

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia mecánica y conductividad térmica de una pasta, en
la cual el cemento ha sido sustituido en 50% por arcilla y
polvo de cáscara de arroz**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Santa Gadea Ignacio, Alessandra Lucero

Asesor

Solar Jara, Miguel Ángel

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVES

Tema	Resistencia mecánica y conductividad térmica de pastas
Especialidad	Tecnología de los materiales

KEYWORDS

Theme	Mechanical resistance and thermal conductivity of pastes
Specialty	Material technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

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

Resistencia mecánica y conductividad térmica de una pasta, en la cual el cemento ha sido sustituido en 50% por arcilla y polvo de cáscara de arroz

Resumen

El presente proyecto tuvo por objetivo evaluar la resistencia mecánica y la conductividad térmica de una pasta, donde se sustituyó al cemento en un 50% por (40% - 45% de arcilla y 10% -5% de polvo de cáscara de arroz).

La metodología de la presente investigación fue experimental , consistió primero en seleccionar la arcilla para activarla térmicamente y la cáscara de arroz para activarla mecánicamente en polvo y de esta manera se sustituyó al cemento en un 50%, luego se diseñó muestras de pastas, que se curaron por 28 días y posteriormente se calcinaron generando un material poroso de baja conductividad térmica que ayudo a aumentarel aislamiento térmico y se mantuvo la resistencia mecánica, para tal objetivo se realizó una serie de ensayos: ensayo de fluorescencia de la arcilla activada térmicamente y el polvo de cáscara de arroz, ensayo de resistencia mecánica y el ensayo para medir la Conductividad térmica .

Los resultados encontrados fueron que la resistencia a la compresión del experimental 1 (50%C/45%AH-5%PCA) disminuyó en un 15.02% con respecto al patrón y del experimental 2(50%C/40%AH-10%PCA) se redujo en 56.92% con respecto al patrón y la conductividad térmica del experimental 1 disminuyó en 84.17% con respecto al patrón y del experimental 2 se redujo en 89.21% con respecto al patrón. Obteniendo así un material con baja conductividad térmica y aceptable resistencia mecánica.

Abstract

The objective of this project was to evaluate the mechanical strength and thermal conductivity of a paste, where the cement was replaced by 50% by (40% - 45% clay and 10% -5% rice husk powder).

The methodology of the present investigation was experimental, it consisted first of selecting the clay to activate it thermally and the rice husk to activate it mechanically in powder and in this way the cement was replaced in a 50%, then samples of pastes were designed, which They were cured for 28 days and subsequently calcined generating a porous material with low thermal conductivity that helped to increase thermal insulation and mechanical resistance was maintained, for this purpose a series of tests were carried out: fluorescence test of the thermally activated clay and the rice husk powder, mechanical strength test and the test to measure the thermal conductivity.

The results were that the compression resistance of experimental 1 (50% C / 45% AH-5% PCA) decreased by 15.02% with respect to the standard and experimental 2 (50% C / 40% AH-10% PCA) was reduced by 56.92% with respect to the standard and thermal conductivity of experimental 1 decreased by 84.17% with respect to the standard and experimental 2 decreased by 89.21% with respect to the standard. Obtaining thus a material with low thermal conductivity and acceptable mechanical resistance.

INDICE

PALABRAS CLAVES	i
Título.....	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.METODOLOGÍA DEL TRABAJO	22
III. RESULTADOS.....	33
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	46
V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
VI. AGRADECIMIENTO	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
VIII. APENDICE Y ANEXOS.....	55

Lista de Tablas

Tabla 1. Algunos Valores de Conductividad térmica	06
Tabla 2. Porosidad	07
Tabla 3. Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho w	12
Tabla 4. Composición química de la cáscara de arroz	13
Tabla 5. Comparación de la conductividad térmica de la cascarilla de arroz y algunos aislantes	15
Tabla 6. Tipos de cemento hidráulico, ASTM C 150	16
Tabla 7. REQUISITOS PARA AGUA DE MEZCLA-NTP 339.088	17
Tabla 8. Variables Dependientes	20
Tabla 9. Variable Independiente	20
Tabla 10. DISEÑO DE BLOQUE COMPLETO AL AZAR	23
Tabla 11. Técnica y instrumento	24
Tabla 12. Tipo de arcilla según límites de Atterberg y diagrama holtz y kovacs	33
Tabla 13. Tamaño de partícula de Cáscara de arroz	35
Tabla 14. Composición Química de la arcilla de Huandoval-Pallasca.	35
Tabla 15. Composición Química del Polvo de cáscara de arroz	36
Tabla 16. pH de los componentes activos de la pasta.	36
Tabla 17: Componentes, relación agua/sólido	37
Tabla 18: Ensayo de conductividad térmica de las pastas patrones	37
Tabla 19: Ensayo de conductividad térmica de las pastas experimentales 1:50% (45%AH-5%PCA)	38
Tabla 20: Ensayo de conductividad térmica de las pastas experimentales 2:50% (40%AH-10%PCA)	38
Tabla 21: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas patrones	39
Tabla 22: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas experimentales 1:50% (45%AH-5%PCA)	40
Tabla 23: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas patrones experimentales 2:50% (40%AH-10%PCA)	40
Tabla 24: Conductividad de las pastas con sustitución de cemento por una mezcla de porcentaje de Arcilla y un porcentaje de polvo de cáscara de arroz.	41

Tabla 25:Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de conductividad de las pastas con sustitución del cemento por un por una mezcla de un porcentaje de arcilla y polvo de cáscara de arroz	42
Tabla 26:Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la conductividad media de las pastas con sustitución	42
Tabla 27:Resistencia de las pastas con sustitución de cemento por una mezcla de porcentaje de Arcilla y un porcentaje de polvo de cáscara de arroz.	43
Tabla 28:Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias de las pasta con sustitución del cemento por un por una mezcla de un porcentaje de arcilla y polvo de cáscara de arroz	44
Tabla 29:Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la resistencia media de las pasta con sustitución de cemento por una mezcla de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz es diferente	44

Lista de figuras

Figura 1. Estructura de (a) Un poro abierto, (b) Un poro cerrado	06
Figura 2. Gráfico de plasticidad	09
Figura 3. Apariencia de la cáscara de Arroz	11
Figura 4. Equipo C-Therm	31
Figura 5. Mufla para la calcinación de pastas	31
Figura 6. MÁQUINA DE TRACCIÓN ZWICK ROELL Z010	32
Figura 7. Ubicación de los Límites de Atterberg en el diagrama de Holtz y Kovacs	33
Figura 8. Análisis Termo Gravimétrico de la arcilla de Huandoval con los correspondientes picos de pérdida de masa	34
Figura 9. Análisis Calorimétrico de la arcilla de Huandoval con los correspondientes picos de cambio de fase.	34
Figura 10. Comparación de Conductividad térmica	39
Figura 11. Comparación de resistencia a la compresión	41

I.INTRODUCCIÓN

Los antecedentes utilizados para esta investigación, son los siguientes:

Cabello (2016). En su tesis tienen como objetivo evaluar la resistencia térmica y mecánica de un mortero, donde se sustituyó en 30% al cemento por la combinación de arcilla y polvo de cáscara de arroz. La metodología utilizada fue primero activar térmicamente la arcilla y mecánicamente la cáscara de arroz en polvo, luego se realizó los morteros para luego calcinarlas y proceder a ensayarlas. Se concluyó que para activar la arcilla de cusca se tiene que tomar la temperatura promedio del rango notorio de la pérdida de masa que es a 550° C, en un tiempo 1 ½ hora, la relación agua/cemento vario en un 29.41% del experimental con respecto del patrón para alcanzar la fluidez según norma para ambos morteros. La conductividad térmica del patrón disminuyó en un 51,43% con respecto al experimental y la resistencia a la compresión redujo en un 65.14 % respecto al patrón.

Cadena y Bula (2002). Propone desarrollar nuevos materiales para aislamientos térmicos a partir de cascarilla de arroz y fibras vegetales, para la cuantificación de su capacidad conductiva de calor, lo cual ha puesto en evidencia su potencial aislante. La investigación llego a la conclusión, que la composición de aglomerados que obtuvo menor coeficiente conductivo (0.0653 W/mK), fue el de cascarilla de arroz, almidón de yuca a partir de raíces sin procesar, fibra de banano y fique; su conformado se llevó a cabo sin la aplicación de presión, lo cual puede significar una mayor presencia de porosidades que en los demás materiales totalmente naturales. Las mejores condiciones se encontraron con 30 min de tiempo de activación.

Chackchouk, Samet y Mnif (2006). Muestran arcillas de Túnez de diferentes lugares se calcinan a 600, 700 y 800 ° C. Se estudian las propiedades físicas de ambas muestras no tratadas y calcinados geotécnico, y químicos. El calcinado arcillas mezcladas con cal y agua fueron arrojados en mini- cilindro moldes (20 mm de diámetro y 40 mm de altura), des moldear después de 7 días y luego se cura en agua a 20 ° C durante 28 días (Gniewek, 1987). La investigación llego a la conclusión que La actividad puzolánica de las arcillas calcinadas evaluados por ensayos de resistencia de compresión aplicadas en mini-cilindros confirma que las muestras que son ricas en caolinita presente la mejor actividad puzolánica mientras que las muestras que contiene illita y montmorillonite y un alto contenido de

minerales no arcillosos tales como cuarzo y calcita presentar una actividad puzolánica débil.

Santa Gadea (2016). En su tesis tiene como objetivo obtener una pasta de cemento-arcilla de baja conductividad térmica, sustituyendo en 5% la arcilla por polvo de cáscara de arroz. La metodología utilizada fue primero activar térmicamente la arcilla y mecánicamente la cáscara de arroz en polvo, luego se realizó las pastas para luego calcinarlas y proceder a ensayarlas. Se concluyó que para activar la arcilla de Huandoval se tiene que tomar la temperatura promedio del rango notorio de la pérdida de masa que es a 600° C, en un tiempo 1½ hora. Se calcino las pastas a una temperatura de 400°C y 30 min para la conformación del material poroso.

Taylor, S.C., Lamon, E.L., Riding, K.A. & Juenger, M.C.(2015). En un esfuerzo para limitar el impacto ambiental de los materiales de concreto, hay un creciente interés en el desarrollo y el uso de una gama más amplia de minerales como materiales cementicios suplementarios aceptables. El uso combinado de las técnicas de análisis termogravimétrico (TGA) difracción de rayos x (XRD) y demostró ser útil para medir inicialmente contenido amorfo post-calcinación, dando información sobre la relación entre la temperatura de calcinación y reactividad puzolánica. La Calcinación de las arcillas usadas fueron de 650 ° C, 830 ° C y 930 ° C por 1 hora. Los resultados demostraron que para las arcillas calcinadas mezclados, ya que el contenido amorfo aumenta, el SCM consumió más portlandita y la resistencia a la compresión de morteros de cemento-SCM aumentó. Las mezclas de arcillas de caolinita- bentonita, que contiene inicialmente 35% Caolinita cristalina antes de la calcinación, tuvieron un crecimiento más o menos 10% de resistencia a la compresión sobre muestras que contenían 100 en peso%. De cemento, a los 90 días. SCM caolinita combinadas pueden ofrecer ventajas significativas como un material alternativo aglutinante o de cemento de reemplazo de bajo costo, con la capacidad de mantener o mejorar la resistencia mecánica.

La justificación para la realización de esta investigación, es la siguiente:

En este presente proyecto de investigación se pretende evaluar la resistencia mecánica y conductividad térmica de pastas mediante la sustitución del cemento por polvo de cáscara de arroz y arcilla activada, que tienen potencial uso de propiedades térmicamente aislantes y a la vez son alternativas de sustitución económicamente viable y no contaminante en su proceso de producción.

Con este proyecto consiste en diseñar nuevas pastas, si da resultado favorable obtendremos un material con aislamiento térmico que podrá satisfacer principalmente a las zonas que sufren de bajas temperaturas como es el friaje, ya que gracias a ello les daremos la posibilidad de construir sus viviendas con materiales económicos y que les permite mejorar las condiciones de temperatura interior buscando alcanzar el confort térmico para sus ocupantes, y a la vez viviendas resistentes mecánicamente gracias a la arcilla.

Cabe indicar que este aporte llegaría a ser muy importante ya que si se llega a cumplir los objetivos estaríamos encontrando materiales de baja conductividad térmica, y a la vez mantener la resistencia mecánica.

Mediante la presente investigación, se busca analizar como la calcinación de las pastas influyen en el proceso para la obtención de un material poroso de baja conductividad térmica y que a la vez que no afecte a la resistencia mecánica de la pasta.

La problemática encontrada para la realización de esta investigación, fue la siguiente: Una de los principales problemas que enfrentan las zonas andinas del Perú son las temperaturas bajas combinado con el efecto de viento dan la sensación de frío extremo, ante este cambio climático y teniendo materiales con propiedades térmicamente aislantes como es la Cáscara de Arroz y arcilla como material cementante que tienen los óxidos principales que tiene el cemento (Calcio, Silicio y Aluminio). Por ello, se plantea sustituir al cemento en un 50% (40%-45% arcilla activada y 10%-5% polvo de cáscara de arroz).

Lo que motiva para la realización de esta investigación es encontrar un material térmicamente aislante como sustituto al cemento que sea de fácil adquisición y bajo costo en su producción.

Al analizar la problemática que existe en nuestro departamento de Ancash con referencia a sus temperaturas bajas y no realizarse investigaciones ni inversiones para contrarrestar este fenómeno, se llegó a la conclusión de plantear el problema con lo que respecta en encontrar sustitutos con propiedades térmicas al diseño convencional de pastas.

Por lo cual en esta investigación se pretende innovar un nuevo diseño para encontrar un material poroso por medio de la calcinación de dichas pastas, para de esta manera se tenga una baja conductividad térmica y funcione como un aislante térmico. Es por ello que planteamos el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida la sustitución del cemento en 50% (5%-10% de polvo de cáscara de arroz y 45%-40% de arcilla), originaría un material de baja conductividad térmica y aceptable resistencia mecánica?

Después de haber identificado la problemática, se procedió a la operacionalización y conceptualización de variables.

Material aislante: la porosidad

Rougeron (1997) afirma que “el objetivo de una aislación térmica es impedir en alguna medida la transferencia de calor desde o hacia el cuerpo aislado”.

Los materiales de aislación térmica aprovechan en general el hecho de que el aire es un excelente aislante. Por esta razón, la gran mayoría de los materiales usados como aislantes son porosos, manteniendo el aire atrapado en su interior.

Por esta razón el coeficiente de conductividad térmica será en general, tanto más pequeño como sea su masa por unidad de volumen (Densidad).

Bajo el nombre de materiales aislantes se agrupan productos que cumplen muchas funciones, cuya principal característica física es su baja conductividad térmica.

Están caracterizados por un coeficiente de conductividad (k), lo más bajo posible.

Objetivos de los aislantes térmicos:

- ✓ Minimizar las pérdidas de energía por transferencia de calor hacia o desde el ambiente
- ✓ Reducción de las pérdidas energéticas
- ✓ Reducción de la contaminación ambiental

Características de los aislantes térmicos

Rougeron (1997) afirma que el papel esencial de un material aislante, evidentemente, es cumplir su función. Un aislante térmico deberá ofrecer una buena resistencia a la transmisión del calor.

- ✓ Baja conductividad calorífica. (Ej.: materiales con burbujas de aire)
- ✓ Ligero, no recargar el peso de las instalaciones

Conductividad térmica

NCh 853, (2007) define conductividad térmica como la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogénea de extensión infinita. Se expresa en $W/(m.K)$.

Limone (2012) afirman que los materiales aislantes se caracterizan por una baja conductividad térmica.

Tabla 1: Algunos Valores de Conductividad térmica

MATERIAL	K(W/ mK)
Gases	0.007-0.17
Aislantes	0.03-0.2
Líquidos no Metálicos	0.08-0.7
Sólidos no Metálicos	0.03-2.6
Metales Líquidos	8.0-78.0
Aleaciones	13.0-120.0
Metales Puros	52.0-415.0
Aceros	40-70

Fuente: Sarmiento,P.(2007). *Energía Solar en Arquitectura y Construcción* (p.77). Santiago: RIL Editores.

Porosidad

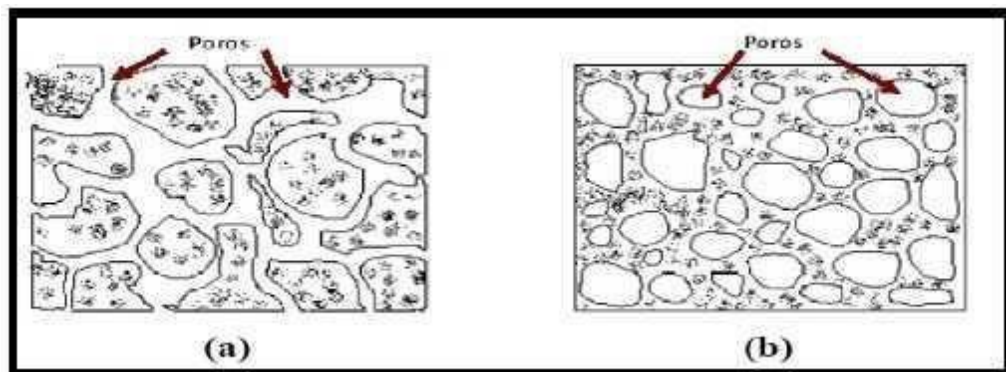


Figura 1. Estructura de (a) Un poro abierto, (b) Un poro cerrado

Fuente: Gregg, S.J., and K. S. W. Sing. London Adsorption, Surface Area and Porosity. Academic Press, 1982.

Gregg & Sing. (1982) Una característica de mucho interés en los poros es el ancho de ellos, por ejemplo: el diámetro de un poro cilíndrico o la distancia entre los lados de un poro en forma de rendija. Una clasificación conveniente de los poros de acuerdo a su ancho promedio fue propuesta originalmente por Dubinin y ahora adaptada por la IUPAC. Esta clasificación se muestra en la tabla 2.

Carrillo (2013) afirma que cuando la temperatura llega a 600°C el material se gasifica lo que resulta la destrucción de los poros y en la disminución de su volumen. Se han encontrado las mejores condiciones para contribuir a la formación de la mayor cantidad de mesoporos, se registran a temperaturas que se acercan a 425°C.

Tabla 2: Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho w

	Ancho w
Microporos	Menor que 20 Å (2 nm)
Mesoporos	Entre 20 y 500 Å (2 y 50 nm)
Macroporos	Mayor que 500 Å (50 nm)

Fuente: Gregg, S.J., and K. S. W. Sing. London Adsorption, Surface Area and Porosity. Academic Press, 1982.

Pasta

Herreruela (2014) define una pasta como un producto que se obtiene si se mezcla un conglomerante con agua, utilizado en la construcción, cuando se realizan los acabados finales de la obra, es muy común que se utilicen ciertos tipos de pastas, algunos de los motivos por los cuales se utilizan, son para proteger a los elementos constructivos de la intemperie, recubrir irregularidades y proporcionar una base uniforme a otro recubrimiento o como acabado final.

Arcilla

Laszlo (1990) define la arcilla como una roca sedimentaria consistente en mezclas de distintos minerales, esencialmente silicatos hidratados de aluminio, hierro o magnesio, junto a diversas impurezas, en forma de partículas cristalinas extremadamente pequeñas y en proporciones variables”

Angelone(2007) Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral y natural que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados.

Características:

- ✓ Su masa se expande con el agua.
- ✓ Con la humedad se reblandece y se vuelve plástica.
- ✓ Al secarse su masa se contrae en un 10%
- ✓ Generalmente se le encuentra mezclada con materia orgánica.

- ✓ Adquiere gran dureza al ser sometida a temperaturas mayores a 600°C

Plasticidad

Jiménez & de Justo (1975) afirman que las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg: Límite Líquido y Límite Plástico.

Andrade, Al-Quereshi & Hotza (2011) definen la plasticidad es la propiedad excepcional de sistemas de agua- arcillas. Esto es la sustancia de propiedad tiene cuando deformado continuamente bajo una fuerza finita. Cuando la fuerza es quitada o reducida, la forma se mantiene. La composición mineralógica, la distribución de tamaño de partícula, sustancias orgánicas y aditivos pueden afectar la plasticidad de arcillas.

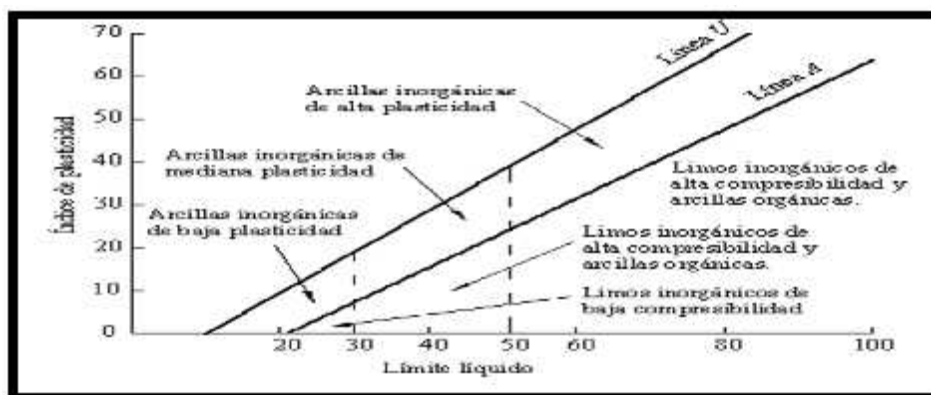


Figura 2. Gráfico de plasticidad

Fuente: Casagrande, A., 1932. Research on the Atterberg limits of soils. Public Roads, 13:121-136.

Puzolanas

NTP 334.090(2013) afirma que es un material silíceo o silíceo y aluminoso, que por sí mismo puede tener poco o ningún valor cementicio pero que, finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, a temperaturas comunes, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias.

Puzolanas artificiales

ASTM. C618 (2015) afirman que los materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno, el formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolánico por sometimiento a procesos térmicos “ex profeso”, y otro el constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales, que, en virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolanas.

ASTM Standard C618 (citado por Chackchouk et al., 2006), especificando los criterios de actividad puzolana de aditivos minerales, requiere de arcilla calcinada tener una sílice total de alúmina y el contenido de óxido de hierro mayor que 70%, dióxido de azufre de menos de 4% y la pérdida por calcinación de menos de 10%. En relación a estos criterios, Norma de la India, especifica que, para una buena puzolana, el contenido de CaO no debe exceder de 10% y el contenido de SiO₂ y Al₂O₃ total debe ser mayor que 50% Varsliney(citado por Chackchouk et al., 2006).

Cáscara de arroz

Chur (2010) afirma que la cáscara de arroz constituye un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho (por término medio, por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de corteza o cascarilla).

Cadena & Bula (2002). Es una fibra corta que recubre naturalmente el grano para protegerlo del ambiente. Su longitud varía entre 5 y 11 mm según la especie considerada, es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular. Tiene propiedades altamente abrasivas, 6 en la escala Mohs en estado natural.



Figura 3. Apariencia de la cáscara de Arroz

Fuente: Cadena, C.G. & Bula, A.J. Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales., Ingeniería & Desarrollo, 2002.

Propiedades de la cáscara de arroz:

La cáscara del arroz ha demostrado tener la potencialidad máxima por las siguientes razones:

- ✓ Es disponible en grandes cantidades en varias partes del mundo
- ✓ Cuando es quemada produce bastante ceniza (una tonelada por cinco de cáscara).
- ✓ Típicamente contiene un 90 por ciento de sílice que hace que sea una excelente puzolana.

La composición química promedio de la cáscara de arroz se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 3: Composición química de la cáscara de arroz

Componente	Fórmula	Composición
Celulosa: Polímero de glucosa	$C_5H_{10}O_5$	50%
Lignina: Polímero de fenol	$C_7H_{10}O_3$	20%
20% Sílice: Componente primario de ceniza	SiO_2	30%

Fuente: Metha P.K.

Porosidad

Cadena & Bula (2002) afirma que la estructura de la cáscara de arroz, presenta un volumen poroso del 54%, cavidades que permanecerán cerradas en tanto no se someta a un proceso de combustión, su coeficiente de conductividad.

Conductividad térmica de la cáscara de arroz

La cáscara posee una buena capacidad aislante. La conductividad térmica (K) es comparable con la del corcho granulado y con la de la lana mineral que es de 0.0360

W/mK, gracias a esta propiedad, la cáscara de arroz puede ser tenida en cuenta para la elaboración de materiales aislantes Quiceno & Mosquera (2010).

Tabla 4: Comparación de la conductividad térmica de la cascarilla de arroz y algunos aislantes comerciales

MATERIAL	K(W/mK)
Lana mineral	0.0303
Poliestireno expandido	0.0330
Cascarilla de arroz	0.0360
Corcho aglomerado	0.0450

Fuente: Quiceno, D. & Mosquera, M. (2010)

Cemento

Portland Cement Association, PCA (2002) sostienen que los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos se fraguan y se endurecen por la reacción química con el agua. Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una masa similar a una piedra, llamada pasta. Cuando se adiciona la pasta (cemento y agua) a los agregados (arena y grava, piedra triturada, piedra machacada, pedrejón u otro material

granular), la pasta actúa como un adhesivo y une los agregados para formar el concreto, el material de construcción más versátil y más usado en el mundo.

El cemento Portland se fabrica a partir de materiales calizos, por lo general piedra caliza, junto con arcillas, pizarras o escorias de altos hornos que contienen óxido de aluminio y óxido de silicio, en proporciones aproximadas de un 60% de cal, 19% de óxido de silicio, 8% de óxido de aluminio, 5% de hierro, 5% de óxido de magnesio y 3% de trióxido de azufre.

Características físicas

Norma ASTM.C150 (2007). Especificación estándar para el cemento portland: Define que las propiedades físicas de cemento son útiles para evaluar y controlar la calidad del cemento, estos ensayos no pueden ser considerados para interpretar la calidad del hormigón pese a que los mismos van de la mano; dichos ensayos presentan límites indicados en las distintas normativas y son distintos dependiendo el tipo de cemento a ser utilizado; entre las principales propiedades físicas tenemos:

- ✓ **Finura y tamaño de las partículas:** Finura superficie específica Blaine 360 m²/kg.
- ✓ **Contenido de aire:** 9.0%
- ✓ **Estabilidad de volumen:** Expansión de autoclave 0.2%
- ✓ **Densidad:** La densidad del cemento portland recién fabricado tiene un valor de 3.10

- ✓ **Contenido de partículas %:** Mayores a 10 μm 48; entre 10 y 45 μm 46 y mayores a 45 μm

Características químicas

Norma ASTM. C150 (2007). Especificación estándar para el cemento portland: Define que la composición química del cemento, en base a un buen CLINKERS bien quemado, produce la siguiente composición:

- ✓ **Silicato Tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$:** Composición del 36.0 %, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
- ✓ **Silicato Dicálcico $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$:** Composición del 33.0%, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
- ✓ **Aluminato Tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$:** Composición del 21.0 %, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.
- ✓ **Componentes menores:** Oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio 10 %.

Tabla 5: Compuestos químicos del Clinker del cemento portland, ASTM C 150

Designación	Fórmula	Porcentaje
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	30% a 50%
Aluminato Tricálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	4% a 12%
Ferro aluminato Tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	8% a 13%
Cal libre	CaO MgO	

Fuente:ASTM C150

Propiedades físicas- químicas

American Society for Testing and Materials, ASTM C150 (2007). Especificación estándar para el cemento portland. Define que el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal – sílice.

Tipos de cementos:

Norma Técnica Peruana, NTP. 334.009 (2007). Cementos portland. Requisitos. Está definido que de acuerdo a las normas nacionales ITINTEC, NTP 334.09 y a las internacionales ASTM C-150 los cementos están clasificados:

Tabla 6: Tipos de cemento hidráulico, ASTM C 150

TIPO	DESCRIPCION
I	Normal
IA	Normal con aire incluido
II	Moderada resistencia a los sulfatos
IIA	Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido
III	Alta resistencia inicial
IIIA	Alta resistencia inicial con aire incluido
IV	Bajo calor de hidratación
V	Resistencia a los sulfatos

Fuente: ASTM C150

Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla (Teodoro, 1997).

Tabla 7: REQUISITOS PARA AGUA DE MEZCLA-NTP 339.088

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

Fuente: NTP 339.088

Ensayo de conductividad térmica

C-Therm TCi™(2008) El sensor TCi tiene una superficie sólida diseñada óptimamente para la prueba de fluidos. Cuando se miden sólidos se requiere un agente de contacto, ya que existe alguna resistencia de contacto que puede afectar significativamente los resultados si no se aborda dentro del protocolo de medición. La calidad del contacto y, por lo tanto, las transferencias de calor dependen de muchos parámetros tales como el tipo de material, la calidad de la superficie y la humectabilidad.

El mejor agente de contacto disponible es el agua, ya que tiene una conductividad térmica (0,006 W / mK), baja viscosidad y es fácil de aplicar y limpiar. El agua se puede utilizar en un rango de temperatura limitado, sin embargo, de ~ 5 ° C a ~ 70 ° C. A temperaturas inferiores a 5 ° C y superiores a 70 ° C están disponibles agentes de contacto alternativos. Las calibraciones de sólidos (excepto las espumas) se hacen con agua.

Ensayo de resistencia a la compresión

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

$$F'_c = P/A$$

Dónde:

P = Carga de rotura (Kg)

A = Área de la sección transversal (cm²)

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

Operacionalización de variable

Tabla 8: Variables Dependientes

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia de mecánica de pasta.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta.	Kg/cm²
Conductivida d térmica	Es la propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura. (NBE CT-79)	Cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra.	W/mK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de arcilla y polvo de cáscara de arroz	Es la sustitución del 50% del cemento por polvo de cáscara de arroz y arcilla activada térmicamente	(Polvo de cáscara de arroz 5% y 10%) (Arcilla 45% y 40%)

Fuente: Elaboración propia

La hipótesis de esta investigación fue planteada de la siguiente manera:

La sustitución del cemento en un 50% (40%-45% de arcilla activada y 5%-10% de polvo de cáscara de arroz), originaría un material poroso de baja conductividad térmica y una aceptable resistencia mecánica.

Los objetivos se plantearon de la siguiente manera:

Objetivo general

Determinar la resistencia mecánica y conductividad térmica de una pasta en el cual el cemento ha sido sustituido en 50% (40%-45% de arcilla activada y 5%-10% de polvo de cáscara de arroz).

Objetivos específicos

- ✓ Determinar los límites de Atterberg para medir la plasticidad y trabajabilidad de la Arcilla de Huandoval.
- ✓ Determinar la Temperatura de Calcinación de la Arcilla mediante el Análisis Térmico Diferencial.
- ✓ Activar térmicamente el material de Arcilla (Huandoval) y mecánicamente la cáscara de arroz (Santa).
- ✓ Determinar la composición química de la Arcilla y el polvo de cáscara de arroz mediante el Análisis de Fluorescencia de Rayos X.
- ✓ Determinar el pH de la arcilla, polvo de cáscara de arroz y las mezclas.
- ✓ Determinar la conductividad térmica y resistencia mecánica de las pastas patrones y experimentales.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO




El tipo y diseño de investigación, es la siguiente:

Según el proceso, esta investigación es de tipo Aplicada, porque está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de la sustitución del cemento en un 50% por arcilla y polvo de cáscara de arroz.

En coherencia con el fin de la ciencia se trata de una investigación Explicativa, porque los datos serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

El diseño de esta investigación es experimental del tipo en bloque al azar, porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional de las pastas en comparación con el nuevo diseño elaborado con el remplazo o sustitución de un porcentaje de cemento por polvo de cáscara de arroz y arcilla, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 10: DISEÑO DE BLOQUE COMPLETO AL AZAR

DÍAS DE CURADO	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y RESISTENCIA MECÁNICA DE PASTA CON LA SUSTITUCIÓN DE 50 % DE CEMENTO POR ARCILLA Y POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ		
	0%	45% A-5% Ca.	40% A-10% Ca.
28			

Fuente: Elaboración propia

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de pastas.

La población estará constituida por 18 pastas, 6 pastas para 0% de sustitución, 6 pastas para 40% de arcilla y 10% de polvo de cáscara de arroz, 6 pastas para 40% de arcilla y 10% de polvo de cáscara de arroz.

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

- Arcilla, Huandoval.
- ✓ Cáscara de arroz, Santa.
- ✓ Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”

Tabla 11: Técnica y instrumento

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas del laboratorio de pruebas

Fuente: Elaboración propia

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos, de la resistencia mecánica y conductividad térmica. (ver anexos).

El proceso y análisis de los datos del presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- ✓ Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla para las pastas sustituidas el cemento por polvo de cáscara de arroz y arcilla.
- ✓ Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios para verificar la hipótesis.

La recolección, proceso y análisis de esta investigación fue:

Recolección de la cáscara de arroz de la apiladora “Zavaleta”

Ubicación de la Apiladora: Distrito de Santa-Provincia de Santa -Departamento de Ancash.

Limpieza de cáscara de arroz

Se limpió la cáscara de arroz utilizando una malla, para eliminar todo residuo de impurezas presentes en ellas durante la recolección.

Pulverización de cáscara de arroz

La cáscara de arroz se pulverizó con la ayuda de un batán hasta conseguir un polvo muy fino.

Tamizado del polvo de cáscara de arroz

Una vez pulverizadas la cáscara, se guardaron dentro de bolsas plásticas a fin de evitar la humedad y posteriormente se tamizó por la malla N° 200. Solo se usaron las partículas que pasaron la malla durante el tamizado.

Selección de la zona para realizar la calicata y extraer la arcilla

Datos de la zona:

- ✓ **Ubicación de la Parcela:** Distrito de Huandoval, Provincia de Pallasca y Departamento de Ancash.
- ✓ **Coordenadas:** 8°19'51.28"S–77°58'17.51"O
- ✓ **Elevación:** 3017 m.s.n.m.
- ✓ **Lugar de procedencia y recolección de la Arcilla:** Distrito de Huandoval
- ✓ **Profundidad de Calicata:** 1.50 m. de profundidad.

Lavado de arcilla

- ✓ La arcilla que pasó el tamiz N° 200, fue lavada con agua potable a través de la malla N° 200.
- ✓ Todo el material lavado fue recogido en un balde plástico hasta completar 20 litros.
- ✓ Se pesó el balde con la arcilla ya lavada.

Sedimentación y secado de la arcilla

- ✓ La arcilla lavada en la malla N° 200, fue llevada al laboratorio de Física de la Universidad San Pedro para dar inicio con el proceso de sedimentación.
- ✓ Se agitó la arcilla lavada con una caña para homogenizarla.
- ✓ Se dejó sedimentar por espacio de 1 día, tapado casi en su totalidad para que el aire pueda ingresar libremente.
- ✓ Se retiró el agua a otro balde plástico con ayuda de una jeringa hipodérmica para evitar el contacto directo con la arcilla sedimentada.
- ✓ Llevar la arcilla al horno aproximadamente 24 horas. Cuidando la temperatura del Horno (110°C).

Determinación de límites de Atterberg

Según la norma de ensayo **NTP 339.129**.

- ✓ Límite Líquido.
- ✓ Límite Plástico.
- ✓ Índice de Plasticidad

Ensayo de límite líquido

Procedimiento:

1. La muestra extraída de la Calicata del Distrito de Huandoval, se vaciara en un lugar que permita su fácil trabajo.
2. Se selecciona una parte y se llevar al tamiz N°200 y plato.
3. Vibrarlo manualmente durante 5 minutos.
4. Trabajar solo con el material que pasa el tamiz N° 200.
5. Luego se pesa una cantidad del material que queda en el plato.
6. Colocamos la muestra de 150gr. en la tara y se agrega agua destilada en cantidad necesaria.
7. Mezclamos con una espátula hasta lograr una pasta.
8. Para este ensayo se utilizará el Equipo: Copa de Casagrande.
9. Usar una porción de la pasta y esparcirla con ayuda de la espátula en la Copa de Casagrande.
10. Dividir en dos partes iguales con el ranurador.
11. Se utiliza 3 rangos de golpes para cerrar la pasta que fue dividida anteriormente.
12. **PRIMER RANGO:** Entre 10 y 20 golpes. En nuestro caso, la ranura cerró a los 16 golpes.
13. **SEGUNDO RANGO:** Entre 20 y 30 golpes. En nuestro caso, la ranura cerró a los 23 golpes.
14. **TERCER RANGO:** Entre 30 y 40 golpes. En nuestro caso, la ranura cerró a los 33 golpes.

15. Pesamos las taras y anotamos el peso.
16. Retiramos una porción de la pasta esparcida en la Copa de Casagrande, lo colocamos en la tara y procedemos a pesarlo.
17. Anotamos el peso de la tara + la muestra.

Ensayo de límite plástico

Procedimiento:

1. Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
2. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

Este ensayo se realizó en la UNT con 1 gramo de arcilla lavada y secada para determinar el grado de calcinación en el que se calcinara la arcilla de Huandoval.

ACTIVACIÓN TÉRMICA DE LA ARCILLA DE HUANDOVAL

Se activó la muestra a 600°C por 1 ½ hora en el Laboratorio de Química de la Universidad San Pedro.

ELABORACIÓN DE PASTAS PATRONES Y EXPERIMENTALES

NTP 334.003:1998 CEMENTOS. Procedimiento para la Obtención de Pastas y Morteros de Consistencia Plástica por Mezcla Mecánica.

Procedimiento:

1. Colocar la paleta mezcladora y el recipiente de mezcla secos, en la posición de trabajo, y proceder del modo siguiente:
2. Adicionar el cemento y dejar en reposo 30 segundos, para que absorba el agua.
3. Mezclar a la velocidad lenta (140 ± 5 rpm) durante 30 segundos.
4. Detener la mezcladora por 15 segundos, durante los cuales con la espátula, se retira la pasta que adherida a las paredes, al fondo del recipiente.
5. Mezclar a velocidad rápida (285 ± 10 rpm) durante 60 segundos.

PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES Y CURADO

- ✓ Se comenzó a moldear los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 min y 30 s después de completar la mezcla inicial de la amasada de la pasta
- ✓ Se colocó una capa de pasta de alrededor de 2cm aproximadamente (la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimientos.
- ✓ Se apisono la pasta en cada compartimiento cilíndrico 32 veces en aproximadamente 10 s, siendo justo la suficiente para asegurar el llenado uniforme de los moldes.

- ✓ Cuando el apisonado de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos se ha completo, se llenaron los compartimientos con la pasta restante y luego se apisono como se especificó para la primera capa.
- ✓ Durante el apisonado de la segunda capa, se introdujo al molde, la pasta forzada hacia fuera sobre la parte superior de los moldes después de cada ronda de apisonado con los dedos usando el apisonador hasta completar cada ronda y antes de comenzar la siguiente ronda de apisonamiento.
- ✓ Luego para nivelar la pasta y hacer que la pasta sobresalga por encima de la parte superior del molde de un espesor más uniforme, se pasó el lado plano de la paleta con hoja de acero (con el borde levemente levantado) una vez a lo largo de la longitud del molde.
- ✓ Luego de cada proceso de apisonado se realizó el vibrado manual de la pasta.
- ✓ Luego se dejaron 7 días en los moldes para luego ser desencofrados y curarlos en agua con respecto a sus días de ensayos que son 28 días y realizar el ensayo de compresión y conductividad térmica.
- ✓ Luego para las pastas experimentales, se dejaron 7 días en los moldes para luego ser desencofrados y curarlos en agua con respecto a sus días de ensayos que son 28 días, antes de realizar el ensayo de compresión y conductividad térmica se calcinara a una temperatura de 400°C por un tiempo de 30min.

Para la calcinación de las pastas se utilizó la temperatura de 400°C en un tiempo de 30 min, siguiendo el antecedente de Carrillo (2013)



Figura 4: Mufla para la calcinación de pastas.

Fuente: Laboratorio de Química-Universidad San Pedro

ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para el ensayo de Conductividad Térmica se utilizó un Equipo de C-Therm Tci, que consta de un sensor Tci y una fuente de alimentación Tci, a la vez se usó una pasta conductora que actuara como un agente de contacto ($k=0.006\text{W/mK}$), y un peso de 100gr para que ejerza una cierta fuerza y ayude a un mejor contacto a la muestra con el sensor.

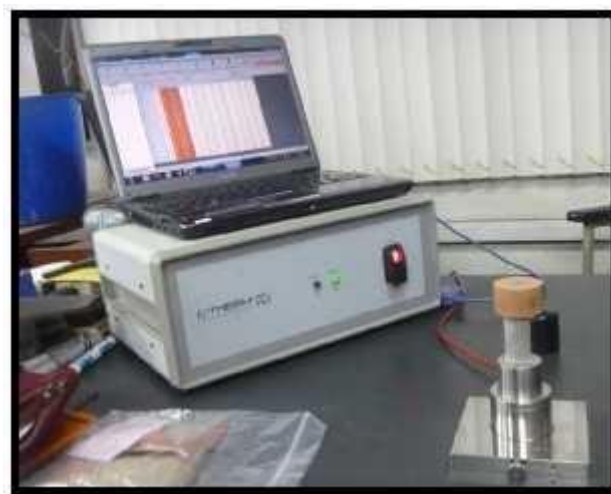


Figura 5: EQUIPO C-THERM

Fuente: Laboratorio de Física-Universidad Nacional de Ingeniería

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó en la MÁQUINA DE TRACCIÓN ZWICK ROELL Z010, en el laboratorio Labicer - Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 6: MÁQUINA DE TRACCIÓN ZWICK ROELL Z010

Fuente: Laboratorio Labicer - Facultad de Ciencias

III. RESULTADOS

LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 12: Tipo de arcilla según límites de Atterberg y diagrama holtz y kovacs

	Límite plástico(%)	Límite líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Tipo de Arcilla según Holtz y Kovacs
Arcilla de Huandoval	27.70	50.08	22.38	Caolinita

Fuente: Laboratorio de Suelos –Universidad San Pedro.

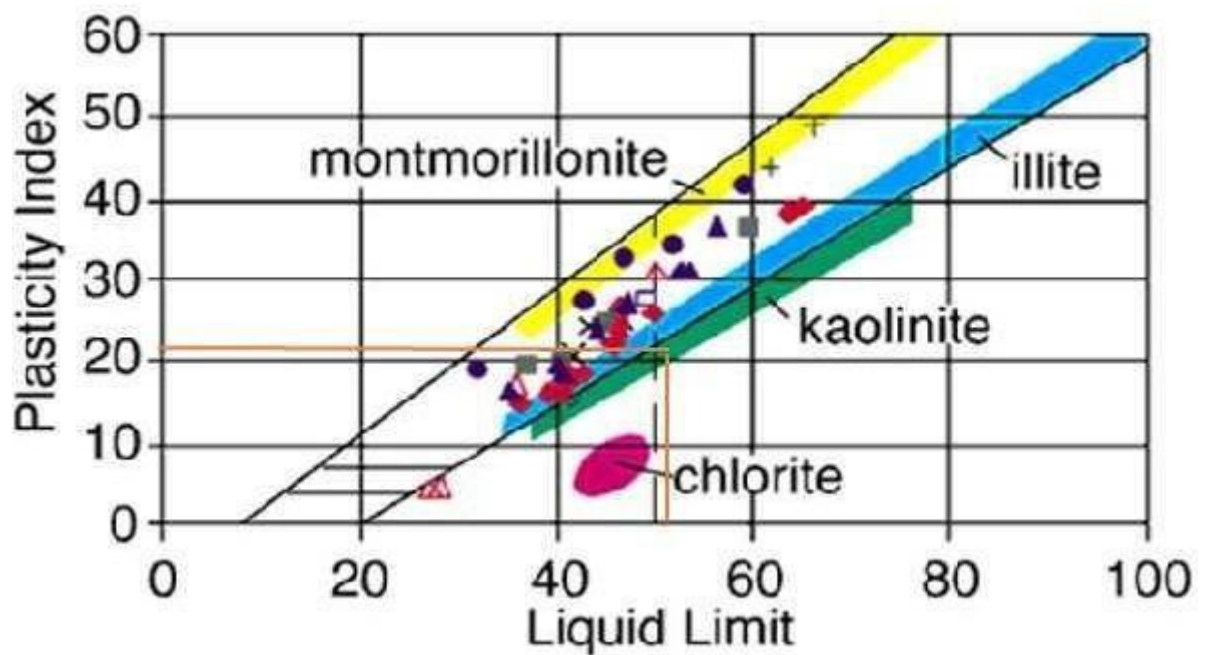


Figura 7. Ubicación de los Límites de Atterberg en el diagrama de Holtz y Kovacs.

Fuente: Diagrama de Holtz y Kovacs

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD).

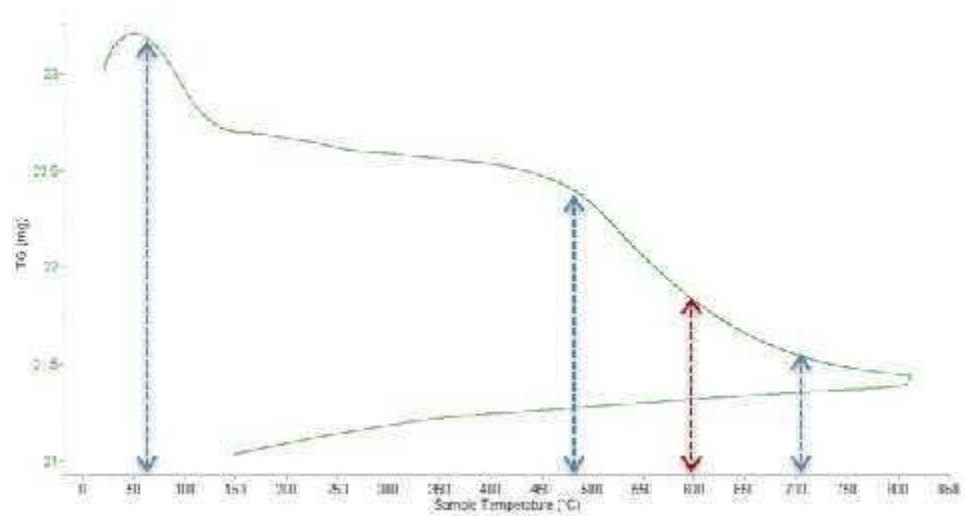


Figura 8. Análisis Termo Gravimétrico de la arcilla de Huandoval con los correspondientes picos de pérdida de masa.

Fuente: Laboratorio de Polímeros-Universidad Nacional de Trujillo

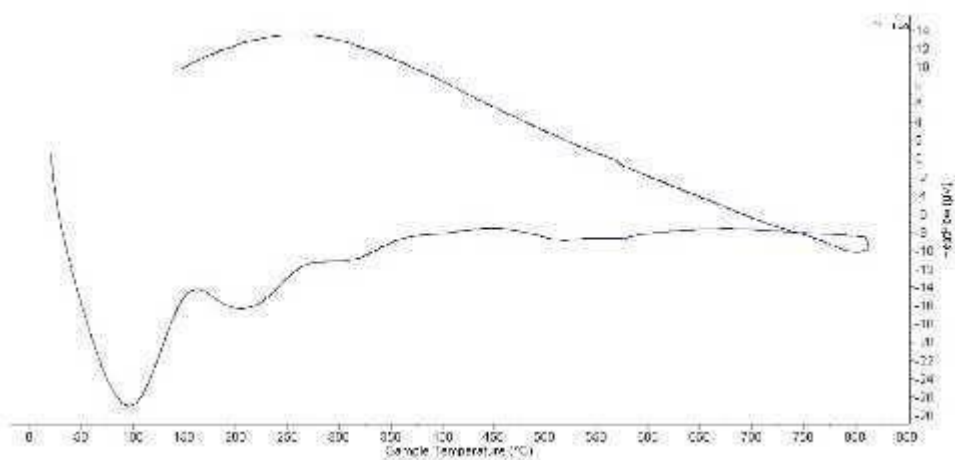


Figura 9. Análisis Calorimétrico de la arcilla de Huandoval con los correspondientes picos de cambio de fase.

Fuente: Laboratorio de Polímeros-Universidad Nacional de Trujillo

De acuerdo al ATD la arcilla se calcino a 600°C y el tiempo de calcinación fue de 1 ½ hora de acuerdo a la referencia de Taylor – Lange et al. (2015).

ACTIVACIÓN MECÁNICA DE LA CÁSCARA DE ARROZ

La cáscara de arroz fue molida y tamizada por un tamiz N° 200

Tabla 13: Tamaño de partícula de Cáscara de arroz

CÁSCARA DE ARROZ ENTERA	1.19mm
POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ	0.076mm

Fuente: Cabello,2016.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Arcilla de Huandoval

Tabla 14: Composición Química de la arcilla de Huandoval-Pallasca.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	53.802
Dióxido de Silicio (SiO_2)	35.256
Oxido de Potasio, (K_2O)	7.568
Trióxido de Hierro , (Fe_2O_3)	1.146
Dióxido de Titanio, (TiO_2)	0.944
Oxido de Calcio, (CaO)	0.929
Pentóxido de Fosforo, (P_2O_5)	0.261
Trióxido de Azufre , (S_3)	0.057
Oxido de Estroncio, (SrO)	0.020
Óxido de Rubidio , (Rb_2O)	0.010
Oxido de Cobre ,(CuO)	0.006

Fuente: Laboratorio LABICER – Universidad Nacional de Ingeniería

Polvo de cáscara de arroz.

Tabla 15: Composición Química del Polvo de cáscara de arroz

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de Calcio(CaO)	72.843
Trióxido de Hierro (F_2O_3)	12.508
Oxido de Magnesio(MgO)	9.887
Trióxido de Azufre (S_3)	2.046
Pentóxido de Fosforo(P_2O_5)	1.977
Oxido de Potasio(K_2O)	0.609
Oxido de Manganeso(MnO)	0.078
Óxido de Zinc(ZnO)	0.026
Oxido de Cobre(CuO)	0.017
Óxido de Cadmio (CdO)	0.005
Trióxido de di Cromo(Cr_2O_3)	0.004

Fuente: Laboratorio LABICER – Universidad Nacional de Ingeniería

MEDICIÓN DEL PH

Tabla 16: pH de los componentes activos de la pasta.

Muestras	pH
Cemento Portland tipo I	12.77
50%Cemento-45%Arcilla-5%Polvo de Ca.	11.75
50%Cemento-40%Arcilla-10%Polvo de Ca.	12.18
Arcilla	7.55
Polvo de Cáscara de Arroz	7.37

Fuente: COLECBI

CANTIDADES USADAS EN LAS PASTAS PATRÓN Y EXPERIMENTAL

Los valores de los componentes, relación agua/sólido y su correspondiente fluidez aparecen en la Tabla 17.

Tabla 17: Componentes, relación agua/sólido

Sustitución del cemento (%)	Número de probetas	Componentes del Compuesto				Relación a/c
		C (gr)	AH(gr)	PCA(gr)	A(gr)	
0	6	241.92	-	-	108.9	0.45
50%(45%AH-5%PCA)	6	120.96	108.864	12.096	113.70	0.47
50%(40%AH-10%PCA)	6	120.96	96.768	24.192	123.38	0.51

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE PASTAS

Tabla 18: Ensayo de conductividad térmica de las pastas patrones

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO(gr)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA(W/mK)
P1	23.01	25.21	24.19	1.41
P2	22.72	24.93	23.96	1.40
P3	22.61	24.75	23.87	1.39
P4	22.70	24.90	23.98	1.39
P5	22.36	24.42	23.24	1.37
P6	23.01	25.21	24.17	1.40
PROMEDIO	22.74	24.84	23.90	1.39

Fuente: Laboratorio de Física- Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 19: Ensayo de conductividad térmica de las pastas experimentales 1:50%(45%AH-5%PCA)

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO (gr)	PESO DESPUÉS DE CALCINAR(gr)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA(W/mK)
E1	22.16	23.42	22.45	19.82	0.23
E2	21.90	23.40	22.36	19.75	0.22
E3	21.80	23.39	22.20	19.73	0.20
E4	21.85	23.35	22.15	19.62	0.21
E5	21.90	23.41	22.17	19.72	0.22
E6	22.15	23.42	22.21	19.81	0.23
PROMEDIO	21.96	23.40	22.26	19.74	0.22

Fuente: Laboratorio de Física– Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 20: Ensayo de conductividad térmica de las pastas experimentales 2:50%(40%AH-10%PCA)

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO (gr)	PESO DESPUES DE CALCINADO(gr)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA(W/mK)
E'1	21.22	23.33	22.15	18.32	0.18
E'2	20.92	23.30	22.09	18.21	0.16
E'3	21.06	23.25	22.06	18.28	0.15
E'4	21.12	23.24	22.04	18.22	0.14
E'5	21.10	23.21	22.90	18.15	0.14
E'6	21.21	23.32	22.12	18.30	0.17
PROMEDIO	21.11	23.28	22.23	18.24	0.15

Fuente: Laboratorio de Física– Universidad Nacional de Ingeniería

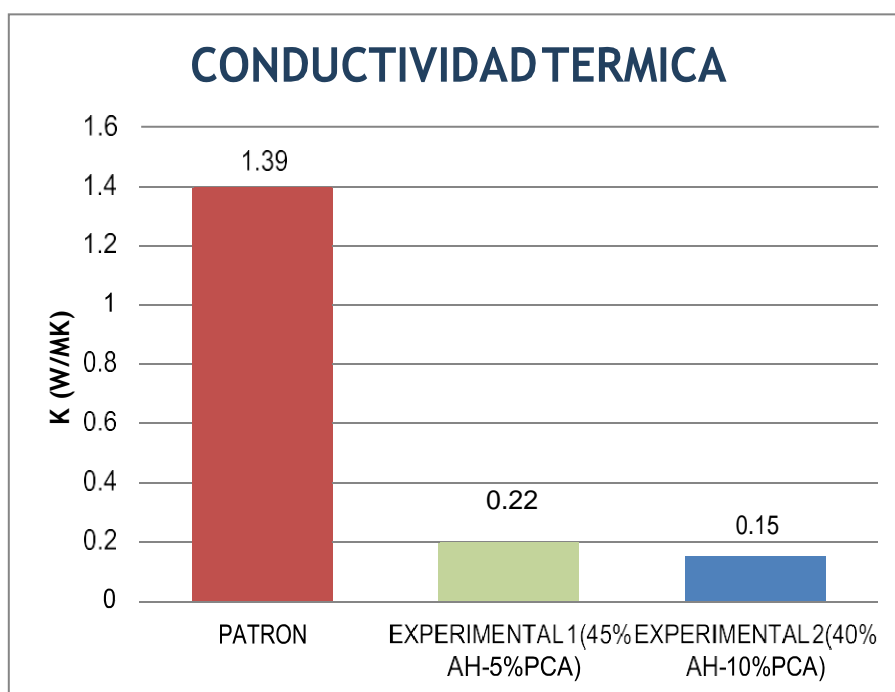


Figura 10. Comparación de Conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PASTAS

Tabla 21: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas patrones

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO(gr)	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
P1	23.01	25.21	24.19	3.19	817	256
P2	22.72	24.93	23.96	3.17	814	253
P3	22.61	24.75	23.87	3.15	802	249
P4	22.70	24.90	23.98	3.16	810	252
P5	22.36	24.42	23.24	3.18	815	254
P6	23.01	25.21	24.17	3.19	816	255
PROMEDIO	22.74	24.84	23.90	3.17	812	253

Fuente: Laboratorio de Física– Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 22: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas experimentales 1:50%(45%AH-5%PCA)

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO (gr)	PESO DESPUÉS DE CALCINAR(gr)	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
P1	23.01	25.21	22.45	19.82	3.03	745.38	221
P2	22.72	24.93	22.36	19.75	3.02	727.82	215
P3	22.61	24.75	22.20	19.73	3.03	697.56	211
P4	22.70	24.90	22.15	19.62	3.03	764.16	213
P5	22.36	24.42	22.17	19.72	3.04	746.80	210
P6	23.01	25.21	22.21	19.81	3.03	703.80	219
PROMEDIO	22.74	24.84	22.26	19.74	3.03	730.92	215

Fuente: Laboratorio LABICER – Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 23: Ensayo de resistencia mecánica de las pastas patrones experimentales 2:50%(40%AH-10%PCA)

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO(gr)	PESO DE CURADO(gr)	PESO DE OREADO (gr)	PESO DESPUÉS DE CALCINAR(gr)	AREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
P1	23.01	25.21	22.15	18.32	3.03	356.70	113
P2	22.72	24.93	22.09	18.21	3.02	303.56	109
P3	22.61	24.75	22.06	18.28	3.03	298.50	107
P4	22.70	24.90	22.04	18.22	3.03	343.20	112
P5	22.36	24.42	22.90	18.15	3.04	256.80	103
P6	23.01	25.21	22.12	18.30	3.02	275.70	114
PROMEDIO	22.74	24.84	22.23	18.24	3.03	305.74	109

Fuente: Laboratorio LABICER – Universidad Nacional de Ingeniería

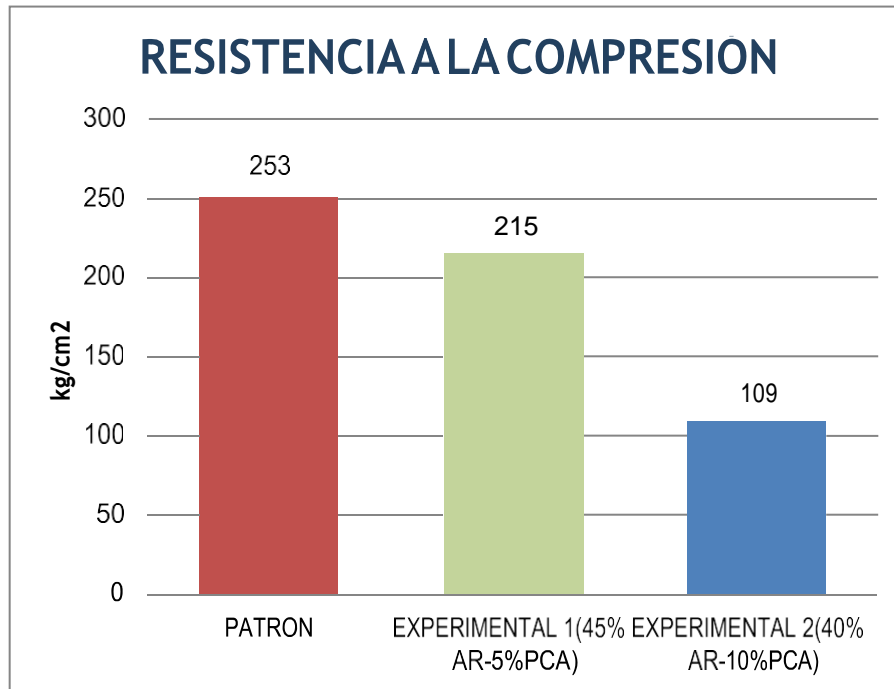


Figura 11. Comparación de resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Conductividad de las pastas con sustitución de cemento por una mezcla de porcentaje de Arcilla y un porcentaje de polvo de cáscara de arroz.

Conductividad de pasta con Arcilla y Polvo de cáscara de Arroz		
0% A y 0% PCA	45% A y 5% PCA.	40% A y 10% PCA
1,41	0,23	0,18
1,40	0,22	0,16
1,39	0,20	0,15
1,39	0,21	0,14
1,37	0,22	0,14
1,40	0,23	0,17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se puede apreciar que la conductividad es menor en aquellas pastas con 40% A y 10% PCA y mayor conductividad en las pastas patrón.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk con $p > 0.05$ para los resultados de cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene 0.595 con $p = 0.564$ y $p > 0.05$) de la conductividad de las pastas, se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 25

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de conductividad de las pastas con sustitución del cemento por un por una mezcla de un porcentaje de arcilla y polvo de cáscara de arroz.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Porcentaje de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz	5.828	2	2.914	14815.791	0,000
Error	0.003	15	0.000		
Total	5.830	17			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se puede visualizar, para la conductividad, que el $p\text{-value} < \square$ ($0.000 < 0.05$) 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 la conductividad media lograda en las pasta con sustitución de un porcentaje de cemento por una mezcla de Arcilla y Polvo de cascara de arroz (0% A y 0% PCA; 45% A y 5% PCA; 40% A y 10% PCA) son diferentes.

Tabla 26

Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la conductividad media de las pastas con sustitución de cemento por una mezcla de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz es diferente.

Mezcla de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
40% A y 10% PCA.	0.1567		
45% A y 5% PCA		0.2183	
% A y 0% PCA (patrón)			1.3933

Fuente: Elaboración propia

Mezcla	Conductividad
%A y 0%PCA (patrón)	1.3933..... a
45%A y 5%PCA	0.2183..... b
40%A y 10%PCA.	0.1567 c

En la tabla 26 y, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las pastas que tienen mayor conductividad es la que corresponde al patrón, seguido de las pastas con 45%A y 5%PCA y finalmente las pastas con la mezcla de 40%A y 10%PCA.

Tabla 27

Resistencia de las pastas con sustitución de cemento por una mezcla de porcentaje de Arcilla y un porcentaje de polvo de cáscara de arroz.

Resistencia de cubos de pasta con Arcilla y Polvo de cáscara de Arroz		
0%A y 0%PCA	45%A y 5%PCA.	40%A y 10%PCA
256	221	113
253	215	109
249	211	107
252	213	112
254	210	103
255	219	114

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se puede apreciar que la resistencia es menor en aquellas pastas con 40%A y 10%PCA y mayor resistencia en las pastas patrón.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk con $p > 0.05$ para los resultados de cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene 1.387 con $p = 0.280$ y $p > 0.05$) de la resistencia de las pastas, se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 28

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias de las pasta con sustitución del cemento por un por una mezcla de un porcentaje de arcilla y polvo de cáscara de arroz

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Porcentaje de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz	66243.444	2	33121.722	2310.818	0,000
Error	215.000	15	14.333		
Total	66458.444	17			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28, se puede visualizar, para la resistencia, que el $p\text{-value} < \alpha$ ($0.000 < 0.05$) 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 la resistencia media lograda en las pasta con sustitución de un porcentaje de cemento por una mezcla de Arcilla y Polvo de cascara de arroz (0% A y 0% PCA; 45% A y 5% PCA; 40% A y 10% PCA) son diferentes.

Tabla 29

Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la resistencia media de las pasta con sustitución de cemento por una mezcla de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz es diferente.

Mezcla de Arcilla y Polvo de cáscara de arroz	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
40% A y 10% PCA.	109.667		
45% A y 5% PCA		214.833	
% A y 0% PCA (patrón)			253.167

Fuente: Elaboración propia

Mezcla	Resistencia
%A y 0%PCA (patrón)	253.167..... a
45%A y 5%PCA	214.833..... b
40%A y 10%PCA.	109.667 c

En la tabla 29 y, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las pastas que tienen mayor resistencia es la que corresponde al patrón, seguido de los cubos con 45%A y 5%PCA y finalmente los cubos con la mezcla de 40%A y 10%PCA.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para la arcilla de Huandoval, se evaluó sus Límites de Atterberg, que aparecen en la Tabla 12. De acuerdo a estos valores se puede apreciar que el índice de plasticidad fue de 22.38%, esto quiere decir que es una arcilla con una mediana plasticidad. Graficando este índice de plasticidad y el límite líquido de 50.08% en el Diagrama de Holtz y Kovacs que se muestra en la Figura 7, se puede apreciar que se trata de una arcilla Caolinita, está nos ayudará el soporte estructural a las pastas.

El análisis termo gravimétrico se muestra en la Figura 8, se está produciendo una primera pérdida de masa en el rango de 70°C a 110°C, que se debe a la eliminación del agua físicamente unida a la muestra, luego se observa una importante pérdida de masa en el rango de 470 y 750°C que se debe a la eliminación del agua de la red cristalina, y también se produce un cambio de fase interna del material. Los resultados obtenidos del análisis calorimétrico que se muestra en la Figura 9, muestran que se produce un primer pico endotérmico a la temperatura de 100°C; y un segundo pico endotérmico a los 600°C que anuncia un cambio de la estructura de la arcilla, de fase cristalina a fase amorfa debido al proceso de deshidroxilación. (Chackchouk et al. ,2006)

En los resultados de los análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, realizados para la arcilla activada de Huandoval, que se muestra en la Tabla 14; los porcentajes más relevantes de sus óxidos activados son: 53.802% (Al_2O_3) y 35.256% (SiO_2); y en menores porcentajes 1.146 % (Fe_2O_3) las sumas de las mismas alcanzan un 90.204% que supera en un 20.204% el criterio de puzolanidad del estándar ASTM C618 1980 (Chackchouk, 2006). El proceso de activación ha permitido obtener un material de alta reactividad puzolánica.

Los aluminatos son los compuestos que primero reaccionan con el agua. Su fraguado ocurre a una velocidad de hidratación muy grande, hasta el punto de ser casi instantáneo, y el valor de 0.929% de (CaO) en la AH representaría un déficit de este elemento puzolánico.

En los resultados de los análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, realizados para el polvo de cáscara de arroz, que se muestra en la Tabla 15; su porcentaje más relevante de sus óxidos activados es: 72.843% (CaO), este porcentaje permitiría combinarse muy adecuadamente con los óxidos puzolánicos de la arcilla activada para originar un material aglomerante. El porcentaje de 0.609% de potasio indica que hubo un tratamiento adecuado del material al momento de limpiar y pulverizar, a las ves es beneficioso ya que si este porcentaje hubiese sido mayor sería nocivo por su capacidad de reaccionar con determinados compuestos presentes en algunos agregados, esta reacción da origen a expansión con destrucción del concreto.

En la Tabla 16, se observa los resultados de las muestras ensayadas y se tiene que la arcilla activada y el polvo de cáscara de arroz tienen pH neutros y los valores encontrados para los compuestos de nuestro estudio serían el de 12.18 correspondiente al experimental 2 y el de 11.75 correspondiente al experimental 1, teniendo pH alcalinos lo que les hace compuestos aglomerantes y permitiendo reaccionar con el cemento.

El agua es el principal factor que gobierna la trabajabilidad y un incremento de la misma para producir mezclas trabajables que no solo afecta a la resistencia, sino también favorece la segregación y exudación, y disminuye la durabilidad del material. La relación a/c utilizada para las pastas patrones fue de 0.45 (Jennings and Thomas, 2001), y para las pastas experimentales se tomó como base esta relación y conforme a esto se fue adicionando el agua hasta lograr la misma consistencia del patrón, ya que no hay una norma específica para pastas.

La calcinación de las pastas experimentales se realizó a 400°C con un tiempo de 30min (Carrillo, 2013), gracias a esto se generó la porosidad dentro del material.

Los resultados de los ensayos de conductividad térmica de las diferentes pastas tanto patrones como experimentales, en sus valores promedios, se presentan en la Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20. En esta tabla y en la Figura 10 se puede apreciar los promedios de conductividad térmica, siendo 1.39 W/mK que corresponde a la pasta patrón con una pérdida de peso 3.78% de su peso inicial y de mismo modo para la

pasta experimental 1(45%AH-5%PCA), el promedio de la conductividad térmica fue de 0.22 W/mK, obteniendo una pérdida después de haber sido calcinada de un 15.64%, y del mismo modo para la pasta experimental 2 (40%AH-10%PCA), el promedio de la conductividad térmica fue de 0.15 W/mK, obteniendo una pérdida después de haber sido calcinada de un 21.65%. Se puede observar que hubo una disminución de la conductividad térmica de las pastas experimentales con el patrón, ya que estas tuvieron mayor pérdida de peso, esto se debe que al momento de ser calcinadas el tamaño de partícula del polvo de la cáscara de arroz disminuye formando espacios vacíos y originando la porosidad dentro del material, y dando así una menor conductividad térmica.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los diferentes pastas tanto patrones como experimentales, en sus valores promedios, se presentan en la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 En estas tablas y en la Figura 11 se puede apreciar los promedios de resistencia, siendo 253 kg/cm² que corresponde a la pasta patrón con una pérdida de peso 3.78% de su peso inicial y de mismo modo para la pasta experimental 1(45%AH-5%PCA), el promedio de la resistencia fue de 215 kg/cm², obteniendo una pérdida después de haber sido calcinada de un 15.64%, y del mismo modo para la pasta experimental 2 (40%AH-10%PCA), el promedio de la resistencia fue de 109kg/cm², obteniendo una pérdida después de haber sido calcinada de un 21.65% .Se puede observar que hubo una disminución de 15.02% de resistencia de la pastas experimentales 1 con respecto al patrón, y una disminución de 56.92% de resistencia de la pasta experimental 2 con respecto al patrón, esto se debe a que en la pastas experimentales la relación a/c fue mayor que la pasta patrón y esto influye en su resistencia final, es por eso que las propiedades mecánicas del cemento dependen en mayor medida de los cambios en la microestructura de la pasta de cemento, que de la composición química de los productos hidratados. Por lo tanto, el volumen de poros capilares juega un papel importante en las propiedades mecánicas de la pasta. La resistencia a la compresión reducida debido al alto porcentaje de trióxido de aluminio (53.802%), se puede atribuir al hecho de que la cantidad de nano partículas de óxido de aluminio presente en la mezcla es mayor que la cantidad requerida para combinar con la cal liberada durante el proceso de hidratación, por tanto, que conduce a un exceso de lixiviación de sílice y causando una deficiencia de la resistencia, ya que sustituye parte del material de cemento.

Este material se utilizaría como pastas para unidades de albañilería, en lugares donde se necesita aislar térmicamente los espacios y a la vez tener una resistencia adecuada.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que:

- ✓ La Arcilla de Huandoval tiene un índice de plasticidad 22.38%, esto garantizó una buena trabajabilidad y plasticidad. Se obtuvo como resultado que el tipo de arcilla utilizada es Caolinita.
- ✓ Para activar térmicamente la arcilla de Huandoval, se tiene que tomar la temperatura promedio del rango notorio de la pérdida de masa (ATD) que es a 600° C, en un tiempo 1 ½ hora. (Taylor, 2015).
- ✓ La calcinación de la arcilla de Huandoval a 600°C; supero en 20.204% el criterio de puzolanidad del Estándar ASTM C618 (1980). Y para el polvo de cáscara de arroz permitió obtener un 72.843% de óxido de calcio. Al combinarse estos elementos activados generarían un material puzolánico.
- ✓ Al sustituir el 40%-45% de arcilla de Huandoval y 5%-10% de polvo de cáscara de arroz al cemento, resultan tener pH alcalinos por lo cual se forman compuestos aglomerantes.
- ✓ La calcinación de las pastas experimentales a 400°C con un tiempo de 30 min, originó un material poroso de baja conductividad térmica, siendo el mejor valor encontrado el del experimental 2(0.15 W/mk).
- ✓ La conductividad térmica del experimental 1 disminuyó en 84.17% con respecto al patrón y del experimental 2 se redujo en 89.21% con respecto al patrón.
- ✓ La resistencia a la compresión del experimental 1 disminuyó en un 15.02% con respecto al patrón y del experimental 2 se redujo en 56.92% con respecto al patrón.

Se recomienda lo siguiente:

- ✓ Explorar con diferentes tiempos de calcinación para las pastas experimentales y ver cómo influye en la conductividad térmica y resistencias mecánicas.
- ✓ Seguir utilizando la cáscara de arroz para hallar materiales porosos de baja conductividad térmica y generar materiales con aislamiento térmico.
- ✓ Realizar un ensayo para ver la porosidad de las pastas experimentales y de qué forma influye en la conductividad térmica y resistencia mecánica.
- ✓ Hacer un ensayo de conductividad térmica y de resistencia a la compresión antes de la calcinación de las pastas experimentales, para ver en qué tanto por ciento afecta a la resistencia mecánica y conductividad térmica.
- ✓ Realizar investigaciones aplicativas de este material en unidades de albañilería para recubrimiento.

VI. AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermano por ser las personas que me motivan día a día para conseguir mis metas, siempre dándome el apoyo necesario.

A toda mi familia por el gran apoyo que me brindaron, gracias por siempre estar conmigo.

A mi asesor Ing. Miguel Solar Jara, por sus importantes contribuciones y amplios conocimientos compartidos en la realización de la investigación

A todos mis docentes de la carrera de Ing. Civil que me dieron los conocimientos necesarios para poder aplicarlo en mi profesión y siempre dándome los consejos correspondientes para seguir adelante.

Y a todos los que de alguna manera me apoyaron en la realización de mi trabajo muchas gracias.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Andrade, F.A., Al-Qureshi, H.A. & Hotza, D. (2011). *Medición de la plasticidad de las arcillas: Una revisión*. *Applied Clay Science*, 51, 1-7.

Angelone, S. (2007). *Geología y Geotecnia*. Recuperado http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Tipos%20de%20suelos%202_2007.pdf, 12 octubre de 2016. Chimbote, Perú.

American Society for Testing and Materials, ASTM. C618 (2015). *Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana Natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto*.

Cabello, D. (2016). *Resistencia Térmica y Mecánica en mortero con sustitución del 30% de cemento por una combinación de arcilla y cáscara de arroz*. Chimbote: Universidad San Pedro

Cadena, C.G. & Bula, A.J. (2002). *Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales*. *Ingeniería & Desarrollo*, 12, 8-9.

Casagrande, A., 1932. *Research on the Atterberg limits of soils*. *Public Roads*, 13:121-136.

Carrillo, C.C. (2013). *Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz-una revisión*. *Scientia et Technica Año XVIII*, 18(2), 422-426.

Chackchouk, A., Samet, B., Mnif, T. (2006). Estudio sobre el uso potencial de las arcillas tunisianas como material puzolanico. *Applied Clay Science*, 33, 79-88.

- Chur, G. *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Gregg, S.J., & Sing. K. S. W. (1982). *Adsorption, Surface Area and Porosity*. London: Academic Press.
- Hamlin Jennings and Jeffery Thomas, “Materials of Cement Science Primer”, pp. 55 (2001).
- Herruela, F. (2014). *Contenidos formativos de certificados de profesionalidad Pastas, morteros, adhesivos y hormigones* (1a ed.) .España: Tornapunta Ediciones, S.L.U.
- Jiménez, J. A & de Justo, J.L. (1975). *Geotecnia y Cimientos* (2ª ed.). Madrid: Rueda.
- Lazlo, P. (1990). Las arcillas en química orgánica. *Mundo Científico*. 102.552.
- Limone, C. (2012). *Diseño e Instalación de Aislante térmico en tuberías y equipos*. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas.
- Norma Técnica Peruana, NTP 334.090 (2013). *Cemento Portland adicionados. Requisitos* (5a ed.). Lima: INDECOPI
- Norma Chilena, NCh 853 (2007). *Acondicionamiento térmico-Envolvente térmico de edificios-Cálculos de resistencia y transmitancias térmicas*.
- Portland Cement Association, PCA. (2002). *Mortar and masonry grout mortar cement* (1a ed.).
- Quiceno, D. & Mosquera, M. (2010). *Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible*. Santiago de Cali :Universidad Autónoma de Occidente,.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. Barcelona: Técnicos Asociados, S.A.

Santa Gadea (2016). “*Conductividad térmica de una pasta de Cemento-arcilla, en la cual la arcilla ha sido sustituida en 5% y 10% por polvo de cáscara de arroz*”
Chimbote: Universidad San Pedro

Taylor, S.C., Lamon, E.L. ,Riding, K.A. & Juenger, M.C.(2015).

Mezcla de arcilla calcinada de caolinita y bentonita como complemento. *Applied Clay Science*, 108,84-93

VIII. APENDICE Y ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO

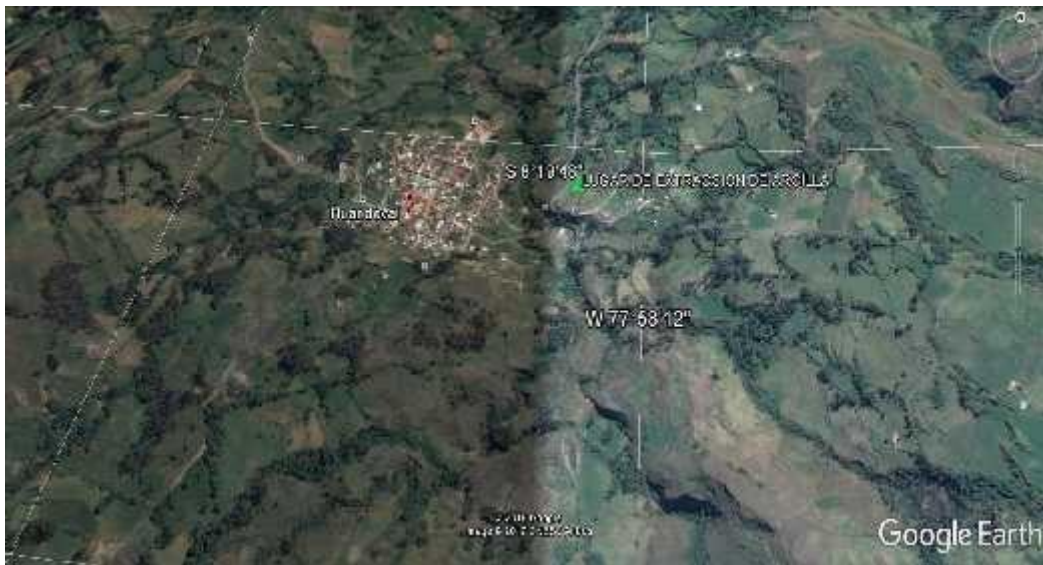


Foto N°01: Ubicación de la Zona en donde se realizó la calicata para extraer arcilla en el Distrito de Huandoval (Google Earth 2017)



Foto N°02: Localización en el terreno y excavación de la calicata.



Foto N°03: Lavando la arcilla.



Foto N°04: Realizando el límite líquido de la arcilla
usando la cuchara de Casagrande



Foto N°05: Realizando el límite plástico de la arcilla



Foto N°06: Recolección de la Cáscara de Arroz en la apiladora “Zavaleta”-Santa.



Foto N°07: Pulverización de la cáscara de arroz.



Foto N°08: Cuarteo de los materiales que se utilizaran para la elaboración de las pastas experimentales



Foto N°10: Elaboración de las pastas en la mezcladora



Foto N°11: Pastas patrones



Foto N°12: Pastas experimentales 1(50%C/45%A-5%PC)



Foto N°13: Pastas experimentales 2(50%C/40%A-10%P)



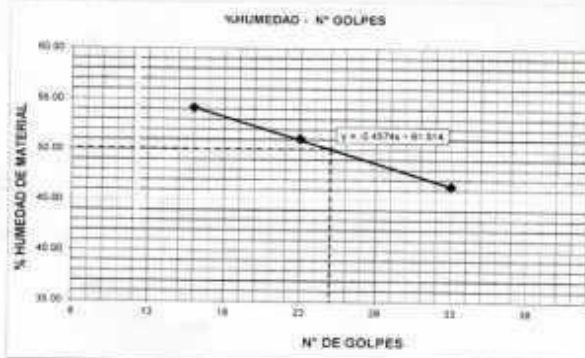
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : SANTA GADEA IGNACIO ALESSANDRA LUCERO
 TESIS : RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDO EN 50% POR POLVO DE CASCARA DE ARROZ Y ARCILLA
 MATERIAL : ARCILLA
 LUGAR : HUANDOVAL - PALLASCA - ANCASH
 FECHA : 07/08/2017
 PROF(m) : 1.50

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	38.90	38.90	38.40	24.30	24.40	24.60
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	31.40	31.90	32.00	23.10	23.10	23.20
PESO DE LA TARA (gr.)	18.10	18.20	18.20	18.30	18.40	18.90
PESO DEL AGUA (gr.)	7.20	7.00	6.40	1.20	1.30	1.40
PESO SUELO SECO (gr.)	13.30	13.70	13.60	4.80	4.70	4.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	54.14	51.09	46.38	25.00	27.66	30.43
Nro. DE GOLPES	16	23	33	27.70		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL	%	50.08
LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP	%	27.70
INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP	%	22.38



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



Trujillo, 28 de Setiembre del 2016

INFORME N° 13 - SET-16

Solicitante: Lucero Santagadea – Universidad San Pedro - Chimbote

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	AR-13S	23.3 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: 15 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 23.3 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



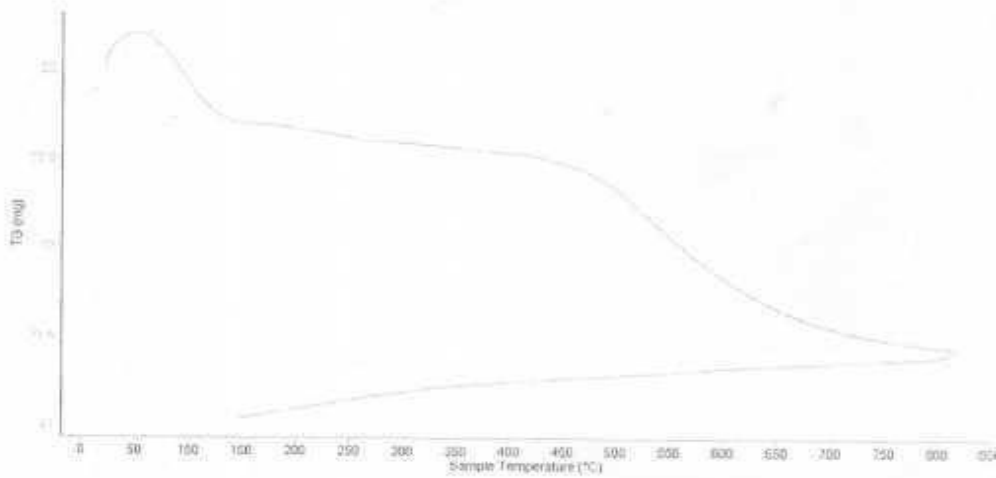


Trujillo, 28 de Septiembre del 2016

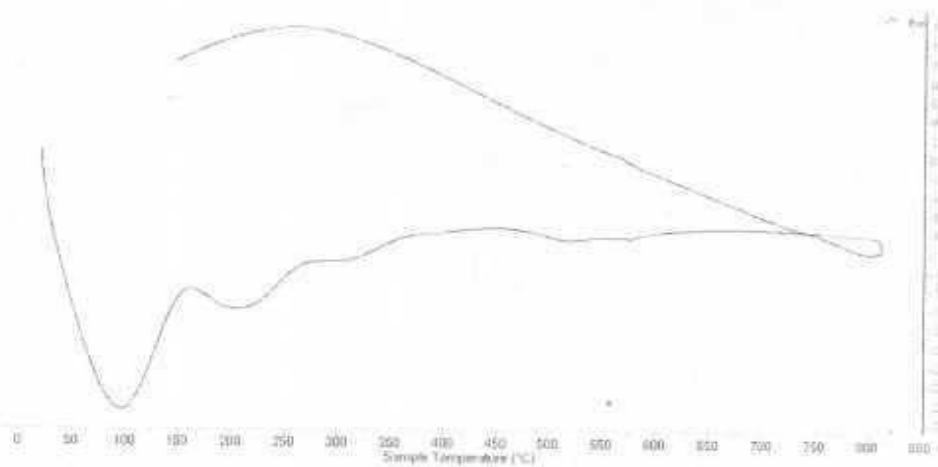
INFORME N° 13 - SET-16

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel: 44-203510/949700890268609000

J. Jasso





INFORME TÉCNICO N° 1584 – 16 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SANTA GADEA IGNACIO LUCERO
 - 1.2 D.N.I : 72617611
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 10 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 21 / 10 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 21 / 10 / 2016
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA - HUANDOVAL
 - 4.2 TESIS : "CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA DE ARCILLA-CEMENTO, DONDE LA ARCILLA HA SIDO SUSTITUIDA EN 5% Y 10% POR POLVO DE LA CASCARA DE ARROZ"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.1 °C; Humedad relativa: 58%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	53.802	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio, SiO ₂	35.256	
Óxido de Potasio, K ₂ O	7.568	
Trióxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	1.146	
Dióxido de Titanio, TiO ₂	0.944	
Óxido de Calcio, CaO	0.929	
Pentóxido de Fósforo, P ₂ O ₅	0.261	
Trióxido de Azufre, SO ₃	0.057	
Óxido de Estroncio, SrO	0.020	
Óxido de Rubidio, Rb ₂ O	0.010	
Óxido de Cobre, CuO	0.006	

*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02.



8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	52.552	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Aluminio, Al	35.158	
Potasio, K	4.647	
Hierro, Fe	2.641	
Titanio, Ti	2.031	
Calcio, Ca	1.740	
Fósforo, P	0.803	
Azufre, S	0.294	
Estroncio, Sr	0.066	
Rubidio, Rb	0.039	
Cobre, Cu	0.028	

*El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$

9 VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Jesús Utano Reyes
Analista Químico
LABICER – UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefa de Laboratorio
Responsable del análisis
CQP 202

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



INFORME TÉCNICO N° 0761 – 17 – LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
- 1.1 RAZON SOCIAL : ALESSANDRA LUCERO SANTA GADEA IGNACIO
- 1.2 DNI : 72617611
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
- 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 31 / 05 / 2017
- 2.2 FECHA DE ENSAYO : 02 / 06 / 2017
- 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 07 / 06 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN FORMA ELEMENTAL Y EN ÓXIDOS
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
- 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ
- 4.2 TESIS : RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDO EN 50% POR POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ Y ARCILLA.
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 24.4 °C; Humedad relativa: 64%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA-7000
8. **RESULTADOS**
- 8.1 **COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL DE POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio (Ca)	19,345	Espectrofotometría de absorción atómica
Fierro (Fe)	3,252	
Magnesio (Mg)	2,216	
Azufre (S)	0,305	
Fósforo (P)	0,321	
Potasio (K)	0,188	
Manganeso (Mn)	0,022	
Zinc (Zn)	0,008	
Cobre (Cu)	0,005	
Cadmio (Cd)	0,002	
Cromo (Cr)	0,001	

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Calcio (CaO)	72,843	Espectrofotometría de absorción atómica
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	12,508	
Óxido de Magnesio (MgO)	9,887	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	2,046	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	1,977	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	0,609	
Óxido de Manganeso (MnO)	0,078	
Óxido de Zinc (ZnO)	0,026	
Óxido de Cobre (CuO)	0,017	
Óxido de Cadmio (CdO)	0,005	
Trióxido de di Cromo (Cr ₂ O ₃)	0,004	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Magaly Beraún Hernández
Analista Químico
LABICER -UNI



MSc Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de laboratorio
CQP 202

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



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° 20170522-011

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	Alexandra Lucero Santa gadea
DIRECCIÓN	3r Cerros de los Héroes 4565 - Chimbote
PRODUCTO DECLARADO	ABAJO INDICADOS,
CANTIDAD DE MUESTRA	04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	En Bolsas de polietileno cerrada
FECHA DE RECEPCIÓN	2016-10-09
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2016-10-09
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2016-10-13
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio de Físico Químico,
CÓDIGO COLECBI	SS 170522-10

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Arcilla	7,55
Cemento Portland tipo I	12,77
50 % Cemento - 45% Arcilla 5% Ica	11,75
50% Cemento - 40 % Arcilla - 10% Ica	12,19

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 ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o con el estándar del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Octubre 16 del 2016

DVV/rs

Doris M. Vargas Velep
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIF
Rev. 04
Fecha 2016-11-30

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax 043-310752
Nextel: 899*2895 - RPM # 902295 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

INFORME DE ENSAYO N° 20170608-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: ALESSANDRA LUCERO SANTA GADEA IGNACIO.
DIRECCIÓN	: Jr. Carlos De Los Heroes #366 – Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADOS:
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-06-08.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2017-06-08.
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO	: 2017-06-08.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 170608-7

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Polvo De Cascara De Arroz	7,37

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 a como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 09 del 2017.

D. Vergas

Denis M. Vergas Yepes
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

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

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

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



INFORME TÉCNICO N° 1082 – 17 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ALESSANDRA LUCERO SANTA GADEA IGNACIO
 - 1.2 DNI : 72617611
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 22 / 06 / 2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 22 / 06 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 23 / 06 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 06 MUESTRAS PATRONES
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDO EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CASCARA DE ARROZ.
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.8°C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Maquina de tracción ZWICK ROELL Z010
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6° BS
8. RESULTADOS

Muestra	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Norma técnica de referencia.
P1	2,017	3,19	817	256	I.N.V. E – 323 – 07
P2	2,011	3,17	814	253	
P3	2,003	3,15	802	249	
P4	2,007	3,16	810	252	
P5	2,013	3,18	815	254	
P6	2,017	3,19	816	255	
Promedio	2,011	3,17	812	253	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Yemerson Bartolo
 Analista Químico
 LABICER - UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
 Responsable de Análisis
 Jefa de Laboratorio
 CQP 202

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

INFORME TÉCNICO N° 1082-17- LAB. 12

Página 1 de 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1082 – 17 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ALESSANDRA LUCERO SANTA GADEA IGNACIO
 - 1.2 DNI : 72617611
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 01 / 08 / 2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 01 / 08 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 01 / 08 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 06 MUESTRAS DE PASTAS SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CASCARA DE ARROZ
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDO EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CASCARA DE ARROZ.
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.8°C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Maquina de tracción ZWICK ROELL Z010
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6" BS
8. RESULTADOS

Muestra	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Norma técnica de referencia.
E1	1,963	3,03	745,38	221	I.N.V. E – 323 – 07
E2	1,961	3,02	727,82	215	
E3	1,964	3,03	697,56	211	
E4	1,963	3,03	764,16	213	
E5	1,968	3,04	746,80	210	
E6	1,961	3,02	703,80	219	
Promedio	1,963	3,03	730,92	215	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Yemerson Bartolo
Analista Químico
LABICER - UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
INFORME TÉCNICO N° 1082-17- LAB. 12

Página 1 de 3



INFORME TÉCNICO N° 1082 – 17 – LAB. 12

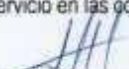
1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ALESSANDRA LUCERO SANTA GADEA IGNACIO
 - 1.2 DNI : 72617611
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 01 / 08 / 2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 01 / 08 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 01 / 08 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MORTEROS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 06 MUESTRAS DE PASTAS SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CASCARA DE ARROZ
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDO EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CASCARA DE ARROZ.
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.8°C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Máquina de tracción ZWICK ROELL Z010
Vernier digital Mitutoyo Corporation, CD-6° BS


8. RESULTADOS

Muestra	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga de ruptura (kgf)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Norma técnica de referencia.
E'1	1,978	3,03	356,70	113	I.N.V. E – 323 – 07
E'2	1,919	3,02	303,56	109	
E'3	1,925	3,03	298,50	107	
E'4	1,967	3,03	343,20	112	
E'5	1,974	3,04	256,80	103	
E'6	1,960	3,02	275,70	114	
Promedio	1,956	3,03	305,74	109	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


 Bach. Yemerson Bartolo
 Analista Químico
 LABICER - UNI


 M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
 Responsable de Análisis
 Jefa de Laboratorio
 CQP 202

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

INFORME TÉCNICO N° 1082-17- LAB. 12

Página 1 de 3



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional
de Ingeniería Civil

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Chimbote, 26 de julio de 2017.

Señor:
Ing. José Díaz Rosado
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Ingeniería
Presente.-

Asunto: Solicita apoyo para desarrollo de ensayo de conductividad térmica

*Tengo a bien dirigirme a usted para saludarla cordialmente, y al mismo tiempo solicitar apoyo para desarrollar el ensayo de conductividad térmica para el desarrollo del trabajo de investigación con el tema: “RESISTENCIA MECÁNICA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PASTA, EN LA CUAL EL CEMENTO HA SIDO SUSTITUIDA EN 50% POR ARCILLA Y POLVO DE CÁSCARA DE ARROZ”, ha elaborarse por la alumna de la Escuela de Ingeniería Civil: **Santa Gadea Ignacio Alessandra Lucero**, DNI 72617611.*

Agradeciéndole anticipadamente por su valioso apoyo en la formación de nuestros futuros profesionales, aprovecho la oportunidad para testimoniarle mi consideración y estima.

Atentamente,

*Ensayo realizado
D. José Carb Díaz Rosado
[Firma]
27/07/17
Fac Ciencias - UNI*



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Myriam Solar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

