 3 días. Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días alcanzaron el promedio del 90% y a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 508.00 Kg/cm².

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros experimentales

Tabla 42.

Ensayos de Compresión Mortero Experimental en Porcentajes

Días	Resistencias (kg/cm ²)	
	Patrón	Experimental 48%
3	96.33	18.96%
7	138.67	27.30%
28	208.33	41.01%

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

Según apreciamos con los resultados obtenidos, podemos concluir que con el material sustituido las resistencias iniciales son inferiores en porcentaje en comparación al patrón y apenas llega al 18% promedio a los 3 días.

También se puede apreciar que, a los 7 y 28 días la sustitución tampoco logra superar al mortero patrón, con un promedio de 27% y 40 % respectivamente.

Tabla 43.

Cuadro Comparativo De Morteros Patrones Y Experimentales

DÍAS	RESISTENCIAS (KG/CM2)	
	PATRÓN	EXPERIMENTAL 48%
3	357.33	96.33
7	460.00	138.67
28	508.00	208.33

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

Se observa que el resultado del ensayo de resistencia del mortero sustituido en 48% siempre estuvo por debajo en comparación a los resultados de compresión del mortero patrón.

El desarrollo de las resistencias fue creciendo conforme pasaron los días en el mortero patrón y experimental. Se ve afectada la resistencia inicial en los morteros experimentales, esto se debe al importante porcentaje de sustitución del cemento que se realizó.

Ensayos de compresión (kg/cm²) de morteros patrón y experimental con 48% de sustitución.

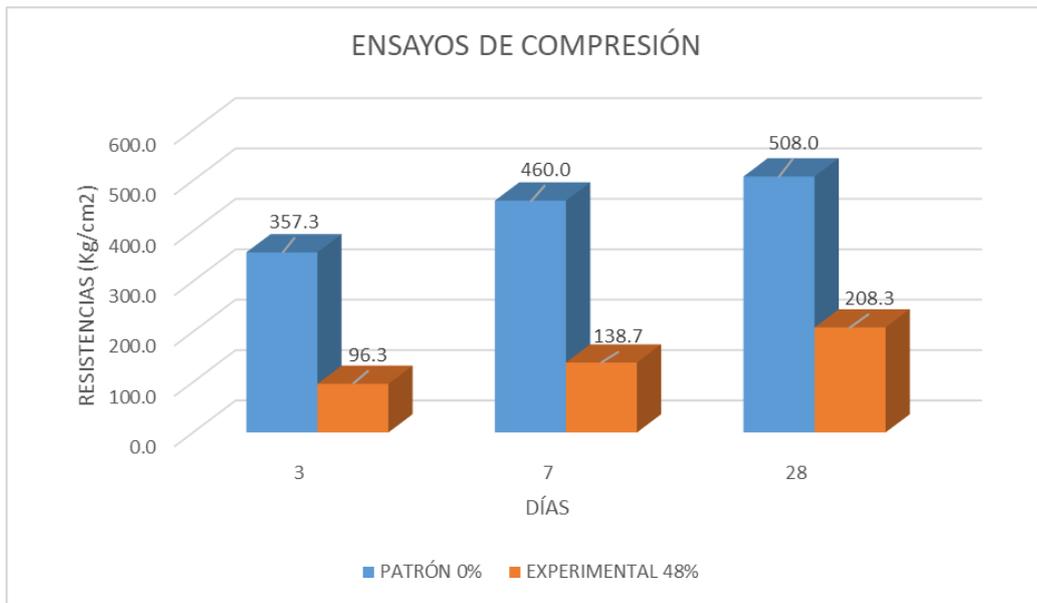


Figura 9. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad(Días)
 Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales – UNI

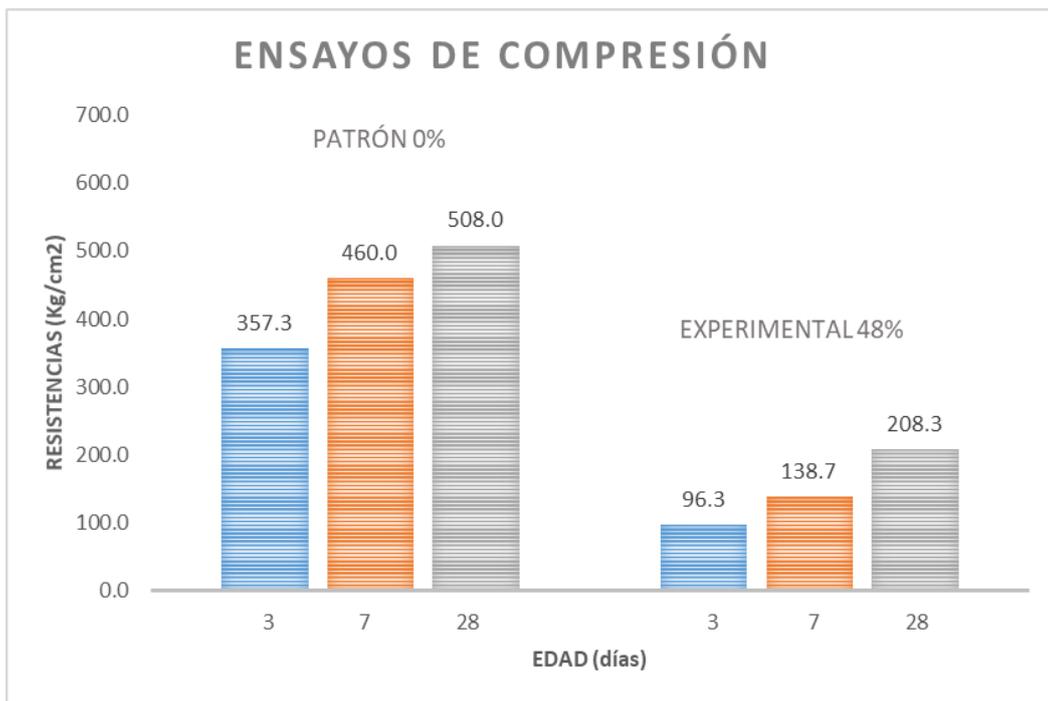


Figura 10. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad(Días)

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

Ensayos de compresión (kg/cm²) de morteros patrón y experimental con 48% de sustitución.

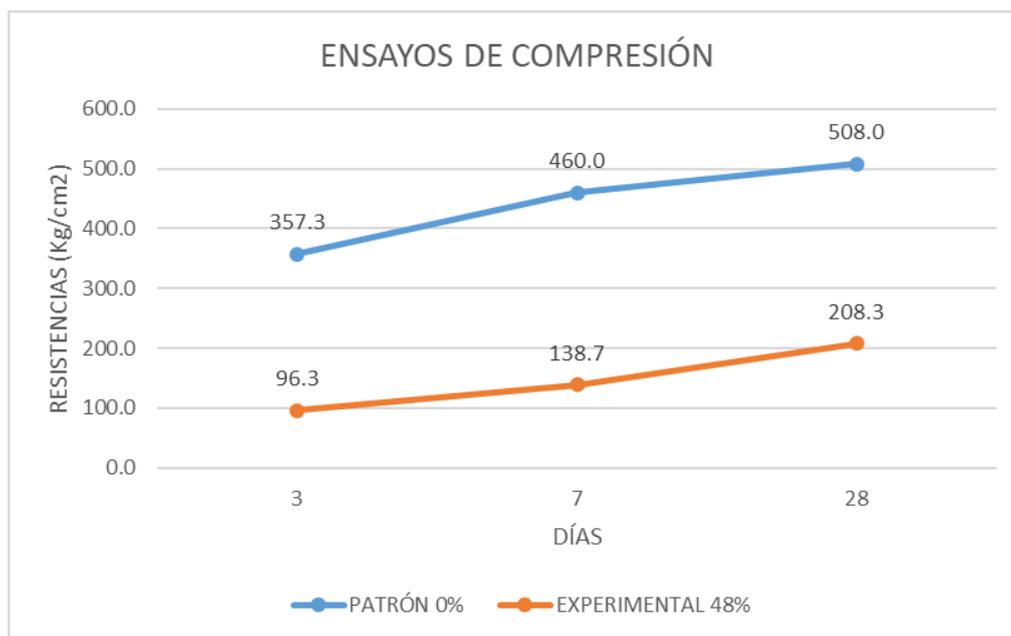


Figura 11. Resistencia a la Compresión Vs. Edad

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

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk $p > 0.05$ para las dos muestras) y homogeneidad de varianzas (Prueba F, $p = 0.396$, $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cemento por una combinación de polvo de concha de coquina y ceniza de cola de caballo) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 44.

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución (CC y PC)	129654,000	1	129654,000	277,620	,004
Días de curado	17311,217	2	8655,609	18,534	,050
Error	934,039	2	467,019		
Total	147899.256	5			

Fuente: Resultados de las Pruebas de Hipótesis con el SPSS

En la tabla 44 se puede visualizar que, para la sustitución de cemento por la combinación de polvo de coquina y cenizas de cola de caballo, el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.004$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los cubos de mortero, con sustitución del cemento en 0%, 48% por la combinación de polvo de coquina y ceniza de cola de caballo, no son iguales. Es decir, existe una diferencia altamente significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

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

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En relación con los antecedentes, lo siguiente:

Carneiro (2015) analizó el material de cola de caballo a 500°C con un tiempo de 2 horas, directamente tomando como antecedente este dato logrando un porcentaje de 75.20% entre los óxidos necesarios (silicio, aluminio, hierro y calcio). Al calcinar a una temperatura de 520°C a 2 horas, se logró obtener un porcentaje de 93.30% entre los óxidos requeridos, se puede observar que lo obtenido es superior en un 19.40% en contenido porcentual de óxidos, además que, la temperatura utilizada es similar con lo que se está claramente teniendo un ahorro energético y contribuyendo con la conservación del medio ambiente. Se puede considerar también otras temperaturas para optimizar los resultados, puesto que la reacción del material se muestra a partir de 460°C y en otros intervalos de tiempos.

Carrillo (2017) analizó la coquina a 880°C con un tiempo de 4 horas, tomando como antecedente este dato logrando un porcentaje de 99.13% entre los óxidos necesarios (silicio, aluminio, hierro y calcio), cabe mencionar que el material utilizado por este autor es de la misma procedencia del que se analizó en esta investigación. Al calcinar a una temperatura de 900°C a 2 horas, se logró obtener un porcentaje de 99.43% entre los óxidos requeridos, se puede observar que lo obtenido es muy similar, sin embargo,

la temperatura utilizada es mucho menor con lo que se está claramente teniendo un ahorro energético y contribuyendo con la conservación del medio ambiente. También se puede considerar otros intervalos de tiempo con la misma temperatura.

Si comparamos lo realizado por Julián (2016) con respecto a mi estudio se puede observar que en porcentajes de sustitución de 50% se logra alcanzar resistencias de 195.85 Kg/cm² a los 28 días de curado, se determina que lo obtenido es levemente superior en un 6% para los mismos días de curado. La sustitución respecto al mortero patrón en ambas investigaciones no logró incrementar la resistencia en todas las edades como se muestra en el figura N°9, se pone de manifiesto que en mi caso las cenizas de cola de caballo al ser combinadas con polvo de concha de coquina, según las proporciones utilizadas hace que pueda desarrollar resistencias a largo plazo, fraguado final, mediana liberación de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento lento siendo esto posible por la presencia de silicatos y aluminatos.

De los ensayos realizados, se puede mencionar:

De acuerdo al análisis termo gravimétrico de la concha de coquina figura 4 hay un cambio en su estado a partir de 720°C, después de ello el material empieza a descomponerse perdiendo un 44 % de su masa inicial al alcanzar su máxima temperatura de ensayo, su activación se realizó en 900° C según el análisis calorimétrico donde se evidencia un posible cambio de fase, considerando un tiempo de 2 horas, obteniendo resultados favorables ya que tuvo más del 99 % óxido de calcio, aluminio y hierro en conjunto, como se puede observar en la tabla N°11.

De la figura 6 en el análisis térmico gravimétrico se observa dos importantes pérdidas de masa una entre temperaturas de 80°C y 140°C por pérdidas de agua, además la cola de caballo está compuesto de residuos de material orgánico celulósico que tiene varios compuestos, pero en su mayor porcentaje está compuesto de carbono, esto se puede apreciar en la pérdida de masa del segundo tramo debido a un proceso de descarbonatación, en un tercer tramo alrededor de 460°C a 600° C se produce la deshidroxilación de los residuos que finalmente se convertirán en óxidos.

En la figura 7, se puede observar un pico endotérmico alrededor de 100°C, indicando reacciones que consumen energía térmica, para la liberación de agua en forma de vapor, esto indica que se está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica manifestándose en calentamiento como consecuencia de esto se producirá evaporación, también se puede apreciar un pico endotérmico alrededor de 220° C absorbiendo calor para liberar el CO₂ y por ultimo una transición térmica alrededor de los 520° C, que se manifiesta en descarga de energía produciéndose la oxidación.

En la tabla N°12, se puede apreciar que las cenizas de cola de caballo tiene dentro de sus componentes químicos más importantes a los óxidos de silicio en 76.84%, aluminio en 8.84% , hierro en 4.50% y calcio(CaO) en 3.12% , estos valores permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C 618 , el cual menciona que la suma de los óxidos de silicio , aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como un material puzolánico , en este caso la suma porcentuales de los óxidos es de 90.17% que supera en un 28.81 % el criterio de puzolanidad ya mencionado, es decir el proceso realizado para la activación del material ha permitido obtener un material de gran reactividad puzolánica que al combinarse con los óxidos activados de calcio presentes en el cemento y polvo de concha de coquina (en un 84.62%) originarían un material cementante.

El material a sustituir en el presente trabajo es el Cemento Portland Tipo I y tomamos su composición básica como referencia: 60-67% de CaO, 17-25% de SiO₂, 3-8% de Al₂O₃ y 0.5-6 de Fe₂O₃. (Concreto Simple, 2013). Los resultados de Fluorescencia de Rayos X (FRX) según la tabla N° 13 nos indica que la mezcla de polvo de concha de coquina, cenizas de cola de caballo y cemento contienen 44.44% de SiO₂, 9.91% de Al₂O₃, 36.46% de CaO y 1.24 de Fe₂O₃, estos altos porcentajes, superan a los porcentajes del cemento para estos mismos elementos a excepción del óxido de calcio. El bajo contenido de CaO en el material aglomerante podría ser perjudicial, ocasionando disminución en la resistencia del mortero. Además, se evidencia que, dependiendo de las proporciones de la mezcla, los componentes fundamentales de SiO₂ y CaO disminuyeron en un 42.0% y 56.9% respectivamente.

En la tabla N° 14 se muestra el PH de los materiales utilizados como el polvo de concha de coquina con 13.27, las cenizas de cola de caballo con un valor de 9.96, el cemento 13.50, las combinaciones de 48% de sustitución con 13.49 de PH, observando valores alcalinos que permitirán la reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que debemos tener en cuenta que la activación alcalina de materiales silicoaluminosos con disoluciones fuertemente alcalinas tras un corto periodo de curado permiten obtener un material con buenas propiedades cementantes. Según el manual de inspecciones técnicas de edificios el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14, las muestras obtenidas del PH del material aglomerante a utilizar permanecen en este rango, lo cual es favorable al mantener un material alcalino lo que ayudará a mejorar la resistencia del mortero.

De la tabla N°37 los resultados obtenidos de la fluidez para el mortero patrón utilizando el fluidímetro es de 16.54 % al aproximar la fluidez en el mortero experimental a 16.68 % la relación agua/cemento aumentó considerablemente debido a que se sustituyó un alto porcentaje 48% del peso del cemento, como se aprecia en la figura N°8. Esta sustitución determinó que, para obtener una mezcla trabajable, fue necesario agregarle 51.25 g de agua a la mezcla. Debido a esta adición de agua la relación agua/cemento – polvo de coquina – cenizas de cola de caballo subió a 0.69. Así mismo la estructura porosa de la ceniza al sustituir al cemento en un 48% provoca que las partículas absorban agua directamente en la mezcladora, aumentando la relación a/c respecto al patrón.

Para validar las muestras del mortero patrón y experimental se consideró lo estipulado en la norma ASTM C 670, se pudo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentran dentro de lo permisible como lo muestra la tabla 29 y 30 respectivamente. En base a los resultados estadísticos se puede decir que los resultados obtenidos pasan de nivel de control, interpretándose que se realizó un trabajo ordenado y preciso.

De la tabla 42 apreciamos los resultados obtenidos, podemos concluir que con el material sustituido las resistencias iniciales son inferiores en porcentaje en comparación al patrón y apenas llega al 18.96% promedio a los 3 días. De la misma

manera, a los 7 y 28 días la sustitución tampoco logra superar al mortero patrón, con un promedio de 27.30% y 41.01 % respectivamente, alcanzando una máxima resistencia promedio de 208.33 Kg/cm².

De la figura N°9 se observa que existe tendencia a aumentar las resistencias en el tiempo, esto quiere decir que las resistencias fueron creciendo conforme pasaron los días en el mortero patrón y experimental. Sin embargo, el resultado del ensayo de resistencia del mortero experimental siempre estuvo por debajo en comparación a los resultados de compresión del mortero patrón en consecuencia, al 48% de sustitución del cemento, siendo este un porcentaje alto. Se ve afectada la resistencia inicial en los morteros experimentales. Los silicatos presentes en el cemento son los que aportan la resistencia a corto y largo plazo en las proporciones adecuadas y en presencia de calcio forma silicato dicálcico que permite la hidratación y endurecimiento lento y contribuye al incremento de las resistencias a largo plazo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se activó térmicamente las cenizas de cola de caballo a 520° C que es una temperatura óptima debido al cambio de fase producto de ello se producirán óxidos deseados, lo mismo ocurre con la coquina a 900°C.

La composición química de las cenizas de cola de caballo, indica su potencial como puzolana, ya que contiene un 90.17% de componentes puzolánicos en concordancia con la norma ASTM C- 618. Del mismo modo en el polvo de concha de coquina se obtuvo un porcentaje de 99.35 % de componentes cementantes. Además, se concluye que para la combinación de los materiales aglomerantes (PCC + CCC + Cemento) los componentes puzolánicos de SiO₂ y CaO disminuyeron a 44.44% y 36.46% respectivamente.

Las muestras son altamente alcalinas resultando similar a la del cemento, obteniendo 13.49 de PH para la combinación de los materiales aglomerantes.

Se obtuvo una fluidez de 16.54% en el mortero patrón con una relación a/c de 0.485 y, para el mortero experimental una fluidez de 16,68% obteniendo una relación a/c de 0.69. La relación a/c del mortero experimental aumentó en un 42.3% con respecto al mortero patrón.

Existe tendencia a aumentar las resistencias en el tiempo, sin embargo, la resistencia de los morteros experimentales siempre estuvo por debajo en comparación a la resistencia de morteros patrones, debido al alto porcentaje de sustitución del cemento. La resistencia alcanzada del mortero experimental sustituyendo al cemento por la combinación de polvo de concha de coquina y cenizas de cola de caballo fue de 41.01% respecto a un mortero patrón sin sustituir.

RECOMENDACIONES

Se puede optimizar los resultados del polvo de concha de coquina y las cenizas de cola de caballo analizando a otras temperaturas y a diferentes tiempos.

Modificar la combinación de materiales aglomerantes a una proporción óptima, para no reducir demasiado el CaO.

Al momento del curado se debe mantener al mortero en una solución alcalina, mantenerlo en una solución saturada de hidróxido de calcio (cal), para obtener mejores resultados.

Para comprobar que es un material que sigue ganando resistencia, se debe alargar las edades de curado a 60 y 90 días.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis padres y demás familiares quienes con amor y dedicación supieron orientarme y contribuyeron con mi desarrollo personal y profesional.

También agradecer a las personas que ayudaron al desarrollo y culminación de esta investigación y especialmente a mi asesor Ing. Gumercindo Flores Reyes.

Y desde luego agradecer a Dios por darme salud y permitirme llegar al final de este proyecto, a mis amigos que siempre estuvieron presentes y a mis maestros.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. 2° edic. Perú: San Marcos.
- Alcaraz, M. J. (2012). *Microestructura del hormigón*. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, España.
Recuperado de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4671/tfg438.pdf?sequence=1>
- ASTM C 305 – 99. Mechanical Mixing of hydraulic cement pastes and mortars of Plastic Consistency.
- ASTM C 618-92^a. Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolana for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete.
- Berrú, P. y Uribe, R. (2014). Sinopsis Biológico-Pesquera de la Marucha *Donax obesulus* Reeve, 1854 en el Litoral de Ancash (Bahía Samanco). Instituto del Mar del Perú, 41 (04): 179-196.
- Buasri, A., Chaiyut, N., Loryuenyong, V., Worawanitchaphong, P. y Trongyong, S. (2013). Calcium Oxide Derived from Waste Shells of Mussel, Cockle, and Scallop as the Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production. *The Scientific World Journal*. 2013 (460923,), 1 – 7.
- Calleja, J. (1968). Las Puzolanas. Separata de la Revista ION. 29 y 30(41, 43, 44). Madrid. Recuperado de: <http://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>
- Carneiro, M., Magalhães, K., Muñiz, G., Nisgoski, S. y Satyanarayana, K. (2015). Preparation and Characterization of Nano Silica from *Equisetum arvense*. *Bioprocessing & Biotechniques*, 5:205, doi: 10.4172/2155-9821.1000205
- Carrillo, R. (2017). Resistencia de mortero con cemento sustituido al 4% y 8% de la combinación de cenizas de lodo de papel y por polvo concha de coquina “donax trunculux”. Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

- Ghrici, M., Kenai, S. y Said-Mansour, M. (2007). Mechanical properties and durability of mortar and concrete containing natural pozzolana and limestone blended cements. *Cement & Concrete Composites*, 29 (1), 542–549
- Hazurina, O. N., Hisham, A. B., Mat, D. M. y Azmi, M. M. (2013). Cockle shell ash replacement for cement and filler in concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 25 (2): 201-211.
- Julián, B. C., Flores R. G. y Segura, T. L. (2014). Resistencia en mortero con cemento sustituido al 50% por residuos de chanque y bambú. *Conocimiento para el desarrollo*, 7 (2):1-8.
- León, B. (2012). La cola de caballo (*Equisetum*, *Equisetaceae*) comercializada y exportada del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 19 (3): 345-346.
- NTP 334.051. (2013). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Ramírez, P. y De la Cruz, J. (2016). Evaluación Poblacional de *Donax obesulus* en el Litoral de Lambayeque, Perú. *Instituto del Mar del Perú*, 43 (03): 317-325.
- Rivera, G. A. (2013). *Concreto Simple*. Popayán, Cauca, Colombia. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-a-rivera-l/>
- Salamanca, R., y Galvis R., J. (2012). Morteros (capítulo 3), 115-129. *Investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá*. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf
- Salazar, A. (2002). *Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos*. Cali, Colombia. Corporación Construir.

Recuperado de: <http://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>

Sapei, L. (2007). Characterisation of Silica in Equisetum hyemale and its transformation into Biomorphous Ceramics (doctoral). Universidad de Potsdam, Alemania.

Torres, E. y Macalupú, J. (2017). Bancos Naturales de Donax Obesulus en el Litoral de la Región Piura, Perú. Instituto del Mar del Perú, 44 (01): 56-62.

CAPITULO VIII: ANEXOS Y APÉNDICES

ANEXO N°1: ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL



Trujillo, 30 de setiembre del 2017

INFORME N° 108 - SET 17

Solicitante: Ibañez Cruz Eduardo - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Polvo Concha de coquina (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PCC-107S	35.8 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 - 820 °C.
- Masa de muestra analizada: 35.8 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa

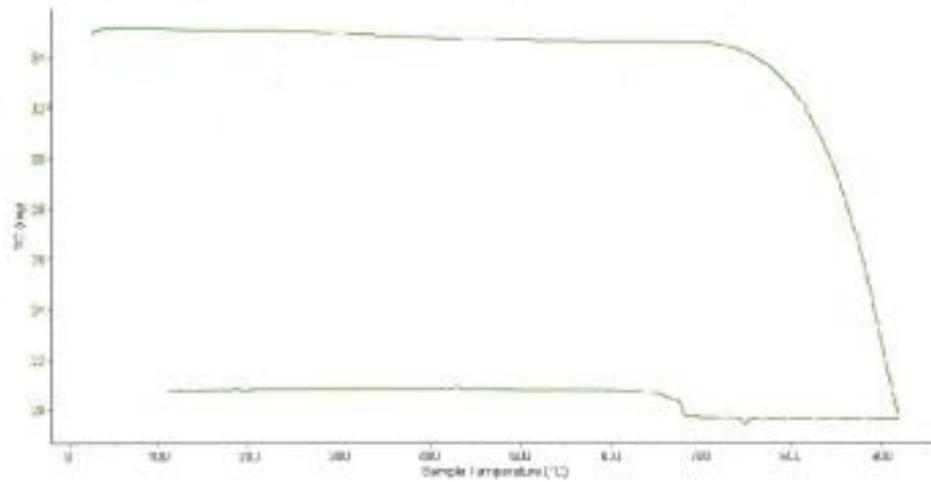


Trujillo, 30 de setiembre del 2017

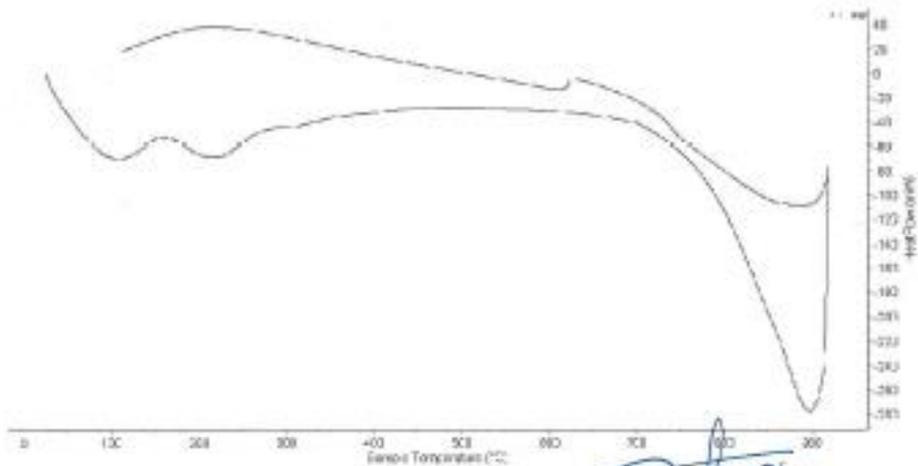
INFORME N° 108 - SET 17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Darmy M. Chávez Novoa



Trujillo, 30 de setiembre del 2017

INFORME N° 108 - SET 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica hasta llegar a 720°C, a partir del cual el material experimental una súbita caída en la masa del material como consecuencia de su descomposición. El material experimenta una pérdida total de aproximadamente 44 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas bandas endotérmicas a 110 y 220 ° C, posteriormente a 900°C se muestra un intenso pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 30 de setiembre del 2017



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

Danny M. Chávez Novoa



Trujillo, 30 de setiembre del 2017

INFORME N° 107 - SET 17

Solicitante: Ibañez Cruz Eduardo - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Cola de caballo (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CC-106S	39.2 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 820 °C.
- Masa de muestra analizada: 39.2 mg.

Jefe de Laboratorio:

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
C.O.P. 10007

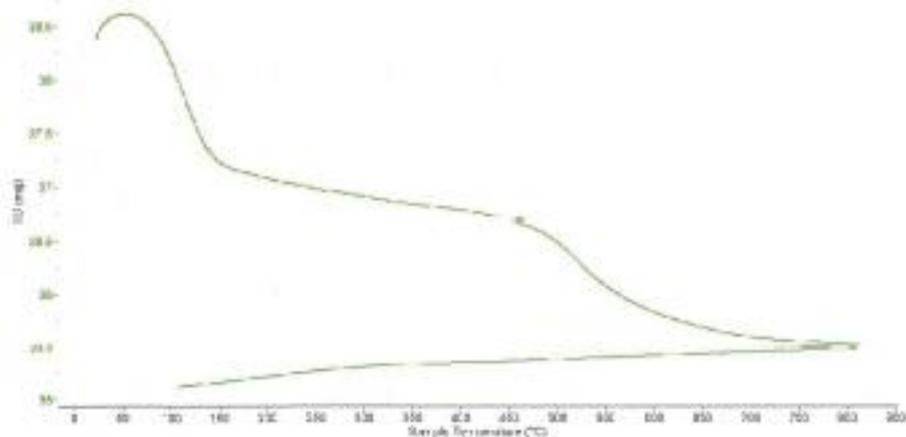


Trujillo, 30 de setiembre del 2017

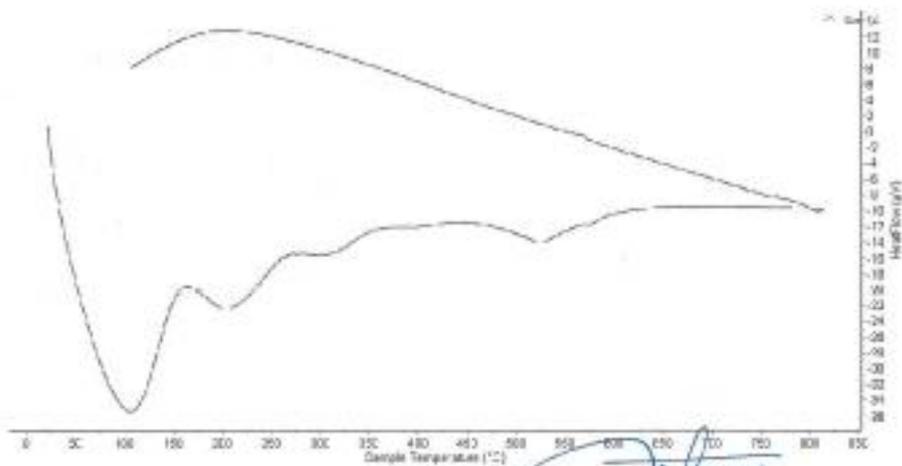
INFORME N° 107 - SET 17

4. Resultados:

I Curva de pérdida de masa - Análisis Termogravimétrico:



II- Curva Calorimétrica ATD



Darlyn M. Chávez Novoa



Trujillo, 30 de setiembre del 2017

INFORME N° 107 - SET 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caída de masa del material, la primera transcurre entre 80 y 130°C, y la segunda entre 460 y 560°C, el material manifiesta una pérdida total de aproximadamente 8 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas bandas endotérmicas a 100 y 220 ° C, posteriormente a 520°C se muestra un ligero pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 30 de setiembre del 2017



Danny M. Chávez Novoa

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

ANEXO N°2: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°74-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de concha de coquina por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de concha de coquina a pedido del Sr. **Ibañez Cruz, Darlyn Eduardo**, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Resistencia de Mortero Sustituyendo al Cemento por la Combinación de 12% de polvo de Concha de Coquina y 36% de Cenizas de Cola de Caballo."

La muestra está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7800 cts/s

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

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

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDF de esta muestra de ceniza de concha de coquina. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de concha de coquina en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	11.091	14.729
ClO ₂	0.250	0.331
K ₂ O	0.102	0.135
CaO	63.321	84.620
TiO ₂	0.015	0.020
Fe ₂ O ₃	0.006	0.008
SrO	0.118	0.157
Totales	75.303	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que puede haber compuestos de Na y/o Mg que no se han detectado por esta técnica y/o la ceniza contiene compuestos diferentes que óxidos, por ejemplo carbonatos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

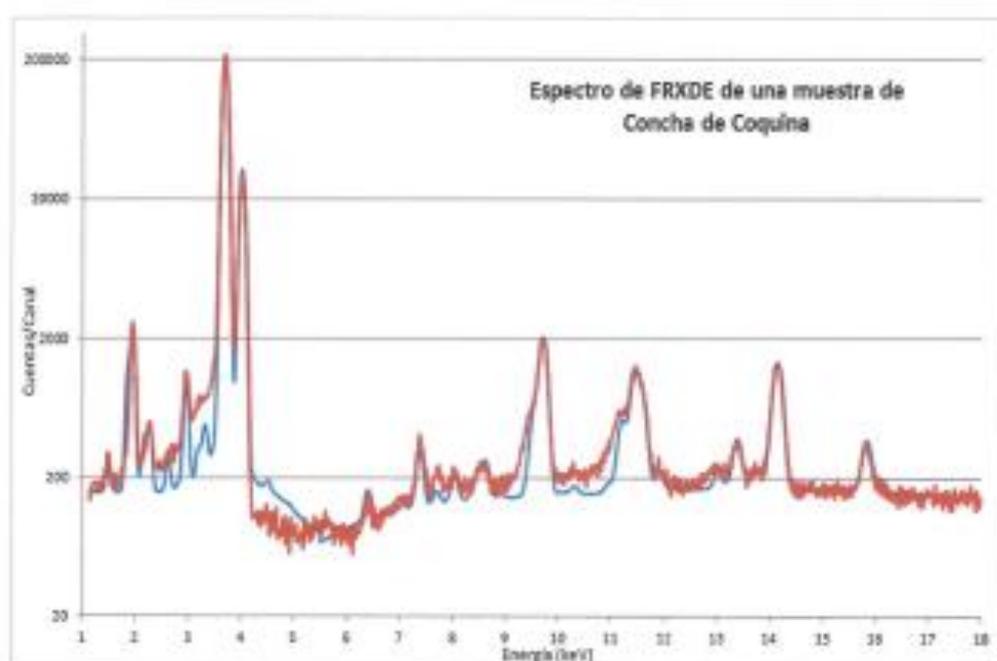


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de concha de coquina en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 08 de noviembre del 2017



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°88-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de cola de caballo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. Ibañez Cruz, Darlyn Eduardo, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de Mortero Sustituyendo al Cemento por la Combinación de 12% de polvo de Concha de Coquina y 36% de Cenizas de Cola de Caballo.”

La muestra está en forma de grano fino de color gris oscuro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3100 cts/s

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

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

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cola de caballo. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recordarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de cola de caballo en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	6.201	8.835
SiO ₂	53.925	76.838
SO ₂	0.671	0.957
ClO ₂	0.144	0.206
K ₂ O	3.315	4.723
CaO	2.192	3.123
TiO ₂	0.271	0.387
V ₂ O ₅	0.004	0.005
Cr ₂ O ₃	0.010	0.015
MnO	0.078	0.112
Fe ₂ O ₃	3.158	4.500
ZnO	0.060	0.086
SrO	0.017	0.025
Rb ₂ O	0.005	0.008
Y ₂ O ₃	0.002	0.003
ZrO ₂	0.022	0.031
BaO	0.064	0.091
Totales	70.180	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que la ceniza puede contener compuestos de Na y Mg que esta técnica no detecta y/o contiene compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

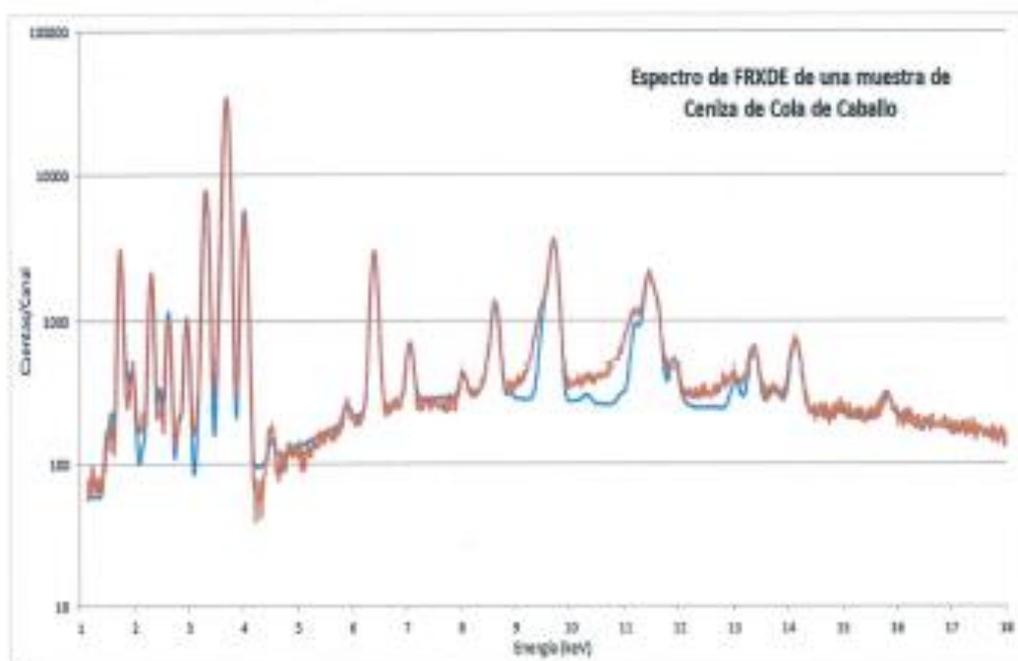


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cola de caballo en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 08 de noviembre del 2017



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°06-LAQ/2018

Análisis de una mezcla de cemento, polvo de concha de coquina y cenizas de cola de caballo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de cemento, polvo de concha de coquina y ceniza de cola de caballo a pedido del Sr. **Ibáñez Cruz, Darlya Eduardo**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Resistencia de una Mortero Sustituyendo al Cemento por la Combinación de 12% de Polvo de Concha de Coquina y 36% por Ceniza de Cola de Caballo."

La muestra está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6700 cts/s

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta mezcla de cemento con polvo de concha de coquina y ceniza de cola de caballo. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

recalcarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la mezcla de cemento con 12% de concha de coquina y 36% de ceniza de cola de caballo en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	10.611	9.913
SiO ₂	47,565	44.438
SO ₂	5.488	5.127
ClO ₂	1.077	1.006
K ₂ O	1.700	1.588
CaO	39.027	36.462
TiO ₂	0.107	0.100
Cr ₂ O ₃	0.007	0.006
MnO	0.023	0.019
Fe ₂ O ₃	1.323	1.236
Ni ₂ O ₃	0.007	0.006
CuO	0.009	0.009
ZnO	0.034	0.031
SrO	0.055	0.051
ZrO ₂	0.001	0.001
Totales	107.035	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes que óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría



Figura 1. Espectro de FRXDE de una mezcla de cemento con polvo de concha de coquina (12%) y ceniza de cola de caballo (36%) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 24 de enero del 2018

ANEXO N° 3: ANÁLISIS 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° 201701023-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : IBAÑEZ CRUZ EDUARDO
DIRECCIÓN : Magdalena Nueva Pasaje Santa Rosa N° 127 Chimbote
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-10-23
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-10-23
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2017-10-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171023-6

RESULTADOS

“RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE 12 % DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO”

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CEMENTO TIPO I	13,50
POLVO CONCHA DE COQUINA	13,27
CENIZAS COLA DE CABALLO	9,96
12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA + 36% CENIZAS COLA DE CABALLO + 52% DE CEMENTO	13,49

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

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

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Octubre 24 del 2017.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.E.P. 26
COLECBI S.A.C.

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

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

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

ANEXO N°4: ENSAYOS DE LABORATORIO USP



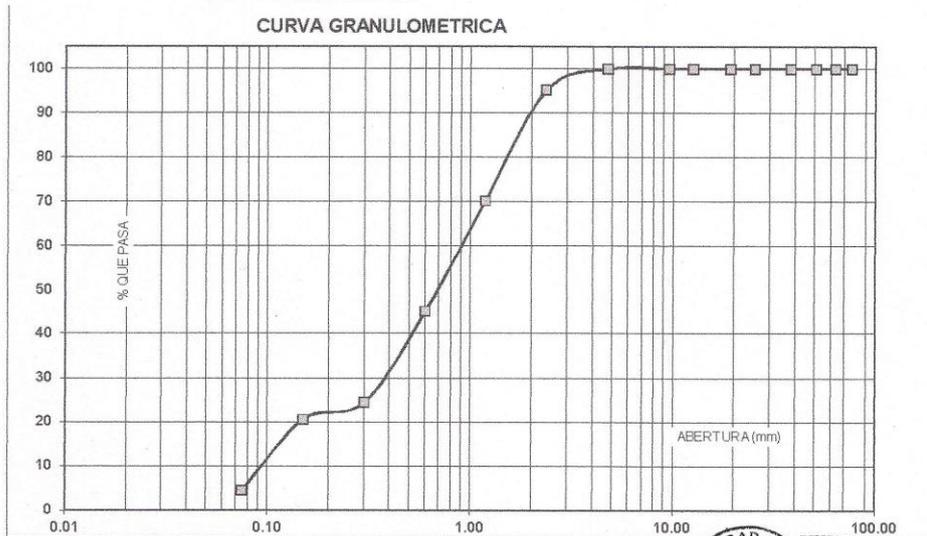
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12%
 DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 02/02/2018

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
N°8	2.36	33.00	4.8	4.8	95.2
N° 16	1.18	171.88	25.0	29.8	70.2
N° 30	0.60	171.88	25.0	54.8	45.2
N°60	0.30	141.63	20.6	75.4	24.6
N° 100	0.15	27.50	4.0	79.4	20.6
N° 200	0.08	110.00	16.0	95.4	4.6
PLATO	ASTM C-117-04	31.63	4.6	100.0	0.0
TOTAL		687.5	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.44

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos	Arena			Finos
Limo y Arcilla	Fina	Media	Gruesa	Finos



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



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

COLIDITA : DAVIL IDAÑE GRUC DARLYTH EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12%
DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCAASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA CRUERA
FECHA : 02/02/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	9061.7	1080.1
TARA + SUELO SECO (gr)	9058.9	1076.1
PESO DEL AGUA (gr)	4.8	5.0
PESO DE LA TARA (gr)	208.1	291.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	850.5	875.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.58	0.57
PROC. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.57	



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



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 10%
 DE POLVO DE CONCHA DE COGUNA Y 10% DE CENizas DE COLA DE CABALLO
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA ANA-SH
 CANTERA : VEDQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 03/02/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (m ₁)	g	300.00	300.00
B	Peso de agua + agua	g	654.40	654.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	954.40	954.40
D	Peso de agua + agua + material	g	845.20	845.20
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C+D)	cm ³	109.20	109.20
F	Peso de material seco en estado	g	297.30	297.30
G	Volumen de masa (E-A/F)		108.50	108.50
H	P.e. Bulk (Base Seca)	P/E	2.723	2.723
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.747	2.747
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.792	2.792
K	Absorción (%) (G-A/KandB)		0.81	0.81

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.723
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.747
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.792
 Absorción (%) : 0.81

 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Ibañez Reyes
 JEPH



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
(ASTM C29 / C198 - 09)

SOLICITA : BACH. IBÁÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
TESES : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12%
DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 38% DE CENZAS DE COLA DE GABALLO
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCAZH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7850	7900	7900
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4524	4574	4574
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1623	1641	1641
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1635		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1625		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8250	8250	8300
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4924	4924	4974
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1766	1766	1784
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1772		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1762		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañes Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

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

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

SOLICITA : BACH: IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12%
DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.84	11.84	10.16	16.54
11.93			
12.06			
11.53			

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



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



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

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

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

SOLICITA : BACH: IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12%
DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.69

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.00	11.86	10.16	16.68
11.82			
11.70			
11.90			

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



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



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

[Frasco de Le Chaletoir]

[Según ASTM C 188, AASHTO T 155 y MTC E 610-2000]

SOLICITA : BACH IBAÑEZ CRUZ EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12% DE POLVO
DE CONCHA DE COQUINA Y 38% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : CENIZA DE COLA DE CABALLO
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	23.40	23.40
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.60	64.60
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	23.20	23.20
PESO ESPECIFICO		2.759	2.759
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	2.759	


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



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

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

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH IBAÑEZ CRUZ EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12% DE POLVO
DE CONCHA DE COQUINA Y 38% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : POLVO DE COQUINA
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.28	0.28
LECTURA FINAL	(ml)	21.52	21.52
PESO DE MUESTRA	(g)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.32	21.32
PESO ESPECIFICO		3.000	3.000
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	3.002	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Rojas
CIP 10000



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

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

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : BACH IBAÑEZ CRUZ EDUARDO
TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA CONBINACION DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : CEMENTO 52% + POLVO DE COQUINA 12% Y 36% CENIZAS DE COLA DE CABALLO
FECHA : 07/02/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.20	0.20
LECTURA FINAL	(ml)	20.80	20.80
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.60	20.60
PESO ESPECIFICO		3.107	3.107
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.107	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

**ANEXO N°5: ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
MORTERO PATRÓN Y EXPERIMENTAL**



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
Obra : IBÁÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
Ubicación : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
Asunto : UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
Expediente N° : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Recibo N° : 17-3619
Fecha de emisión : 34228
Fecha de emisión : 02/11/2017

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
 Certificado de Calibración CMC-100-2017.
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.
 Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	PATRÓN 3D - 1	30/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,00	25,0	9.031	361
2	PATRÓN 3D - 2	30/10/2017	02/11/2017	5,01	5,01	5,00	25,1	8.827	352
3	PATRÓN 3D - 3	30/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,01	25,0	8.986	359

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. A.A.G.

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.

J.G.A.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio



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"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
Obra : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
Ubicación : UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3619
Recibo N° : 34228
Fecha de emisión : 02/11/2017

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL. Certificado de Calibración CMC-100-2017.
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 334.051.2013. Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	PATRÓN 7D - 1	26/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,00	25,0	11.634	465
2	PATRÓN 7D - 2	26/10/2017	02/11/2017	5,01	5,01	5,00	25,1	11.385	454
3	PATRÓN 7D - 3	26/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,00	25,0	11.530	461

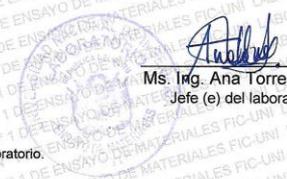
5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho po : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G.

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.

J.G.A.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio



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 : IBÁÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
Obra : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36% DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
Ubicación : UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3619
Recibo N° : 34228
Fecha de emisión : 02/11/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL, Certificado de Calibración CMC-100-2017.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013, Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	PATRÓN 28D - 1	05/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,00	25,0	12.935	517
2	PATRÓN 28D - 2	05/10/2017	02/11/2017	5,00	5,00	5,01	25,0	12.654	506
3	PATRÓN 28D - 3	05/10/2017	02/11/2017	5,02	5,01	5,00	25,2	12.609	501

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. A.A.G.

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 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.

J.G.A.



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"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
Obra : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36 % DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4325
Recibo N° : 58475
Fecha de emisión : 18/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	EXP. 3D - 1	15/12/2017	18/12/2017	25.0	2,413	97
2	EXP. 3D - 2	15/12/2017	18/12/2017	25.1	2,411	96
3	EXP. 3D - 3	15/12/2017	18/12/2017	25.1	2,404	96

5.0. 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. E.G.V.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 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.



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"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
Obra : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36 % DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4325
Recibo N° : 58475
Fecha de emisión : 18/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	EXP. 7D - 1	11/12/2017	18/12/2017	25.0	3,426	137
2	EXP. 7D - 2	11/12/2017	18/12/2017	25.0	3,420	137
3	EXP. 7D - 3	11/12/2017	18/12/2017	25.0	3,551	142

5.0. 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. E.G.V.



Ana Torre Carrillo
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 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"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : IBAÑEZ CRUZ DARLYN EDUARDO
 : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE 12% DE POLVO DE CONCHA DE COQUINA Y 36 % DE CENIZAS DE COLA DE CABALLO

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4325
Recibo N° : 58475
Fecha de emisión : 18/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	EXP. 28D - 1	20/11/2017	18/12/2017	25.0	5,243	210
2	EXP. 28D - 2	20/11/2017	18/12/2017	25.2	5,064	201
3	EXP. 28D - 3	20/11/2017	18/12/2017	25.0	5,349	214

5.0. 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. E.G.V.


 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 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



ANEXO N°6: RESULTADOS DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_PATR_RE	,260	3	.	,958	3	,606
T_EXP_RE_48	,231	3	.	,981	3	,733

Factores inter-sujetos

		Etiqueta del valor	N
	1	PATRÓN 0%	3
SUSTITUCIÓN	2	EXPERIMENTAL_48%	3
	1	3 DÍAS	3
	2	7 DÍAS	3
DÍAS_CURADO	3	28 DÍAS	3

Prueba T

Estadísticas de grupo					
	SUSTITUCIÓN	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
RESISTENCIA	T0%	3	441,7767	76,97032	44,43883
	T48%_CC_PC	3	147,7767	56,55262	32,65067

Análisis de varianza

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: RESISTENCIA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	146965,217	3	48988,406	104,896	,009
Intersección	521359,699	1	521359,699	1116,355	,001
SUSTITUCIÓN	129654,000	1	129654,000	277,620	,004
DÍAS_CURADO	17311,217	2	8655,609	18,534	,051
Error	934,039	2	467,019		
Total	669258,956	6			
Total corregida	147899,256	5			

ANEXO N°7: PANEL FOTOGRÁFICO

Recolección de muestra cola de caballo

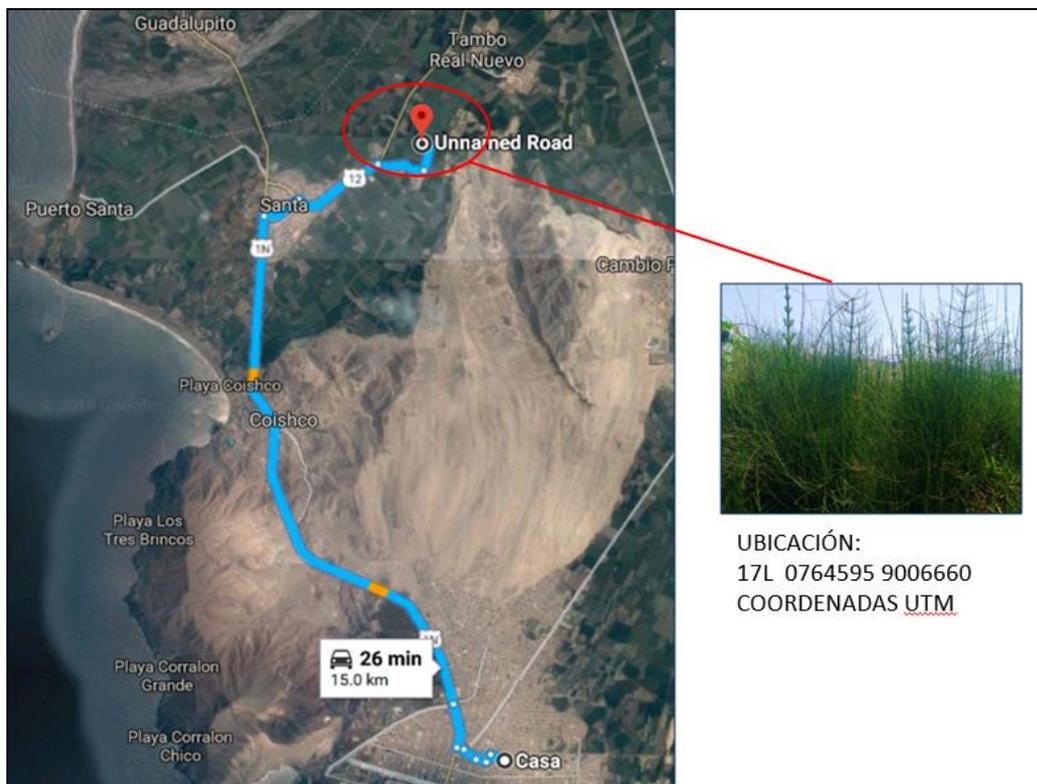


FOTO N°1: Ubicación de la muestra a usar en la localidad de Santa



FOTO N°2: Recolección de la muestra a usar en la localidad de Santa



FOTO N°3: Secado de la muestra



FOTO N°4: Muestra, molida y tamizada por la malla N° 200 para realizar el ensayo análisis térmico diferencial.



FOTO N° 5: Lavado y secado de cola de caballo bajo sombra.



FOTO N° 6: Prequemado de cola de caballo



FOTO N° 7: Retirado de la mufla después de la calcinación



FOTO N° 8: Muestra seca, prequemado y ceniza activada.



FOTO N° 9: Activación mecánica del material activado

Extracción de la coquina



FOTO N° 10: Extracción de la muestra a utilizar del mercado de peces “La Sirena”



FOTO N° 11: Lavado del material coquina



FOTO N° 12: Muestra, molida y tamizada por la malla N° 200 para realizar el ensayo análisis térmico diferencial.



FOTO N° 13: retirado de la mufla después de calcinar la muestra coquina



FOTO N° 14: activación mecánica del material activado

Recolección de agregado– cantera “vesique”



FOTO N° 15: recolección de la arena



FOTO N° 16: gradación de la arena



FOTO N° 17: Ensayo calidad de la arena



FOTO N° 18: Ensayo calidad de la arena



FOTO N° 19: Ensayo calidad de la arena



FOTO N° 20: Ensayo de peso específico



FOTO N° 21: Cuarteo de la arena para elaboración de morteros



FOTO N° 22: Cuarteo del material aglomerante para elaboración de morteros



FOTO N° 23: Elaboración de los especímenes mortero patrón y experimental.



FOTO N° 24: Realización de la fluidez del mortero patrón y experimental.



FOTO N° 25: Desencofrado de los especímenes de mortero.



FOTO N° 26: Pesos de especímenes de mortero patrón antes de ensayar.

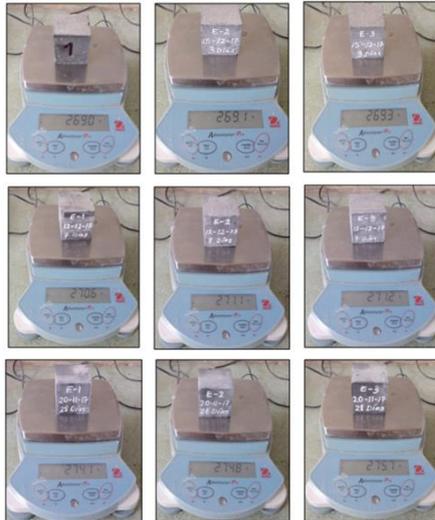


FOTO N° 27: Pesos de especímenes de mortero experimental antes de ensayar.



FOTO N° 28: Visita al laboratorio de ensayo de materiales de la UNI.



FOTO N° 29: Realización de ensayo de compresión en la Universidad Nacional de Ingeniería.