

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>  
con sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara  
de maní y 15% arcilla de Cunca – Casma - 2017**

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

**Autor:**

Lama Villacorta, Carlos Daniel

**Asesor:**

Castañeda Gamboa, Rogelio Fermín

**Chimbote – Perú**

**2019**

### **PALABRAS CLAVE:**

---

<b>Tema</b>	Resistencia a la Compresión
<b>Especialidad</b>	Tecnología del Concreto

---

### **KEYWORDS:**

---

<b>Topic</b>	Compressive Strength
<b>Specialization</b>	Concrete Technology

---

### **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

<b>Programa</b>	Ingeniería Civil
<b>Línea de Investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
	2. Ingeniería y Tecnología
<b>OCDE</b>	2.1 Ingeniería Civil
	Ingeniería de la Construcción
<b>Sub-Líneas o Campos de la Investigación</b>	Materiales de la construcción
	Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos

---

## **TÍTULO**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca – Casma – 2017

## RESUMEN

El propósito de la investigación es conocer cuál es la resistencia del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituya el cemento por un 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca-Casma, estudio que se realizará en la ciudad de Chimbote, 2017, utilizando agregado grueso de la cantera de Samanco, agregado fino de la cantera de Vesique y con un cemento portland tipo I, con el fin de encontrar un material suplementario del cemento para su aplicación en el campo de la ingeniería civil.

Es una investigación aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental. La muestra consistirá de 18 probetas de concreto: 9 para patrón y 9 para la combinación de 5% con ceniza cáscara de maní y 15% Arcilla-Cunca-Casma.

Las cenizas de cáscara de maní fueron calcinadas a una temperatura de 390 °C durante 3 horas y la arcilla de Cunca – Casma calcinado a 530 °C durante 1 hora y media. La composición química de las cenizas de cáscara de maní y la arcilla se realizó mediante Fluorescencia de Rayos-X dispersiva de energía. Las cenizas y la arcilla se ensayaron en probetas sustituyendo un 5% y 15% respectivamente de este material al cemento portland tipo I, para una resistencia a la compresión  $F'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la relación a/c 0.669. Las probetas fueron ensayadas para determinar la resistencia a la compresión a edades entre 7, 14 y 28 días.

Se observó que la composición química de ambos materiales como la cáscara de maní y la arcilla influyen en el comportamiento de la resistencia a la compresión por tener un bajo contenido de óxido de calcio (CaO). Los ensayos de resistencia a la compresión arrojaron valores cercanos al 57.84% respecto del patrón a los 7 días de curado, 81.47% a los 14 días y a un 90.52% a los 28 días para probetas preparadas con la sustitución de las cenizas de cáscara de maní y la arcilla de Cunca – Casma.

## ABSTRACT

The purpose of the research is to know the strength of the concrete  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  when the cement is replaced with 5% ash peanut shell and 15% Cunca-Casma clay, a study to be carried out in the city Of Chimbote, 2017, using a coarse aggregate of the Samanco quarry, a fine aggregate of the Vesique quarry and with a type I portland cement, in order to find a supplementary cement material for its application in the field of civil engineering.

It is an applied and explanatory research, is of quantitative approach and experimental design. The sample will consist of 18 specimens of concrete: 9 for pattern and 9 for the combination of 5% with ash peanut shell and 15% Clay-Cunca-Casma.

The peanut ash was calcined at a temperature of  $390 \text{ }^\circ\text{C}$  for 3 hours and the Cunca-Casma clay calcined at  $530 \text{ }^\circ\text{C}$  for 1.5 hours. The chemical composition of peanut shell ash and clay was performed by energy dispersive X-ray Fluorescence. Ash and clay were tested on specimens by replacing 5% and 15% respectively of this material with portland type I cement, for a compressive strength  $F'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  with a / c ratio of 0.669. The specimens were tested for compressive strength at ages 7, 14 and 28 days.

It was observed that the chemical composition of both materials such as peanut shell and clay influence the behavior of the compressive strength because of its low content of calcium oxide (CaO). The compressive strength tests showed values close to 57.84% with respect to the standard at 7 days of curing, 81.47% at 14 days and at 90.52% at 28 days for specimens prepared with the replacement of peanut shell ash and the clay of Cunca - Casma.

## ÍNDICE

<b>PALABRAS CLAVES – LINEA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>i</b>
<b>TÍTULO .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>59</b>
<b>VII. AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>61</b>
<b>VIII. ANEXOS Y APÉNDICE .....</b>	<b>62</b>
<b>Anexo N°1 Análisis Térmico Diferencial (DTA) .....</b>	<b>62</b>
<b>Anexo N°2 Grado de Alcalinidad (pH) .....</b>	<b>69</b>
<b>Anexos N°3 Ensayo de Fluorescencia de Rayos X .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo N°4 Diseño de Mezcla (patrón y experimental) .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo N°5 Peso Específico material experimental .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo N°6 Ensayos de Agregados (grueso y fino) .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo N°7 Límites de Atterberg .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo N°8 Ensayo de Resistencia a la Compresión .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo N°9 Ensayos de Concreto fresco .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo N°10 Panel Fotográfico .....</b>	<b>106</b>

## **I. INTRODUCCIÓN:**

De los antecedentes investigados se ha extraído la información más relevante para esta investigación, en este caso **Kreiker, J. (2014)**. Ibracon de estructuras y materiales. Revista Vol. 7, n°6. Se estudiaron las propiedades de las cenizas de cáscaras de maní como un material potencial suplementario para morteros en cemento. Las cenizas fueron preparadas en un horno eléctrico a 500, 650 y 800 °C durante 180 minutos y utilizadas sin ningún acondicionamiento posterior. Las cenizas fueron ensayadas en morteros reemplazando un 15% de este material por cemento portland. Se prepararon probetas usando una proporción cemento:arena 1:3 en peso con una relación agua/cemento 0.5v/v. las probetas fueron ensayadas para determinar la resistencia a la compresión a edades entre 7 y 120 días. Se observó que las condiciones de calcinación de las cáscaras de maní influyen en el comportamiento de las cenizas, siendo 500 °C la temperatura óptima de calcinación. Los ensayos de resistencia a la compresión arrojaron valores cercanos al 70% respecto del patrón a los 7 días y mayores al 80% luego de 28 días para morteros preparados con cenizas.

Así mismo se extrajo la investigación de **Kanagalakshmi, A. (2015)**. Realizó el estudio de la cáscara de maní aplicado a la compresión y flexión del concreto. Indica que los residuos pueden utilizarse para producir nuevos productos o pueden utilizarse como uso de recursos naturales más el medio ambiente está protegido de los depósitos de residuos. El uso de estos materiales suplementarios del cemento no solo mejora las propiedades del concreto en tanto en estado fresco como endurecido. La producción de concreto utilizando las cenizas de cáscara de maní como reemplazo del cemento investigando 4 diferentes porcentajes en moldes con cenizas de cáscara de maní incineradas a una temperatura entre 650 – 750 °C, en cada nivel de reemplazo (0%, 5%, 10% y 15%). La resistencia a la compresión es mayor que el control con mezcla de cenizas cáscara de maní al 5% y mezcla de cenizas cáscara de maní al 15% durante 7 días y 28 días para curar el aumento de la compresión.

Por otro lado, la investigación de **Arum, C. (2013)**. Ciencias de los Materiales y Aplicaciones. Revista Vol. 4, n°9. Utilizó las cenizas de residuos biogénicos-puzolanicidad, las perspectivas de uso y efecto sobre algunas propiedades de la ingeniería del concreto. Para la determinación experimental de las propiedades

requeridas de las cenizas de cáscara de coco, palma, hojas de bambú y cáscara de maní revelo que satisfacen los requisitos esenciales para puzolanas. El trabajo experimental se llevó a cabo en las cenizas cáscara de coco, palma, hojas de bambú y cáscara de maní en el concreto para determinar sus propiedades esenciales en estados fresco y endurecido. La suma de la composición porcentual de los óxidos:  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  es respectivamente 77.13, 75.5, 74.7, 91.1 y 69.2 en las cenizas de cáscara de arroz, cáscara de coco, palma, bambú la hoja y la cáscara de maní. De acuerdo con el ASTM C618, una puzolana debe tener 70% valor mínimo para la suma de los óxidos. Además, el óxido de magnesio que en exceso de 4% haría que la puzolana a ser poco sólido. Los ensayos de resistencia utilizando los materiales dicho anteriormente muy finamente molido y al reemplazar parcialmente el cemento portland en la producción de concreto encontraron que en hasta el 15% de sustitución el índice de actividad de la fuerza de cada uno de ellos es mayor que 100%, lo que indica que son excelentes las puzolanas.

También se revisó la investigación de **Castillo, L. (2011)**. Se enfocó en el estudio de las arcillas calcinadas en forma de meta caolín, como han recibido un ejemplo especial de atención en años recientes. Se conoce que estas adiciones, cuando se añaden a morteros y hormigones, mejoran tanto su resistencia mecánica como su durabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad en micro hormigones, empleando arcillas calcinadas y molidas como material sustituyente del 15% en peso del cemento Portland ordinario (CPO). Para ello se utilizó una tierra arcillosa, compuesta principalmente por mineral caolín de bajo grado de pureza, para la obtención de arcillas calcinadas como minerales cementicios suplementarios. Los mejores resultados se resistencia a la compresión a los 28 días se obtuvieron para la arcilla sedimentada y calcinada, la cual posee mayor contenido de mineral caolín debido a un proceso de purificación por sedimentación de la materia prima acometido sólo para esta sustitución.

Así mismo en la investigación de **Chackchouk, A. (2006)**. Muestran arcilla de Túnez de diferentes lugares se calcinan a 600, 700 y 800°C. donde estudian las propiedades físicas de ambas muestras no tratada y calcinados geotécnico, y químicos. La actividad puzolánica de las arcillas calcinadas se evalúa por resistencia a la



compresión se realiza un hidróxido de arcilla de calcio mini-cilindros calcinadas. Se encontró que el estudio geotécnico asociado con el análisis químico para ser útil para predecir la actividad puzolánica de las arcillas. Las arcillas ricas en caolinita mostraron tener la mayor resistencia y por lo tanto la mejor actividad puzolánica. La presencia de algunas arcillas minerales tales como ilita, montmorillonita y moscovita no mejoran la actividad puzolánica a pesar de su nivel relativamente alto de sílice, alúmina y hierro.

Por último, se revisó la investigación de **Taylor, S. (2015)**. En un esfuerzo para limitar el impacto ambiental de los materiales de concreto, hay un creciente interés en el desarrollo y uso de una gama 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 reactividad puzolánica. La calcinación de las arcillas usadas fue de 650°C, 830°C y 930°C por 1 hora. Los resultados demostraron que, para las arcillas calcinadas mezclados, ya que contenido amorfo aumenta, la resistencia del concreto a la compresión. 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.

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

El aporte científico del trabajo de investigación es que la cantidad de producción de maní en el país hace que genere una gran cantidad de desechos de la cáscara de maní el cual se le dará un uso apropiado como una opción de sustitución en reemplazo de un porcentaje en peso del cemento, en conjunto será de la misma manera a un porcentaje de arcilla en la zona Cunca-Casma, el cual podría favorecer sobre la resistencia a la compresión de concretos fabricados con la inclusión de cenizas de cáscara de maní y arcilla lo que permitirá comportarse como material puzolánico.

La investigación se justifica de manera social porque se busca dar uso a los residuos agrícolas de tal manera puedan utilizarse como material suplementario o aditivo del cemento, para mejorar las diversas propiedades del concreto, tanto en sus estados frescos como endurecidos, pero también pueden contribuir a la economía de los costos de la construcción y encontrar un nuevo material suplementario del cemento para resolver los problemas de la sociedad en el campo de la ingeniería civil.

La construcción es una actividad que demanda la inversión de recursos que impacta de manera significativa el medio ambiente y que la demanda de viviendas de los sectores con menos ingresos va en aumento, en búsqueda de una solución factible, se logró investigar que la cáscara de maní es desechada de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y desconociendo los múltiples usos que se puede dar a esta biomasa. Además, el uso de la arcilla de Cunca – Casma también se debe aprovechar la materia prima.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la resistencia de un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituye el cemento un 5% de cenizas cáscara de maní y un 15% de arcilla de Cunca-Casma realizado en la ciudad de Chimbote – 2017?

Después de haber formulado la problemática es necesario la conceptualización y operacionalización de las variables.

### **Tecnología del Concreto:**

**García, J. (2013).** Nos permite tener este concepto en el campo de la ingeniería civil, el cual abarca el conjunto de conocimientos científicos orientados hacia la aplicación técnica, práctica y eficiente del concreto en la construcción. En su desarrollo y utilización intervienen varias ciencias interrelacionadas, como son la física, la química, las matemáticas y la investigación científica.

En la tecnología del concreto cada elemento que interviene, bien sea el cemento, el agua, los agregados, los aditivos y las técnicas de producción, colocación, curado y mantenimiento, representan aspectos particulares a estudiar y controlar de modo que

puedan trabajar eficientemente de manera conjunta en la aplicación práctica que deseamos.

### **Concreto:**

**Portland Cement Asociation, PCA. (2004).** Nos indica que el concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua.

### **Composición del Concreto:**

#### **La pasta**

La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (genera calor) que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo muchas más intensa la reacción (la creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores al a fabricación del hormigón y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo.

#### **El gel**

El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonad que contiene material más o menos amorfos.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y elasticidad, donde intervienen dos clases cohesivas: atracción física y adherencia química.

## **Hidratación y Curado del Concreto**

La hidratación es el proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables y tiempo.

El curado es el periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

## **Porosidad de la pasta**

Existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida, aunque bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua.

## **Clasificación**

Por el peso específico:

- Ligero, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200 – 2000 kg/cm<sup>3</sup>.
- Normal, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000 – 2800 kg/cm<sup>3</sup>.
- Pesado, cuyo peso unitario se encuentre entre >2800kg/cm<sup>3</sup>.

Según su aplicación:

- Simple: concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: resistencia a tracción: se introducen fundas.

Por su composición:

- Ordinario.
- Ciclópeo: con arios de 50cm.
- Cascotes: hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árida > 25mm.
- Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire > 6% V.
- Ligero: 1,2 – 2 = 2 N/mm<sup>2</sup> Pesado: áridos de densidad muy grande.
- Refractario: resistente a las temperaturas (cemento de aluminato cálcico).

Por su resistencia:

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

### **Propiedades del Concreto:**

#### **En estado fresco:**

El concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. Su comportamiento reológico del concreto fresco depende de:

- Relación agua/cemento
- Grado de hidratación
- Tamaño de partículas
- Mezclado
- Temperatura

#### **La trabajabilidad:**

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento
- Secciones armadas
- Medios de puesta en obra

#### **Consistencia:**

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:

- Agua de amasado
- Tamaño máximo del agregado
- Granulometría
- Forma de los agregados influyente mucho el método de compactación

Tabla 01: consistencia / asentamiento

<b>CONSISTENCIA</b>	<b>ASIENTO (cm)</b>
SECA	0 – 2
PLASTICA	3 – 5
BLANDA	6 – 9
FLUIDA	10 – 15

Fuente: Norma técnica peruana 339.035

Tabla 02: tolerancias

<b>CONSISTENCIA</b>	<b>TOLERANCIA (cm)</b>	<b>INTERVALO</b>
SECA	<b>0</b>	0 – 2
PLASTICA	<b>+ - 1</b>	3 – 5
BLANDA	<b>+ - 1</b>	6 – 9
FLUIDA	<b>+ - 1</b>	10 – 15

Fuente: Norma técnica peruana 339.035

### **Homogeneidad y uniformidad:**

Homogeneidad: es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad: se llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buena amasado
- Buen transporte
- Buena puesta en obra

### **Compacidad:**

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido.

### **En estado endurecido:**

#### **Impermeabilidad:**

El concreto es un sistema poroso y nunca va ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento
- Cantidad de agua
- Compacidad

#### **Durabilidad:**

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- Sales
- Calor
- Agente contaminante
- Humedad

#### **Resistencia térmica:**

- Bajas temperaturas – hielo/deshielo (deterioro mecánico)
- Altas temperaturas > 300°C

#### **Resistencia a compresión:**

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles, y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días. La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15cm de diámetro y 30cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.

### **Resistencia a flexión:**

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado  $F'c$ , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad.

### **Cemento:**

#### **Cemento pórtland**

Según la Norma técnica Peruana **NTP 334.009**, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfatos de calcio como adición durante la molienda, es decir: Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso.

#### **El Clinker Pórtland**

Es un producto semiacabado en forma de piedras negruzcas de tamaños de  $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a  $1450^{\circ}\text{C}$ . Está compuesto químicamente por silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación de Oxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) con los otros óxidos: dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), oxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

#### **Cemento Pórtland Puzolánico**

Es aquel cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker Pórtland y puzolana con adición de Sulfato de calcio: el contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15 y 40% en peso total. La puzolana debe ser un material arcillo o silico-aluminoso que por sí mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica pero que finamente dividida y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestas que poseen propiedades hidráulicas.



## Composición Química

Los componentes químicos del cemento pórtland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice,  l mina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos:

Tabla 03: composición química del cemento

COMPUESTO	PORCENTAJE	ABREVIATURA
CaO	58 % - 67 %	C
SiO <sub>2</sub>	16 % - 26 %	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 % - 8 %	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 % - 5 %	F
SO <sub>3</sub>	0.1 % - 2.5 %	
MgO	1 % - 5 %	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0 % - 1 %	
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 % - 3 %	
TiO <sub>2</sub>	0 % - 0.5 %	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0 % - 1.5 %	
Perdida x Calcinación	0.5 % - 3 %	

Fuente: Norma técnica peruana 334.009

## Propiedades del cemento

### Finura o Fineza:

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m<sup>2</sup>/kg. En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo:

- Permeabilmetro de Blaine
- Turbidimetro de Wagner

A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.

### Peso Específico:

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm<sup>3</sup>. En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier

**Tiempo de fraguado:**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado fina.

- Agujas de Vicat

**Resistencia a la Compresión:**

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de compresión en probetas en probetas cilíndricas de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

Se prueban a diferentes edades: 7, 14 y 28 días.

**Contenido de aire:**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla, se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de las probetas en molde.

**Calor de Hidratación:**

Es el calor que se genera por reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. Y depende principalmente de C3A y el C3S. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo del calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante.

**Tipos de cementos:**

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- Tipo I: para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

- Tipo V: para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

### **Agua para el Concreto:**

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características de agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

#### **La formación de gel**

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

#### **En estado fresco**

Faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.

#### **En estado endurecido**

La conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque esta velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento.

#### **Curado del concreto**

El aumento de resistencia continuara con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto.

#### **Requisitos de calidad**

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable.

Tabla 04: calidad del agua

COMPUESTO	LIMITE PERMISIBLE	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia Orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600 ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl <sup>-</sup> )	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	Máximo

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

## **Agregados para el Concreto**

### **Agregado Fino**

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan por el tamiz de 3/8” (9.51 mm) y es retenido por el tamiz N° 200. Norma Técnica Peruana 400.011.

El agregado fino utilizado para el diseño de mezcla del concreto de alta resistencia en la presente investigación, proviene de la Cantera “Vesique”.

### **Propiedades físicas**

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concreto a estudiar.

Las propiedades físicas a determinar son: Peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, contenido de humedad y absorción.

### **Peso unitario**

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también

depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

### **Peso específico**

El Peso Específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

### **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varia.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

### **Absorción**

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

### **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.

Antes de comenzar a realizarse cualquier estudio de las características del concreto, se tiene primero que determinar la calidad del agregado con el que se trabaja verificar si cumple los requerimientos básicos de las normas.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad.

Tabla 05: Requisitos Granulométricos

<b>Malla</b>	<b>% que Pasa</b>
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 100
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	0

Fuente: Norma técnica peruana 400.011

### **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 norma establece que la arena debe tener un Módulo de Fineza no menos a 2.35 ni mayor a 3.15.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la apreciación del Módulo de Finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen segregación y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

### **Superficie específica**

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las

partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

Material más fino que pasa la malla N° 200. Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclando con la arena.

En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla.

### **Agregado Grueso**

El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm (N°9) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 400.037

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

El agregado grueso utilizado para el diseño de mezcla del concreto de alta resistencia en la presente investigación proviene de la Cantera “Ruben”.

### **Propiedades físicas**

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación del concreto de alta resistencia deben cumplir, aparte de los requisitos mínimos de las Normas, que proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor a 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto.

Los agregados gruesos deben satisfacer los requerimientos mínimos que especifican las normas de control, siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites pre establecidos en dichas normas de calidad.

### **Peso unitario**

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m<sup>3</sup>.

Los valores para agregados normales varían entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados, y en caso de proporcionarse el concreto por volumen. Se determinan dos (2) pesos unitarios. Peso unitario compactado (PUC) y el Peso Unitario Suelto (PUS).

### **Peso específico**

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.).

### **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso.

Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua del concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

### **Absorción**

Es la capacidad el agregado grueso de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

### **Granulometría**

La Granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados.

En concretos de alta resistencia no es recomendable utilizar toda la granulometría del agregado grueso, por investigaciones se ha determinado utilizar tamaños máximos de piedra que están en un rango para obtener optima resistencia en compresión.



El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Las mallas utilizadas para determinar la granulometría de los agregados se designan por el tamaño de la abertura cuadrada en pulgadas.

Las Normas Nacionales especifican la granulometría de los agregados gruesos en 10 series, que son similares a las normas ASTM.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma, indicados en la tabla.

El tamaño máximo del agregado para la elaboración de concreto de alta resistencia deberá ser mantenido en un mínimo, en el orden de  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{8}$ ", no es recomendable emplear agregados de  $\frac{3}{4}$ " y 1".

También debe considerarse que los agregados de tamaño menor contribuyen a producir concretos de más alta resistencia debido a una menor concentración, alrededor de las partículas, de esfuerzos originados por una diferencia entre los módulos de elasticidad de la pasta y el agregado.

### **Tamaño Máximo Nominal**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el 1.

### **Módulo de finura**

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra, se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, dividido entre 100.

### **Superficie:**

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por una unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

### Arcilla:

Es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Arcilla del período cuaternario (400.000 años) físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$ .

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos.

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m<sup>2</sup>/g.

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

- Caolinita de elevada cristalinidad hasta 15 m<sup>2</sup>/g
- Caolinita de baja cristalinidad hasta 50 m<sup>2</sup>/g
- Halloisita hasta 60 m<sup>2</sup>/g
- Illita hasta 50 m<sup>2</sup>/g
- Montmorillonita 80-300 m<sup>2</sup>/g
- Sepiolita 100-240 m<sup>2</sup>/g
- Paligorskita 100-200 m<sup>2</sup>/g

## **Clasificación:**

**Arcilla primaria:** se utiliza esta denominación cuando el yacimiento donde se encuentra es el mismo lugar en donde se originó. El caolín es la única arcilla primaria conocida.

**Arcillas secundarias:** son las que se han desplazado después de su formación, por fuerzas físicas o químicas. Se encuentran entre ellas el caolín secundario, la arcilla refractaria, la arcilla de bola, el barro de superficie y el gres.

Si atendemos a la estructura de sus componentes, se distinguen las arcillas filitenses y las arcillas fibrosas.

También se pueden distinguir las arcillas de acuerdo a su plasticidad. Existen así las arcillas plásticas (como la caolinítica) y las poco plásticas (como la esméctica, que absorbe las grasas).

Por último, hay también las arcillas calcáreas, la arcilla con bloques (arcilla, grava y bloques de piedra de las morrenas), la arcilla de descalcificación y las arcillitas (esquistos arcillosos).

## **Arcillas activadas**

Es la reacción química a la que es sometida la arcilla mediante diferentes procesos, con la finalidad de obtener una composición adecuada a la necesidad ya sea industrial, constructora u otras actividades.

Las arcillas clarificantes activas por naturaleza han sido usadas desde alrededor de 1880. Las arcillas de sílice, como la bentonita, pueden transformarse en arcillas clarificantes altamente activadas mediante un tratamiento con ácidos. Con los años, el uso original de las arcillas como agentes decolorantes empleados en la clarificación de aceites de color oscuro se ha transformado significativamente gracias a las tecnologías modernas. Las arcillas clarificantes se han convertido en arcillas absorbentes, y aunadas a su capacidad de adsorción de componentes de color y otras impurezas no deseadas en los aceites, su característica acídica y catalítica, así como su capacidad de intercambio iónico, son propiedades de gran importancia.

### **Cáscara de Maní:**

La especie *Arachis Hypogaea*, var. *Peruviana*, es una planta originaria de Perú cuyas evidencias se encuentran en los departamentos de Ancash, Ayacucho, La Libertad y Lambayeque.

La producción de maní en el Perú se comercializa en mercados de Lima, Casma, Chimbote, Trujillo, Piura, Chiclayo. El rendimiento promedio del maní es de 70%, es decir de 100kg. De maní en cáscara obtenemos 70kg. De granos de maní y 30kg de cáscaras e impurezas; obteniendo un rendimiento por hectárea en producción 1.5 toneladas de maní en cáscara.

El maní se encuentra en la zona rural del Centro Poblado de Cascajal, la cáscara de maní se produce extensamente como residuo después de la molienda, es decir, extraer el fruto y desechar la cáscara. La cáscara ocupa un 20 – 25% del maní recogido, aunque la proporción puede variar.

Tabla 06: Estimación de la composición del maní.

<b>Composición</b>	<b>Porcentajes</b>
Tierra:	Hasta 2%
Tallo:	Hasta 1%
Grano:	Hasta 75%
Cáscara:	Hasta 25%

Fuente: Kumar J. et al.

En términos generales, la composición química de un agregado vegetal depende de la variedad, la región que se cultiva y muy importante de la técnica empleada para su análisis composicional. Su aplicación en algunas partes de la vida humana mejora la sostenibilidad del medio ambiente y el desarrollo económico, especialmente en un país en desarrollo.

Tabla 07: Composición química de la cáscara de maní.

Contenido	Cantidad %
Humedad	8 – 10 %
Proteína cruda	6 – 11 %
Grasa	1 – 2 %
Celulosa	35 – 45%
Hemicelulosa	23 – 30 %
Lignina	27 – 33 %
Ceniza	2 – 4 %
Extractivos	14 %

Fuente: Kumar J. et al.

La ceniza de cáscara de maní es el residuo mineral finamente dividido resultante de la combustión de la cáscara de maní molida o en polvo en áreas agrícolas. Las cenizas de maní son una mezcla mineral para el concreto. Influye en muchas propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido. Además, la utilización de materiales de desecho en la industria del concreto reduce los problemas ambientales.

Las principales ventajas que se derivan del uso de residuos en la sustitución parcial de cemento son de bajo costo por tonelada de producción comparado con cemento convencional.

En el presente proyecto de investigación la materia prima se obtuvo de la recolección de las cáscaras de maní que son inutilizados por la gente que cultiva este producto en el Centro Poblado Cascajal, provincia de Santa, Departamento de Ancash.

### **Diseño de Mezcla del Concreto:**

1.-Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y en las especificaciones de obra.

2.- Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista. En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de la compañía constructora, así como el grado de control que se ha de ejercer en obra.

3.-Seleccionar, en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

4.- Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.

5.-Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen del concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.

6.-Determinar el porcentaje de aire atrapado o el de aire total, según se trate de concretos normales o de concretos en los que expresamente, por razones de durabilidad, se ha incorporado aire, mediante el empleo de un aditivo.

7.- Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.

8.-Seleccionar la relación agua-cemento requerida por condición de durabilidad. Se tendrá en consideración los diferentes agentes externos e internos que podrían atentar contra la vida de la estructura.

9.-Seleccionar la menor de las relaciones agua-cemento elegidas por resistencia y durabilidad, garantizado con ello que se obtendrá en la estructura la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida.

10.-Determinar el factor cemento por unidad cubica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.

11.-Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cubica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.

12.-Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

13.-Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados finos y grueso.

14.-Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.

15.-Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

Tabla 08: Resistencia a la Compresión Promedio

<b>F'c ESPECIFICADO</b>	<b>F'CR (KG/CM2)</b>
Menos de 210	300 ppm.
Menos de 210	300 ppm.
210 a 350	150 ppm.
Mayor de 350	1500 ppm.

Fuente: Rivva E.

Tabla 09: Asentamiento recomendado para diversos tipos de obra

<b>TIPOS DE ESTRUCTURAS</b>	<b>SLUMP</b>	<b>SLUMP</b>
	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de la subestructura.	3"	1"
Vigas y muros de concreto	4"	1"
Columnas.	4"	2"
Pavimentos y losas.	3"	1"
Concreto masivo.	2"	1"

Fuente: Rivva E.

Tabla 10: Relación agua/cemento Vs F'c

<b>F'c a 28 dias (Kg/cm2)</b>	<b>Relación agua/cemento en peso</b>	
	<b>Sin aire incorporado</b>	<b>Con aire Incorporado</b>
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: Rivva E.

## **Falla en el concreto**

Las estructuras de concreto se diseñan para tener un mecanismo de falla dúctil, sin embargo, durante su vida útil pueden estar sometidas a acciones para las cuales no están diseñadas, como es el caso de sobrecargas, explosiones, sismos de gran intensidad, impactos accidentales etc.

Reacciones debidas a los materiales del concreto.

Aunque por lo general se considera que el agregado es un material inerte, existen algunos que no lo son y pueden reaccionar con el Cemento Portland causando expansión y como consecuencia de ello agrietamientos y desprendimientos. Estado fresco del concreto.- la mayoría de los problemas del concreto endurecido se originan durante el cimbrado, el colado y el acabado del concreto en su estado plástico .Aunque cuando el concreto se encuentra en estado fresco se presentan algunas grietas debido a una o varias de las siguientes causas:

- 1) Cimbras construidas deficientemente.
- 2) Elevado revenimiento.
- 3) Vibración inapropiada o insuficiente.
- 4) Falta de curado.
- 5) Colocación inapropiada de acero de refuerzo.
- 6) Contracción de volumen por el asentamiento de los sólidos en el Concreto plástico.
- 7) Vibración intensa debido a maquinaria.
- 8) Descimbrado previo a la finalización del curado.
- 9) Falta de juntas de expansión.

Efectos de la temperatura y la humedad. El volumen de concreto en estado fresco se reduce en pocas horas debido al asentamiento de los sólidos. Una parte del agua es absorbida por los agregados, mientras otra se absorbe por la superficie del terreno y una parte del agua del sangrado se pierde por evaporación. Al evaporarse el agua de la superficie se producen algunos tipos de grietas debido a que la evaporación del agua es mayor que la rapidez con la que se asciende el agua del sangrado.

Las grietas de contracción por secado se producen al secarse el agua de la superficie del concreto. Generalmente son rectas distribuidas aleatoriamente, son superficiales y no representan serios problemas, aunque dan mal aspecto al concreto. Las grietas por contracción plásticas son más anchas además de atravesar todo el espesor del concreto y si pueden representar serios problemas, por ejemplo, en un pavimento rígido este



tipo de grietas ocasiona pequeñas pérdidas de material, por un fenómeno denominado “bombeo”, generando al paso del neumático sobre la grieta una succión del material, al llover la introducción del agua en la sub-base es inevitable lo cual provoca la expansión y contracción del material, esto genera oquedades lo que origina fallas por flexión ya que de esta manera la losa de concreto ya no trabaja monolíticamente si no como un volado provocando así la falla de una parte de la capa de rodamiento de un pavimento rígido.

El clima influye en las características del concreto al momento de prepararlo de este modo cuando se fabrica en clima cálido o en climas extremos y sin tomar las precauciones necesarias, puede tener los siguientes problemas al endurecerse.

- Resistencias menores a las esperadas a los 28 días y a mayor edad, Derivadas de temperaturas altas al momento de la colocación o durante los Primeros días y/o un mayor consumo de agua.
- Menor durabilidad debido a los agrietamientos.
- Mayor propensión a la contracción por el agrietamiento o por secado.
- Mayor permeabilidad.
- Variabilidad del acabado superficial por la presencia de juntas frías o diferencias de color debidas a diferentes relaciones a/c.

**Variable Dependiente:** Resistencia del Concreto

Tabla 11: Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto	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 de concreto bajo una carga 210kg/cm <sup>2</sup> ; y que considera los siguientes aspectos	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia de plan de tesis

**Variable Independiente:** Sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca – Casma.

Tabla 12: Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución del cemento por un 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca–Casma.	Sustitución de un porcentaje de cemento por la combinación de 5% ceniza de cáscara de maní en 15% arcilla de Cunca – Casma en el diseño de concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca – Casma.

Fuente: Elaboración propia de plan de tesis

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis: Al sustituir el cemento en un 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca–Casma incrementaría la resistencia a la compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Objetivo general:**

Determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituye un 5% de cenizas de cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca – Casma, en la ciudad de Chimbote – 2017.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial de las cenizas cáscara de maní y Arcilla de Cunca – Casma.
- Caracterizar el grado de alcalinidad (pH) de la ceniza cáscara de maní y de la arcilla de Cunca – Casma.
- Activar térmicamente los precursores puzolanicos y determinar la composición química de las cenizas cáscara de maní y Arcilla de Cunca – Casma mediante la fluorescencia de rayos X.
- Determinar la relación Agua/Cemento de las muestras patrón.
- Determinar la relación Agua/Cemento de las muestras experimentales.
- Análisis y Comparación de resultados de la muestra patrón y experimental.
- Determinar el grado de relación y variación de la muestra patrón y experimental.

## **II. METODOLOGÍA:**

### **TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

#### **Tipo de investigación**

- a) **Según el proceso:** Aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca-Casma.
- b) **En coherencia con el fin de la ciencia:** Explicativa, porque los datos de la investigación serán obtenidos por resultados de los ensayos a realizar en el proceso de la investigación. Se utiliza la experimentación.



















#### **Diseño de investigación**

Es un diseño experimental del tipo en bloque al azar para la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en comparación a un nuevo diseño de concreto con sustitución en porcentaje de cemento por una combinación de cenizas cáscara de maní y arcilla.

### **SIENDO EL TIPO DE DISEÑO EL SIGUIENTE:**

- Cenizas cáscara de maní
- Arcilla de Cunca – Casma

Tabla 13: Esquema del diseño experimental

<i>DÍAS DE CURADO</i>	<i>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN 5% CENIZAS CÁSCARA DE MANI Y 15% ARCILLA DE CUNCA-CASMA</i>					
	<b>Muestra Patrón</b>			<b>Combinación</b> Cenizas Cáscara de Maní 5% + Arcilla 15%		
7						
14						
28						

Fuente: Elaboración propia de plan de tesis

### **POBLACIÓN Y MUESTRA:**

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto según el reglamento N.T.P. establecido para la resistencia  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

La muestra está constituido por 18 probetas de concreto con un diseño de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. 9 probetas para un 0% sin sustitución de los materiales experimentales, 9 probetas con 5% sustitución de cenizas cáscara de maní y 15% sustitución arcilla de Cunca – Casma.

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

- Cenizas cáscara de maní.
- Arcilla de Cunca – Casma.
- Para el diseño de probetas se obtuvo Agregado grueso (piedra de 3/4") de la cantera “Samanco” y agregado fino (arena) de la cantera “Vesique”.

- El material será llevado en saco de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP.
- Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”.

### **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN:**

Tabla 14: Técnicas de recolección de información

<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Observación Científica	Guía de observación Resumen Fichas Técnicas de las pruebas a realizar (ver anexo)

Fuente: Elaboración propia de plan de tesis

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación para registrar las resistencias de las probetas y fichas de laboratorio para los diversos ensayos de la resistencia a la compresión (ver anexos).

### **PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:**

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

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de la probeta de concreto con la sustitución de cemento en 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca – Casma – 2017.
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

## **METODOLOGÍA:**

### **ARCILLA:**

#### **➤ Recolección:**

La arcilla extraída del Caserío de Cunca – Distrito Buena Vista Alta – Provincia de Casma con coordenadas 9°20'25.9"S y 78°07'39.0"W, fue llevada la Universidad San Pedro para poder realizar los ensayos necesarios. **(Fotografía N°1 – N°2)**

#### **➤ Lavado de la Arcilla:**

Este procedimiento se realizó para separar la arcilla del limo, esto se logró mediante sedimentación como se muestra en las imágenes las separaciones. **(Fotografía N°3 – N°4)**

Se dejó secar la arcilla en un horno a una temperatura 110°C durante 24hrs. Para posteriormente obtener el material en forma sólida después de haber hecho el proceso de lavado. **(Fotografía N°5 – N°6)**

#### **➤ Determinación de los límites de Atterberg:**

- Límite líquido
- Límite plástico
- Índice de plasticidad

Para empezar a realizar los ensayos como el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de la arcilla, se pasa por la malla #200, tamizando apropiadamente 500g. **(Fotografía N°7)**

#### **➤ Ensayo de Limite Líquido:**

Utilizando 150gr de arcilla y 100ml de agua destilada se realizará el ensayo de límite líquido, en el equipo Copa de Casagrande. **(Fotografía N°8 – N°9)**

#### **➤ Ensayo de Limite Plástico:**

Se moldea 20gr de arcilla más 10ml de agua destilada 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 a un diámetro de 3.2 mm (1/8"). **(Fotografía N°10 – N°11)**

➤ **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 Cunca – Casma. **(Fotografía N°12)**

➤ **Calcinación de la Arcilla de Cunca – Casma:**

Se calcino la muestra a 530° C por 1 hora y media en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad San Pedro. **(Fotografía N°13 – N°14)**

**CÁSCARA DE MANÍ:**

➤ **Recolección:**

La cáscara de maní extraída poblado Cascajal – Distrito Chimbote – Provincia de Santa con coordenadas 8°53'41.1"S y 78°30'02.1"W. **(Fotografía N°15 – N°16)**

➤ **Limpieza de la Cáscara de Maní:**

La cáscara de maní se realizó una separación de los residuos de las plantas o pequeñas ramas que quedan y además se lavó la cáscara de maní para eliminar las impurezas que pueda contener la corteza de la cáscara, luego se dejó secar al aire libre. **(Fotografía N°17)**

➤ **Pre-quemado de la Cáscara de Maní:**

Se realiza el pre-quemado de la cáscara de maní en un masetero prendido al aire libre, para obtener las cenizas que necesitamos y posteriormente calcinarlo. **(Fotografía N°18 – N°19)**

➤ **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 las cenizas de cáscara de maní. **(Fotografía N°20)**

➤ **Calcinación de las Cenizas Cáscara de Maní:**

Se calcino la muestra a 390°C por 3 horas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad San Pedro. **(Fotografía N°21 – N°22)**



## **EXTRACCION DE LOS AGREGADOS:**

### **➤ Recolección del Agregado Fino:**

La arena para realizar las probetas se obtuvo de la cantera de VESIQUE para ser ensayadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad San Pedro. **(Fotografía N°23)**

### **➤ Recolección del Agregado Grueso:**

La grava para realizar las probetas se obtuvo de la cantera de SAMANCO para ser ensayadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad San Pedro. **(Fotografía N°24)**

## **ELABORACION DE PROBETAS PATRON**

- Se pesó los materiales como el agregado grueso, fino, cemento y agua que se obtuvo del diseño de mezcla. **(Fotografía N°37 – N°38)**
- Se usó una mezcladora para poder mezclar los materiales ya mencionados y realizar las probetas patrón. **(Fotografía N°39)**
- Después de mezclar el material se pasó a hacer el ensayo del cono de abrams para medir el asentamiento del concreto donde cumple entre 3” a 4” como se diseñó. **(Fotografía N°40 – N°41)**
- Una vez que se vio el asentamiento el concreto y se denota la trabajabilidad se empezó a echar el concreto a los moldes, la primera capa a continuación de 25 golpes por capa y sus respectivos golpes a los costados como vibración del molde, luego una segunda capa a continuación de 25 golpes y sus respectivos golpes a los costados, otra tercera capa con 25 golpes más y sus respectivos golpes a los costados, después de haber hecho eso se realiza el enrasado donde debe quedar bien plano o liso la parte superficial de la probeta. **(Fotografía N°42 – N°43)**
- Después de haber enrasado la parte superficial de la probeta empieza el tiempo de fraguado de las probetas que durante 24 horas después se pasaría a desencofrar. **(Fotografía N°44)**
- Luego de dejarlo 1 día en los moldes se desencofra y se deja curar en agua con respecto a sus días de curados que son 7, 14 y 28 días.
- Una vez pesado después de los días de curado antes de hacer el ensayo a la compresión del concreto se pasará a medir el diámetro de la probeta para obtener el área de la superficie circular. **(Fotografía N°57 – N°58 – N°59 – N°60)**

### **III. RESULTADOS:**

#### **ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:**

#### **CENIZAS CÁSCARA DE MANÍ**

Se determinó la temperatura óptima de calcinación. Mediante el Análisis Térmico Diferencial en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un Analizador Térmico simultaneo TG\_DTA\_DSC Cap. Max.: 1600°C SetSys\_Evolution. Se empleó una tasa de calentamiento de 20 °C/min, Gas de trabajo y flujo Nitrógeno 10 ml/min, el rango de trabajo de 25 a 900 °C y una masa de muestra analizada de 19.8 mg. (**Grafico N°1 – Grafico N°2**)

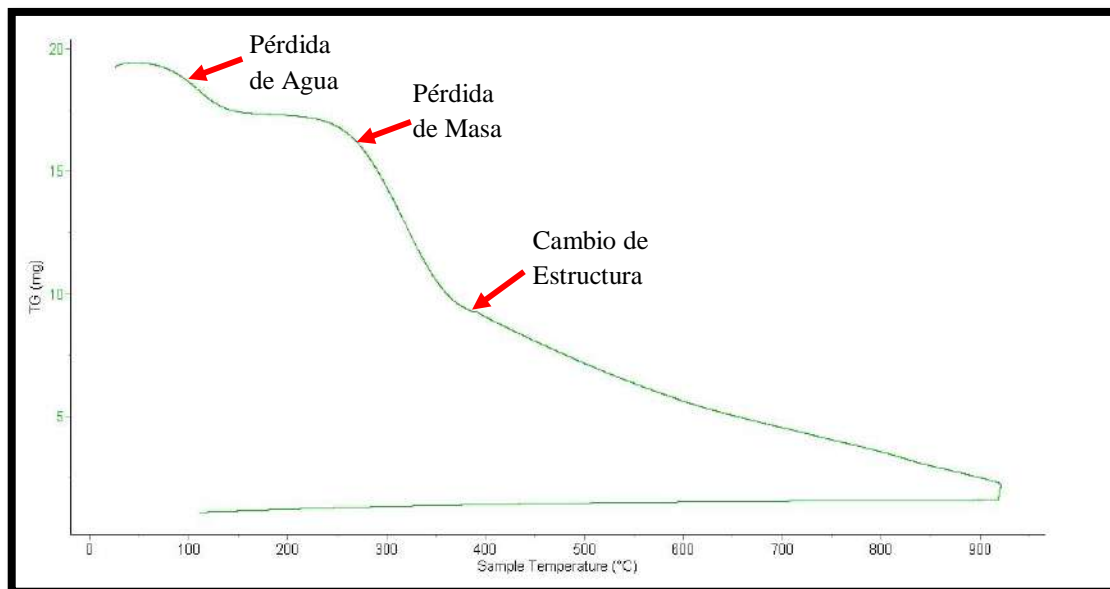


Grafico n°1: Análisis Termo Gravimétrico de la Cenizas Cáscara de Maní con los correspondientes picos de pérdida de masa.

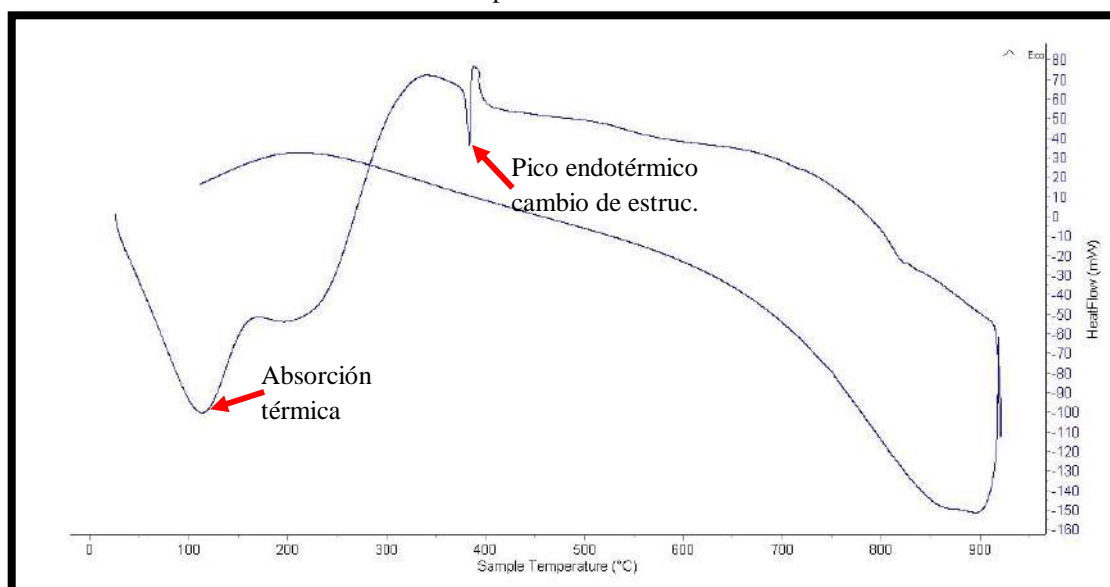


Grafico n°2: Análisis Calorimétrico de la Cenizas Cáscara de Maní con los correspondientes picos de cambio de fase.

De acuerdo al ATD la cáscara de maní se calcino a 390°C y el tiempo de calcinación fue de 3 horas de acuerdo a la referencia de Kreiker, J. (2014).

### Calcinación de Cenizas Cáscara de Maní

Tabla 15: Calcinación de cenizas cáscara de maní

MUESTRA	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Perdida de material (gr.)
M-1	488.50	199.50	289.00

Fuente: Elaboración propia

### ARCILLA:

Se determinó la temperatura óptima de calcinación. Mediante el Análisis Térmico Diferencial en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un Analizador Térmico simultaneo TG\_DTA\_DSC Cap. Max.: 1600°C SetSys\_Evolution. Se empleó una tasa de calentamiento de 20 °C/min, Gas de trabajo y flujo Nitrógeno 10 ml/min, el rango de trabajo de 25 a 1100 °C y una masa de muestra analizada de 27.9 mg. **(Grafico N°3 – Grafico N°4)**

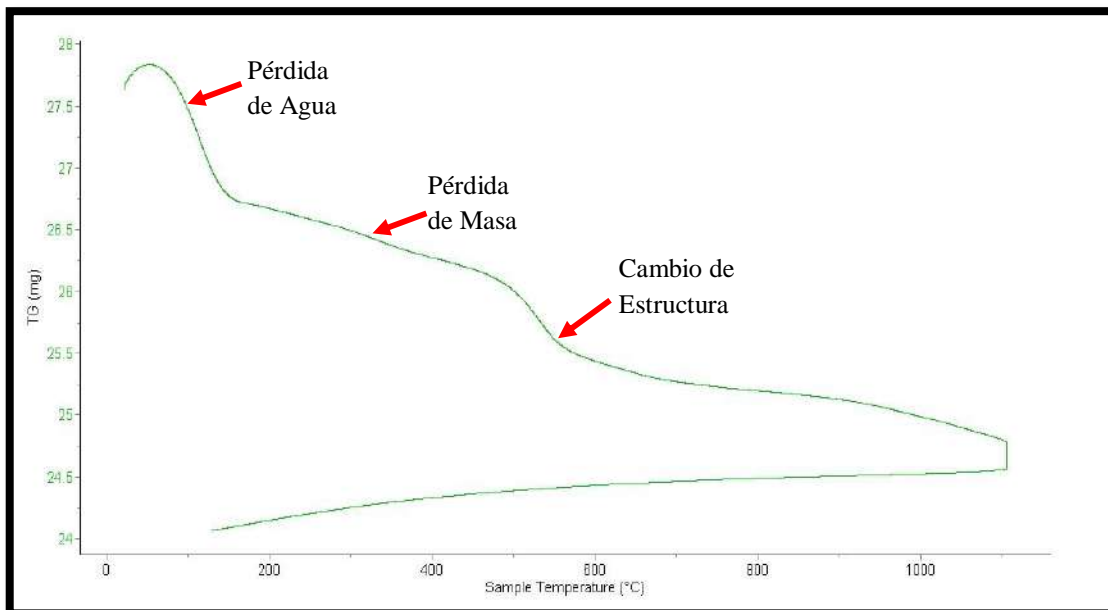


Grafico n°3: Análisis Termo Gravimétrico de la Arcilla de Cunca - Casma con los correspondientes picos de pérdida de masa.

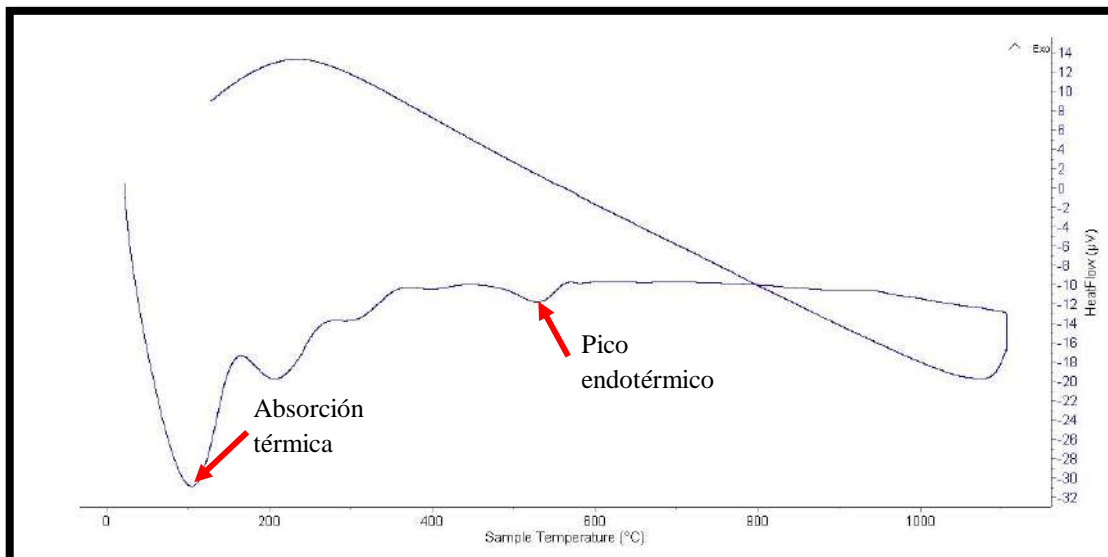


Grafico n°4: Análisis Calorimétrico de la Arcilla de Cunca – Casma con los correspondientes picos de cambio de fase.

De acuerdo al ATD la arcilla se calcina a 530°C y el tiempo de calcinación fue de 1 hora y media de acuerdo a la referencia de Taylor, S. (2015).

### Calcinación de Arcilla de Cunca

Tabla 16: Calcinación de arcilla de Cunca

MUESTRA	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Perdida de material (gr.)
M-1	1900.00	1728.30	171.70

Fuente: Elaboración propia

### **GRADO DE ALCALINIDAD (PH) DE LA CENIZA CÁSCARA DE MANÍ Y DE LA ARCILLA DE CUNCA – CASMA:**

El grado de alcalinidad (pH) de cada muestra en este caso de la arcilla, cenizas cáscara de maní y la combinación de ambas junto al cemento, utilizando un potenciométrico, los resultados obtenidos realizados por el laboratorio COLECBI. S.A.C. son los siguientes:

Tabla 17: Grado de alcalinidad (pH)

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYOS (pH)</b>
Cemento (C)	<b>14.43</b>
Arcilla de Cunca (AC)	<b>4.41</b>
Cenizas de Cáscara de Maní (CCM)	<b>14.05</b>
80%(C) + 15%(AC) + 5%(CCM)	<b>14.42</b>

Fuente: Resultados del laboratorio COLECBI. S.A.C.

### **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS CÁSCARA DE MANÍ Y ARCILLA DE CUNCA – CASMA:**

**Cenizas de Cáscara de Maní:** Las cenizas de cáscara de maní, fue sometido a un Análisis por Fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayos de San Marcos. Los componentes químicos de las cenizas de cáscara de maní calcinada se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes:

Tabla 18: Composición química de las cenizas de cáscara de maní

<b>COMPOSICION QUIMICA</b>	<b>RESULTADO (%)</b>
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>18.181</b>
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	<b>26.297</b>
Pentóxido de Disfósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>1.831</b>
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	<b>8.263</b>
Dióxido de Cloruro (ClO <sub>2</sub> )	<b>4.975</b>
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	<b>18.748</b>
Óxido de Calcio (CaO)	<b>18.233</b>
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	<b>0.315</b>
Trióxido de Dicromo (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.006</b>
Óxido de Manganeso (MnO)	<b>0.054</b>
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>2.770</b>
Óxido de Cobalto (Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	<b>0.006</b>
Óxido Niquelico (Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.006</b>
Óxido de Cobre (CuO)	<b>0.089</b>

Óxido de Zinc (ZnO)	<b>0.081</b>
Trióxido de Arsénico (As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.007</b>
Óxido de Rubidio (Rb <sub>2</sub> O)	<b>0.005</b>
Óxido de Estroncio (SrO)	<b>0.120</b>
Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	<b>0.016</b>

Fuente: Resultados del laboratorio de Arquimetría de la UNMSM

**Arcilla de Cunca – Casma:** La arcilla calcinada, fue sometido a un Análisis por Fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) en el Laboratorio de Archeometría de la Universidad Nacional Mayos de San Marcos. Los componentes químicos de la arcilla calcinada se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes:

Tabla 19: Composición química de la arcilla de Cunca

<b>COMPOSICION QUIMICA</b>	<b>RESULTADO (%)</b>
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>20.993</b>
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	<b>72.291</b>
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	<b>2.643</b>
Óxido de Calcio (CaO)	<b>0.312</b>
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	<b>1.241</b>
Óxido (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>0.027</b>
Trióxido de Dicromo (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.020</b>
Óxido de Manganeso (MnO)	<b>0.044</b>
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>2.242</b>
Óxido Niquelico (Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.007</b>
Óxido de Cobre (CuO)	<b>0.011</b>
Óxido de Zinc (ZnO)	<b>0.016</b>
Óxido de Rubidio (Rb <sub>2</sub> O)	<b>0.017</b>
Óxido de Estroncio (SrO)	<b>0.016</b>
Óxido de Itrio (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>0.007</b>
Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	<b>0.040</b>
Óxido de Bario (BaO)	<b>0.066</b>

Fuente: Resultados del laboratorio de Arquimetría de la UNMSM

### **RELACIÓN A/C DE LA MUESTRA PATRÓN:**

- Según los datos de los ensayos realizados a los materiales tanto en el agregado grueso y agregado fino se determinaron el peso unitario suelto, peso compactado suelto, contenido de humedad, absorción y gravedad específica, granulometría.
- Con los datos obtenidos de dichos ensayos se realizó el diseño de mezcla para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico: 3.12

Agua:

- Potable de la zona

Agregado Fino: CANTERA: VESIQUE

- Peso específico de masa: 2.61
- Peso unitario suelto: 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado: 1736 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad: 0.83 %
- Absorción: 0.30 %
- Modulo de fineza: 3.08

Agregado Grueso: CANTERA: SAMANCO

- Tamaño Máximo Nominal: 1”
- Peso específico de masa: 2.89”
- Peso unitario suelto: 1555 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado: 1645 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad: 0.61 %
- Absorción: 0.63 %

Selección del asentamiento

- Para que la mezcla tenga una consistencia plástica, el asentamiento que le corresponde de 3” a 4”

Volumen unitario de Agua

- Para una mezcla de concreto con asentamiento e 3” a 4”, sin aire incorporado y

cuyo agregado grueso tiene un tamaño nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>

#### Relación Agua / Cemento

- Se obtiene una relación agua / cemento de 0.684

#### Factor de Cemento

- F.C.:  $193 / 0.684 = 282.164 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsa/m}^3$

#### Valores de diseño corregidos

- Cemento: 282.164 kg/m<sup>3</sup>
- Agua efectiva: 188.568 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado fino: 887.395 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso: 1059.272 kg/m<sup>3</sup>

#### Proporciones en Peso

- Cemento: 1.00
- Agua efectiva: 28.40 ltd/bolsa
- Agregado fino: 3.15
- Agregado grueso: 3.75

#### Proporciones en Volumen

- Cemento: 1.00
- Agua efectiva: 28.40 lts/bolsa
- Agregado fino: 3.02
- Agregado grueso: 3.60

Proporción por probeta, volumen producido por probeta: 6444 cm<sup>3</sup>

- Cemento: 1.818
- Agua efectiva: 1.215 lts
- Agregado fino: 5.718
- Agregado grueso: 6.826



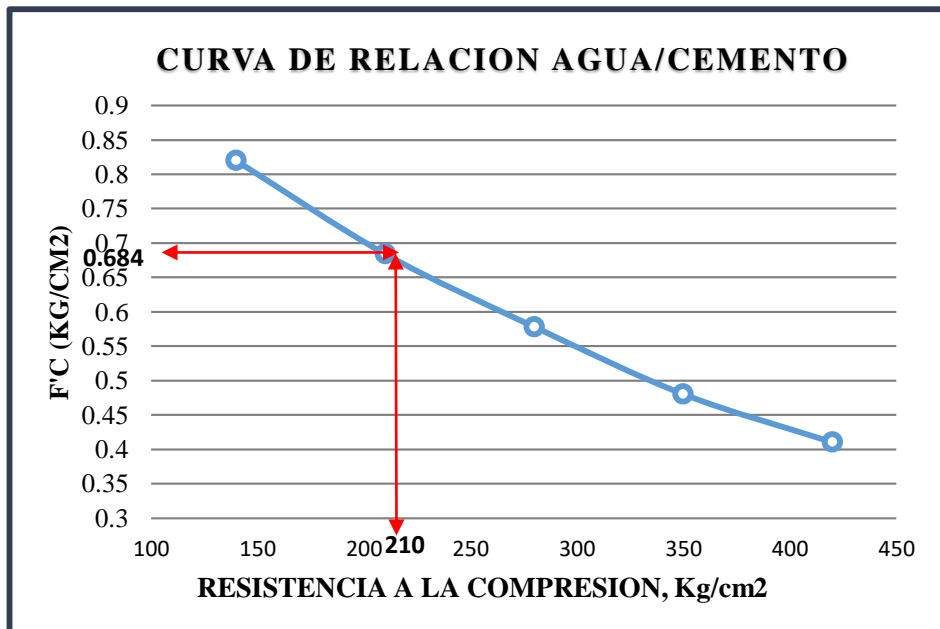


Grafico n°5: Relación agua/cemento de la muestra patrón

**RELACIÓN A/C DE LA MUESTRA EXPERIMENTAL:**

- Con los datos obtenidos del ensayo del peso específico combinación cenizas cáscara de maní y arcilla se realizó el diseño de mezcla experimental.

Arcilla de Cunca + CCM:

- Peso específico: 3.768

Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico: 3.12

Agua:

- Potable de la zona

Agregado Fino: CANTERA: VESIQUE

- Peso específico de masa: 2.61
- Peso unitario suelto: 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado: 1736 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad: 0.83 %
- Absorción: 0.30 %
- Modulo de fineza: 3.08

Agregado Grueso: CANTERA: SAMANCO

- Tamaño Máximo Nominal: 1"
- Peso específico de masa: 2.89"
- Peso unitario suelto: 1555 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado: 1645 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad: 0.61 %
- Absorción: 0.63 %

Selección del asentamiento

- Para que la mezcla tenga una consistencia plástica, el asentamiento que le corresponde de 3" a 4"

Volumen unitario de Agua

- Para una mezcla de concreto con asentamiento e 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>

Relación Agua / Cemento

- Se obtiene una relación agua / cemento de 0.669

Valores de diseño corregidos

- Cemento: 225.73 kg/m<sup>3</sup>
- Combinación 15% AC y 5% CCM: 56.432 kg/m<sup>3</sup>
- Agua efectiva: 188.82 lts/m<sup>3</sup>
- Agregado fino: 842.66 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso: 1108.69 kg/m<sup>3</sup>

Proporciones en Peso

- Cemento: 1.00
- Combinación 15% AC y 5% CCM: 0.25
- Agua efectiva: 35.55 ltd/bolsa
- Agregado fino: 3.73
- Agregado grueso: 4.91

Proporción por probeta, volumen producido por probeta: 6444 cm<sup>3</sup>

- Cemento: 1.4546
- Combinación 15% AC y 5% CCM: 0.363

- Agua efectiva: 1.217 lts
- Agregado fino: 5.430
- Agregado grueso: 7.144

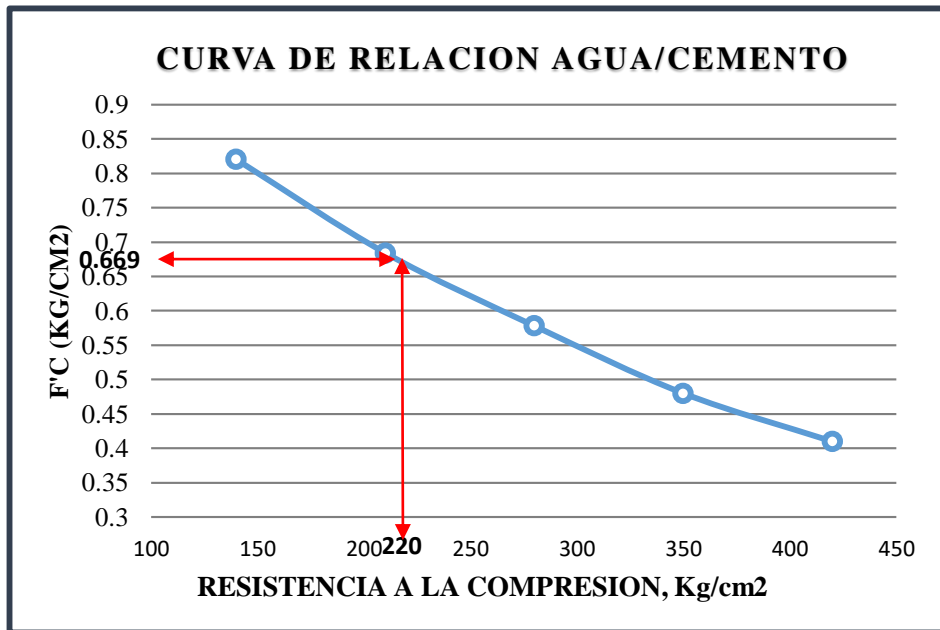


Gráfico n°6: Relación agua/cemento de la muestra experimental

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS:

- Se prepara las probetas después de pesar y medir su diámetro para que ingrese a la máquina de compresión y poder medir la carga que se le aplicara.

Tabla 20: Resultados de ensayos a la compresión de testigos patrones a los 7 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-1	13.65	13.70	15.00	176.72	29200.00	165.24	78.68
P-2	13.70	13.75	15.10	179.08	30560.00	170.65	81.26
P-3	13.70	13.75	15.10	179.08	31380.00	175.23	83.44
<b>Promedio</b>	<b>13.68</b>	<b>13.73</b>	<b>15.07</b>	<b>178.29</b>	<b>30380.00</b>	<b>170.37</b>	<b>81.13</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

Tabla 21: Resultados de ensayos a la compresión de testigos patrones a los 14 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-4	13.75	13.80	15.15	180.27	32130.00	178.24	84.87
P-5	13.75	13.80	15.15	180.27	33900.00	188.05	89.55
P-6	13.80	13.85	15.10	179.08	35220.00	196.67	93.65
<b>Promedio</b>	<b>13.77</b>	<b>13.82</b>	<b>15.13</b>	<b>179.87</b>	<b>33750.00</b>	<b>187.65</b>	<b>89.36</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

Tabla 22: Resultados de ensayos a la compresión de testigos patrones a los 28 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-7	13.80	13.90	15.20	181.46	39100.00	215.48	102.61
P-8	13.90	13.95	15.20	181.46	40590.00	223.69	106.52
P-9	14.00	14.05	15.20	181.46	42550.00	234.49	111.66
<b>Promedio</b>	<b>13.90</b>	<b>13.97</b>	<b>15.20</b>	<b>181.46</b>	<b>40746.67</b>	<b>224.55</b>	<b>106.93</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

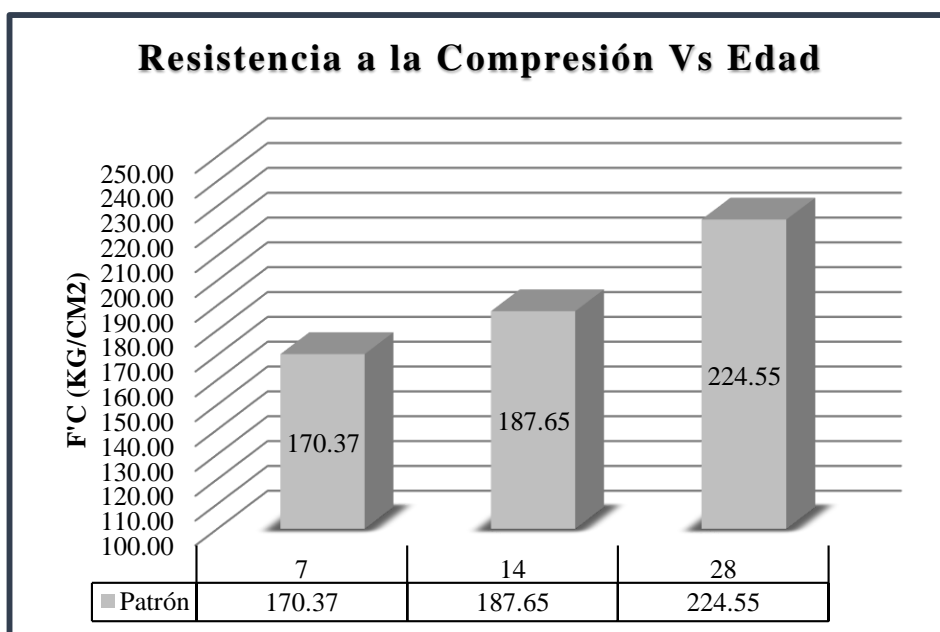


Grafico n°7: Promedio de las resistencias patrón a los 7, 14 y 28 días

Tabla 23: Resultados de ensayos a la compresión de testigos experimentales a los 7 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-1	13.55	13.60	15.10	179.08	21830.00	121.90	58.05
P-2	13.60	13.65	15.15	180.27	21740.00	120.60	57.43
P-3	13.65	13.65	15.15	180.27	21970.00	121.87	58.04
<b>Promedio</b>	<b>13.60</b>	<b>13.63</b>	<b>15.13</b>	<b>179.87</b>	<b>21846.67</b>	<b>121.46</b>	<b>57.84</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

Tabla 24: Resultados de ensayos a la compresión de testigos experimentales a los 14 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-4	13.65	13.75	15.20	181.46	32830.00	180.92	86.15
P-5	13.70	13.75	15.10	179.08	29150.00	162.78	77.51
P-6	13.70	13.75	15.10	179.08	30360.00	169.53	80.73
<b>Promedio</b>	<b>13.68</b>	<b>13.75</b>	<b>15.13</b>	<b>179.87</b>	<b>30780.00</b>	<b>171.08</b>	<b>81.47</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

Tabla 25: Resultados de ensayos a la compresión de testigos experimentales a los 28 días de curado

MUESTRAS	PESO DESENCOFRADO (kg)	PESO DESPUES DE CURADO (kg)	DIAMETRO PROBETA (cm)	AREA PROBETA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
P-7	13.70	13.80	15.10	179.08	34120.00	190.53	90.73
P-8	13.75	13.85	15.10	179.08	33280.00	185.84	88.50
P-9	13.75	13.85	15.15	180.27	34960.00	193.93	92.35
<b>Promedio</b>	<b>13.73</b>	<b>13.83</b>	<b>15.12</b>	<b>179.48</b>	<b>34120.00</b>	<b>190.10</b>	<b>90.52</b>

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

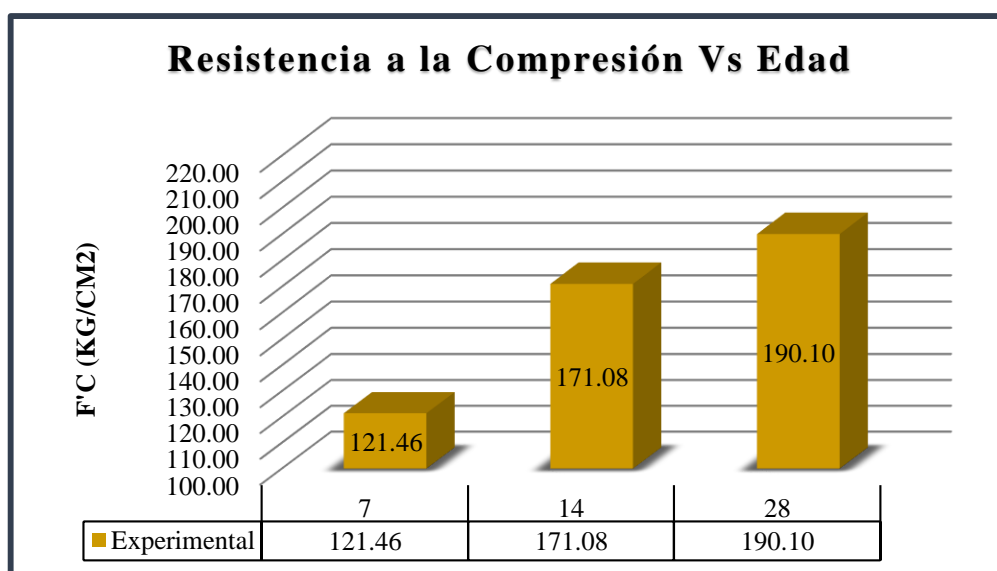


Gráfico n°8: Promedio de las resistencias experimentales a los 7, 14 y 28 días

**COMPARACION DE RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON Y EXPERIMENTAL:**

Tabla 26: Comparación de resultados de ensayos a la compresión de testigos patrones y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado

EXPERIMENTAL			PATRON			
7	14	28	7	14	28	
121.90	180.92	190.53	165.24	178.24	215.48	
120.60	162.78	185.84	170.65	188.05	223.69	
121.87	169.53	193.93	175.23	196.67	234.49	
<b>Promedio</b>	<b>121.46</b>	<b>171.08</b>	<b>Promedio</b>	<b>170.37</b>	<b>187.65</b>	<b>224.55</b>

Fuente: Elaboración propia

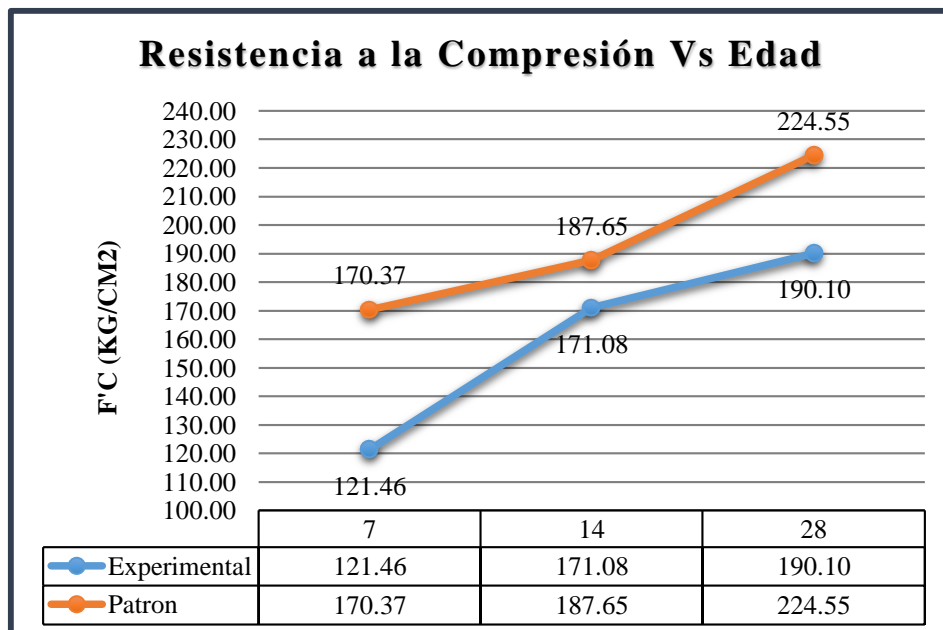


Grafico n°9: Comparación de resultados promedio de las resistencias patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días

**DETERMINAR EL GRADO DE RELACIÓN Y VARIACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN Y EXPERIMENTAL:**

**Desviación Estándar:**

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Ds: Desviación estándar

Xprom: Resistencia promedio

X: Resistencia individual

n: Numero de ensayos

**Variación:**

$$V = \frac{Ds}{Xprom} \times 100$$

Ds: Desviación estándar

Xprom: Resistencia promedio

### **PATRON**

Se ha obtenido los resultados de los ensayos de resistencias de las muestras patrón, se tendrá en cuenta este conjunto de datos para ser aplicados de acuerdo a los conceptos estadísticos:

#### **PARA MUESTRAS PATRON A LOS 7 DIAS DE CURADO**

<b>(X-Xprom)</b>	<b>(X-Xprom)<sup>2</sup></b>
-5.14	26.37
0.28	0.08
4.86	23.59
<b>Σ</b>	<b>50.04</b>

$$Ds = 5.00$$

$$V = 2.94\%$$

#### **PARA MUESTRAS PATRON A LOS 14 DIAS DE CURADO**

<b>(X-Xprom)</b>	<b>(X-Xprom)<sup>2</sup></b>
<b>-9.42</b>	<b>88.71</b>
<b>0.40</b>	<b>0.16</b>
<b>9.02</b>	<b>81.33</b>
<b>Σ</b>	<b>170.20</b>

$$Ds = 9.22$$

$$V = 4.92\%$$

PARA MUESTRAS PATRON A LOS 28 DIAS DE CURADO

$(X-X_{prom})$	$(X-X_{prom})^2$
-9.07	82.35
-0.86	0.75
9.94	98.76
$\Sigma$	181.86

$$Ds = 9.54$$

$$V = 4.25\%$$

**EXPERIMENTAL**

Se ha obtenido los resultados de los ensayos de resistencias de las muestras experimentales, se tendrá en cuenta este conjunto de datos para ser aplicados de acuerdo a los conceptos estadísticos:

PARA MUESTRAS EXPERIMENTALES A LOS 7 DIAS DE CURADO

$(X-X_{prom})$	$(X-X_{prom})^2$
0.44	0.20
-0.86	0.74
0.42	0.17
$\Sigma$	1.11

$$Ds = 0.74$$

$$V = 0.61\%$$

PARA MUESTRAS EXPERIMENTALES A LOS 14 DIAS DE CURADO

$(X-X_{prom})$	$(X-X_{prom})^2$
9.84	96.92
-8.30	68.90
-1.54	2.38
$\Sigma$	168.20

$$Ds = 9.17$$

$$V = 5.36\%$$



PARA MUESTRAS EXPERIMENTALES A LOS 28 DIAS DE CURADO

$(X-X_{prom})$	$(X-X_{prom})^2$
0.43	0.18
-4.26	18.16
3.83	14.69
$\Sigma$	33.03

$$Ds = 4.06$$

$$V = 2.14\%$$

Tabla 27: Grado de relación y variación del concreto

V (%)	UNIFORMIDAD DEL CONCRETO
0 - 5	Excelente
5 - 10	Muy Bueno
10 - 15	Bueno
15 - 20	Mediano
20 - 25	Malo
> 25	Muy Malo

Fuente: Valores de variación y grado de uniformidad, Ing. Gerardo A.

### ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

La arcilla de Cunca – Casma, fue utilizada para determinar los límites de plasticidad, siguiendo el método de atterberg utilizando la Copa de Casagrande para el límite líquido y en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad San Pedro. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 28: Límites de atterberg

	Límite Plástico (%)	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Arcilla de Cunca	27.70	68.48	40.78

Fuente: Resultados del laboratorio MS y EM de la USP

Los datos correspondientes a los límites de Atterberg que aparecen en la tabla anterior, fueron representados en el Diagrama de Holtz y Kocvas.

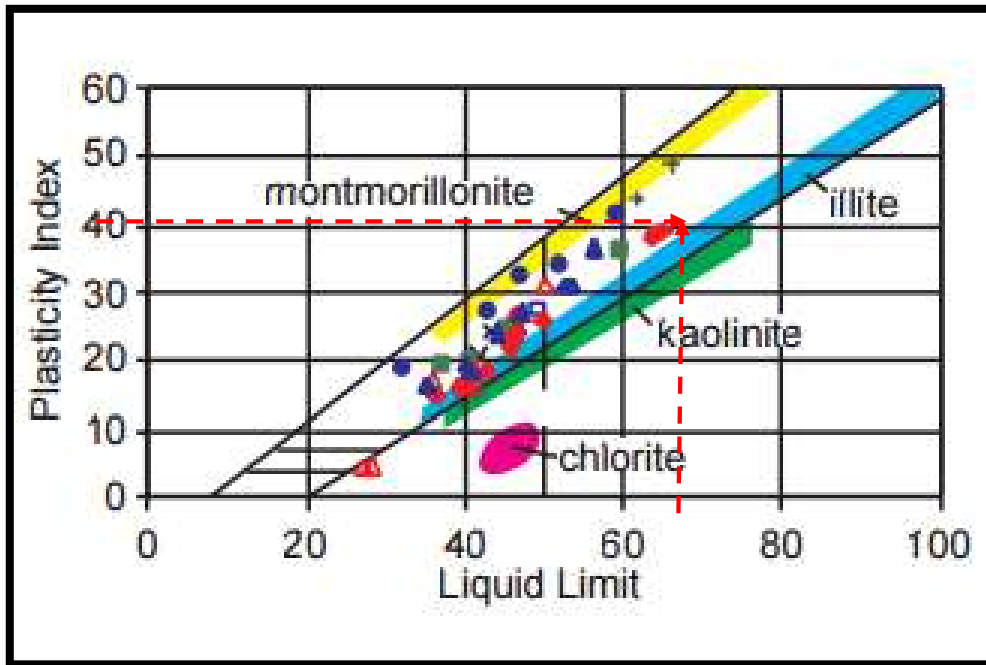


Grafico n°10: Diagrama de Holtz y Kovacs.

Según el diagrama de Holtz y Kovacs el tipo de arcilla se encuentra entre montmorillonite e illite.

### **PRUEBA DE HIPOTESIS CON SPSS:**

Tabla 29: Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca – Casma según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto según sustitución	
	Patrón	Experimental
7	170,37	121,46
14	187,65	171,08
28	224,55	190,10

Fuentes: Resultados de los ensayos de laboratorio de la USP

En la Tabla 29: se puede apreciar que los promedios de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto experimental no supera a la resistencia patrón a los 7, 14 y 28 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de las resistencias promedio obtenidas en las probetas de concreto con la sustitución del cemento por un 5% de cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca – Casma, se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 30: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre los promedios de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>
Sustitución	1664.334	1	1664.334	12.683	0,071
Días de curado	3781.235	2	1890.617	14.408	0,065
Error	262.444	2	131.222		
Total	5708.013	5			

Fuentes: Resultados de los ensayos de laboratorio MS y EM de la USP

En la tabla 30 se puede visualizar que el  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.071 > 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con la sustitución del 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla significaría las resistencias a la compresión, son iguales. También se tiene que para los días de curado  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.065 > 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias promedio de las probetas de concreto son iguales a consecuencia de los día de curado.

#### **IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:**

El análisis termo gravimétrico de la cáscara de maní que aparecen en el gráfico n°3, en donde se aprecia una pendiente pronunciada entre 80 °C y 120 °C que representa la pérdida de agua presente en la muestra, también se aprecia una pendiente igualmente pronunciada entre 240 y 350 °C que corresponde al cambio de fase interna del material. En el gráfico n°4 correspondiente al análisis calorimétrico, se aprecia un pico endotérmico aproximadamente en 110 °C que corrobora la pérdida del agua físicamente adherida al material; y un segundo pico endotérmico alrededor de 390 °C demuestra gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material. De tal manera se calcino a una temperatura de 390°C durante un tiempo de 180 minutos estudiado por Kreiker. J. (2014) donde las cenizas de cáscara de maní fueron preparadas a temperaturas de 500, 650 y 850°C durante el tiempo ya mencionado.

El análisis termo gravimétrico de la arcilla que aparecen en el gráfico n°1, en donde se aprecia una pendiente pronunciada entre 80 °C y 120 °C que representa la pérdida de agua presente en la muestra, también se aprecia una pendiente igualmente pronunciada entre 420 y 480 °C que corresponde al cambio de fase interna del material. En el gráfico n°2 correspondiente al análisis calorimétrico, se aprecia un pico endotérmico aproximadamente en 110 °C que corrobora la pérdida del agua físicamente adherida al material; y un segundo pico endotérmico alrededor de 530 °C que presenta el rompimiento de la estructura cristalina de la arcilla en decir su deshidroxilación para conforma un material aproximadamente amorfo y de carácter puzolánico. Por lo tanto, la activación de la Arcilla se calcino a una temperatura de 530 °C, del cual se consideró un tiempo de calcinación de 1 hora y media de acuerdo al estudio realizado por Taylor. S. (2015) donde la calcinación debe darse en una temperatura entre los 650° a 930°C, pero a consecuencia de que el estudio de TGA nos arroja un grado de calcinación de 530°C de tal manera se consideró 30min mas para la calcinación del material y poder lograr la activación a beneficio de lo que buscamos con esta investigación.

El pH de los elementos que conforman el concreto, tanto de la arcilla de Cunca, las cenizas de cáscara de maní y el compuesto (cemento-arcilla-cenizas cáscara de maní), es de suma importancia para caracterizar el grado de alcalinidad de su reacción puzolana. De la tabla 17 mostrada, se puede apreciar que la arcilla tiene un pH de baja

acidez con un valor de 4.41, las cenizas de cáscaras de maní tienen un pH alto alcalino con 14.05 y el compuesto (cemento-arcilla-cenizas cáscara de maní) tiene un pH alcalino de 14.42 lo que hace un compuesto aglomerante lo que forma un material con buena actividad puzolana. Lo mencionado en las investigaciones de Arum, C. (2013) y Chackchouk, A. (2006) donde los materiales de esta investigación satisfacen los requisitos esenciales para ser puzolanas y ser evaluadas a la resistencia a la compresión.

La composición química de las cenizas de cáscara de maní los porcentajes más relevantes son: 26.297% de Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), 18.233% de Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ), 18.181% de Trióxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y 2.770% de Óxido Férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), la suma de las mismas alcanzan un valor de 65.481% que no supera al criterio total donde estos óxidos deberían estar entre 95% al 97% porcentaje establecido en la NTP 334.009 (2005) (Tabla 03) y Arum, C. (2013) que la suma de estos óxidos debe tener un valor mínimo del 70%; por otro lado los componentes Óxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con 18.748%, Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) con 8.263% y Dióxido de Cloruro ( $\text{Cl}_2$ ) con 4.975% demuestra que el material se encuentra en un estado regular limpio pero estos influyen negativamente en la durabilidad del concreto perjudicando la adherencia de los materiales.

La composición química de la arcilla de Cunca los porcentajes más relevantes son: 72.291% de Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), 20.993% de Trióxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 2.242% de Óxido Ferrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y 0.312% de Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ), la suma de las mismas alcanzan un valor de 95.838% que se encuentra en el rango del criterio total donde estos óxidos deberían estar entre 95% al 97% porcentaje establecido en la NTP 334.009 (2005) (Tabla 03) y Chackchouk, A. (2006) indica que las arcilla con alto contenido de silicio y aluminio pueden mostrar mayor resistencia a la compresión; por lo otro lado los componentes Óxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con 2.643% y Óxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ) con 1.241% demuestra que el material se encuentra en un estado relativamente limpio pero estos influyen negativamente en la durabilidad del concreto perjudicando la adherencia de los materiales. El valor de porcentaje (%) Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) representaría un déficit de este elemento puzolánico para la elaboración de concreto, sobre todo cuando los porcentajes de sustitución se incrementan, sin embargo, esta deficiencia por falta de ( $\text{CaO}$ ) afectara a la resistencia del concreto.

La relación agua / cemento que mediante los ensayos realizados a los materiales se pudo determinar nos da un valor obtenido para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> de 0.684. La relación agua / cemento para el diseño de las muestras experimentales fue hallada de 0.669, mucho menor a la relación a/c del patrón, el cual quiere decir que la resistencia del concreto experimental según diseño de mezcla debería salir mayor a la resistencia del concreto patrón, pero según los componentes químicos de la arcilla y las cenizas de la cáscara de maní por falta de (CaO) este no puede superar la resistencia del concreto patrón.

Como se denota en los resultados de los ensayos de compresión de los testigos, de la tabla 26 y el grafico n° 9, notamos que la sustitución del cemento por un 5% cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca; a los 7, 14 y 28 días después de curado logra no logra superar al patrón con una resistencia promedio de 121.46 kg/cm<sup>2</sup>, 171.08 kg/cm<sup>2</sup> y 190.10 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Con respecto a los patrones que alcanzaron una resistencia de 170.37 kg/cm<sup>2</sup>, 187.65 kg/cm<sup>2</sup> y 224.55 kg/cm<sup>2</sup>; donde dicho proceso se debe a la influencia de sus componentes químicos que presentan los materiales experimentales, entre ellos la falta de calcio para poder aumentar la resistencia. Dicho esto, en referencia de los estudios realizados por Kreiker (2014), Kanagalaskshmi (2015) y Taylor (2015) las resistencias a la compresión del concreto logran alcanzar un 90% de la resistencia patrón o en algunos casos logra superar.

La variación entre muestras patrón y experimentales se determinó referente a los días de curado, a los 7 días de curado el patrón con 2.94%, el experimental con 0.61% es muy significativa la diferencia de estos resultados; a los 14 días de curado el patrón con 4.92%, el experimental con 5.36% donde la diferencia es mínima con relación que las resistencias del concreto experimental se acercan a las resistencias del concreto patrón; a los 28 días de curado el patrón con 4.25%, el experimental con 2.14% donde la diferencia es regular entre ambos, entonces, estos valores representados en porcentaje, mientras menos sea el valor de la variación, menor será la dispersión y estos menores valores representan una mejor uniformidad del concreto es decir una mejor calidad.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **CONCLUSIONES:**

Se activó las Cenizas de Cáscara de Maní a una temperatura promedio del rango notorio de la pérdida de masa que es 390 °C, en un tiempo de 3 horas y para la Arcilla de Cunca a una temperatura de 530 °C, en un tiempo de 1 ½ hora, de acuerdo al análisis térmico diferencial.

El pH de la combinación de las cenizas de cáscara de maní y la arcilla de Cunca logro alcanzar un resultado de 14.42 lo que nos indica que es un material altamente alcalino, para al ser mezclado con el cemento y tomarlo como un material base y bueno para la elaboración de concreto.

La composición química de las cenizas de la cáscara de maní y la arcilla de Cunca mediante el (FRXDE) se obtuvo los porcentajes más relevantes expresados óxidos son: 26.297% de (SiO<sub>2</sub>), 18.233% (CaO), 18.181% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 18.748% (K<sub>2</sub>O) y 72.291% de (SiO<sub>2</sub>), 20.993% de (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) respectivamente.

Cuando se sustituyó la combinación de 5% de cenizas cáscara de maní y 15% arcilla de Cunca se obtuvo una relación a/c = 0.669 adicionándole 0.25 ml de agua a cada probeta en comparación con la relación a/c de muestra patrón que fue a/c = 0.684. Se adiciono más agua a las muestras experimentales por motivo que las cenizas cáscara de maní y arcilla llevan a cabo una reacción en su composición química.

En la sustitución del 5% cenizas de cáscara de maní y 15% arcilla, muestran una resistencia 121.46 kg/cm<sup>2</sup> alcanzado un 57.84% a los 7 días de curado, 171.08 kg/cm<sup>2</sup> con 81.47% a los 14 días de curado y 190.10 kg/cm<sup>2</sup> con 90.52% a los 28 días de curado sin superar a las resistencias patrón.

El grado de variación y relación entre las probetas patrón y experimentales ensayadas a la compresión a los 7, 14 y 28 días, varia a razón de la influencia negativa del componente químico (K<sub>2</sub>O) en la durabilidad del concreto y la adherencia de los materiales que intervienen en la investigación.

## **RECOMENDACIONES**

Al activar los materiales tener cuidado en no contaminar las muestras intervenidas para de este modo se podría alterar las muestras y sería perjudicial para los resultados que deseamos obtener.

Es recomendable usar otro tipo de arcilla con un pH más alcalino para un mayor soporte estructural haciendo la mezcla más aglomerante y ayudar a su resistencia.

Debido al bajo contenido de óxido de calcio en ambos materiales utilizados, es posible tratar de combinarlo con otra materia prima orgánica que presente gran contenido de óxido de calcio para poder mejorar la resistencia del concreto.

Debido a la composición química de ambos materiales utilizados presentan un porcentaje significativo de potasio, azufre, el cual reaccionan con el agua y difícilmente se puede remover de la mezcla, se deberá tomar en cuenta un proceso más cuidadoso de elaboración.

Se recomienda trabajar de los materiales de forma equivalente, para que de este modo los elementos puedan trabajar de mejor manera y de esa forma alcanzar mejores resultados al momento de sustituir los materiales por el porcentaje del cemento deseado.



## **VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- Alujas, A. (2010). Empleo de Arcillas Caoliniticas de Bajo Grado Actividades Térmicamente como una Alternativa para el Reemplazo Parcial de Cemento Portland. CENIC Ciencias Químicas. Revista Vol.41. Pp. 1-10.
- ASTM C 618. (2005). Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto.
- Arum, C. et al. (2013). Cenizas de residuos Biogenicos–Puzolanidad, las perspectivas de uso y efectos sobre algunas propiedades en la Ingeniería de concreto. Ciencias de los Materiales y Aplicaciones. Revista Vol.4. N°9. Pp. 7.
- Castillo, L. et al. (2011). Estudio de la adición de arcilla calcinadas en durabilidad de hormigones.
- Chackchouk, A. et. al. (2006). Estudio sobre el uso portencial de arcillas tunisianas como material puzolanico. Applied Clay Science, 33,79-88.
- Garcia. J. (2013). Conceptos Generales sobre el Concreto y los Materiales para su elaboración.
- Kanagalakshmi, A. Tamilnathan, R. (2015). Estudio de cáscara de maní en concretos a la compresión y flexión.
- Kreiker, J. et al. (2014). Estudio de propiedades de las cenizas de cáscaras de maní para promover su uso como material suplementario en morteros cementicios. Ibracon de estructuras y materiales. Revista Vol.7. N°6. Pp. 905 – 921.
- Kumar, J. et al. (2016). Concreto utilizando desechos agrícolas como agregado para el entorno en la construcción sostenible. Internacional de Medio Ambiente en la construcción sostenible. Revista Vol.5. N°2, Pp. 312-333.
- Normas Técnicas Peruanas 334.009:2005 Cementos. Cementos Portland Requisitos.
- Normas Técnicas Peruanas 334.044:1997 Cementos. Cementos Portland Puzolánico IP y I (PM).
- Normas Técnicas Peruanas 339.035:2009 Consistencia del Concreto.
- Normas Técnicas Peruanas 339.088:2006 Agua para el Concreto de Mezcla Utilizada en la Producción del Concreto de Cemento Portland.
- Normas Técnicas Peruanas 400.011:2008 Agregados. Definición y Clasificación de Agregados para Uso en Morteros y Hormigones (Concreto).
- Normas Técnicas Peruanas 400.037:2014 Agredados. Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto.
- Osorio, J. (2013). Resistencia Mecánica del Concreto y Asistencia a la Compresión”.

- Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Steven, H. et al. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association. (PCA).
- Taylor, S. (2015). Mezcla de arcilla calcinada de caolinita y bentonita como complemento. *Applied Clay Science*, 108,84-93.
- Torre, A. (2004). “Curso básico de tecnología del concreto”. Universidad Nacional de Ingeniería – Perú.

## **VII. AGRADECIMIENTO:**

### **A Dios:**

Por la oportunidad de dar un paso más adelante en la realización de mi formación profesional.

### **A mis Padres:**

Quienes en todo momento me brindaron su apoyo, su cariño y amor, por ellos sigo esforzándome cada día para lograr cumplir mis metas propuestas y no defraudarlos nunca.

### **A mis Amigos:**

A cada uno de ellos que durante todo este tiempo de proceso de la elaboración de esta investigación me apoyaron en diferentes actividades para poder culminar con mi tesis.

### **A mi Asesor:**

Agradecerle por la gran asesoría brindada, aprendí mucho de él en este tiempo compartido y la paciencia que tuvo en mi para poder culminar satisfactoriamente con mi proyecto de tesis.

**VIII. ANEXOS Y APÉNDICES:**

**ANEXO N°1**  
**ANÁLISIS TÉRMICO**  
**DIFERENCIAL (DTA)**



Trujillo, 30 de Mayo del 2017

**INFORME N° 68 - MAY 17**

Solicitante: Lama Villacorta Carlos - Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

**1. MUESTRA:** Cáscara de mani (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CM-68M	19.8 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 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 19.8 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa

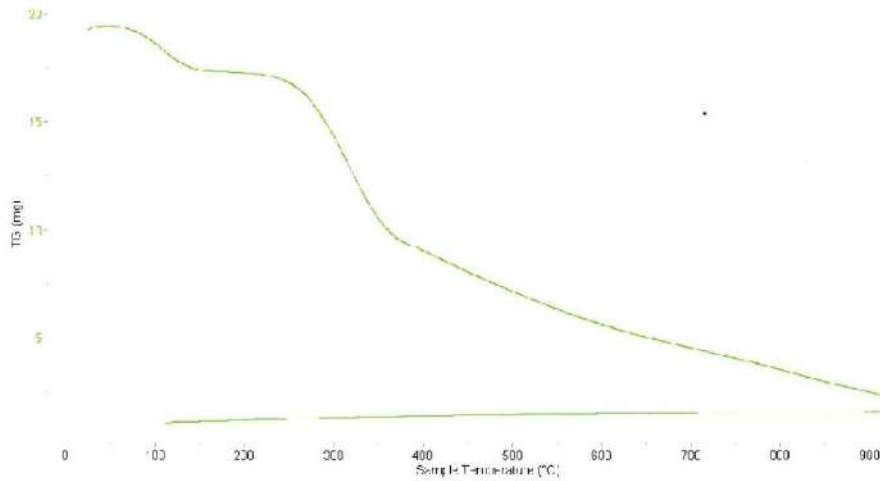


Trujillo, 30 de Mayo del 2017

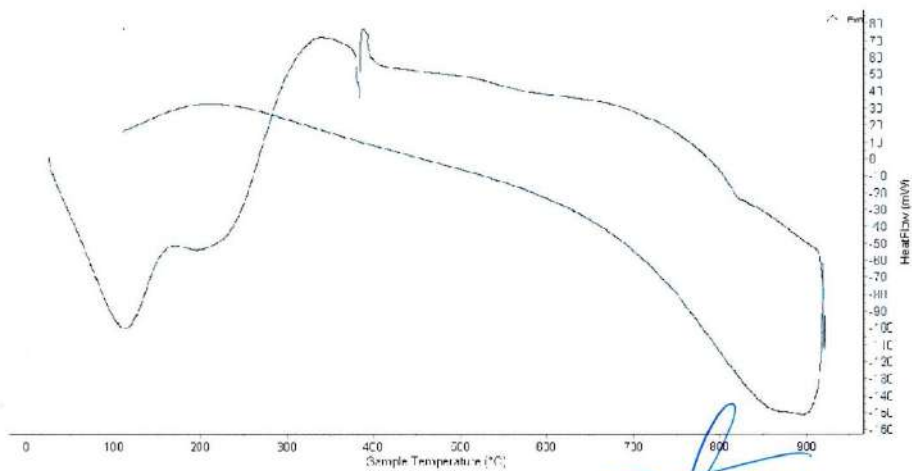
INFORME N° 68 - MAY 17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



*Danny M. Chávez*  
Danny M. Chávez Novo  
Ingeniero de Materiales



Trujillo, 30 de Mayo del 2017

**INFORME N° 68 - MAY 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la pérdida de masa en función a la temperatura indicando dos pérdidas más pronunciadas en los siguientes rangos de temperatura entre 80 y 120°C y aun mas entre 240 y 350°C, el material llega a perder un aproximado de 88 % de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una pequeña banda de absorción térmica a aproximadamente 110°C y posteriormente se muestra una región endotérmica en torno a 390°C lo que podría demostrar gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material.

Trujillo, 30 de Mayo del 2017



*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

Danny M. Chávez Novoa  
6. 07. 2017

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



Trujillo, 30 de Mayo del 2017

**INFORME N° 69 - MAY 17**

Solicitante: Lama Villacorta Carlos - Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

**1. MUESTRA:** Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-69M	27.9 mg	-----

**2. ENSAYOS A APLICAR**

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

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 1100 °C.
- Masa de muestra analizada: 27.9 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny Chávez Novoa  
INC. MATERIALES  
R. 10 24077



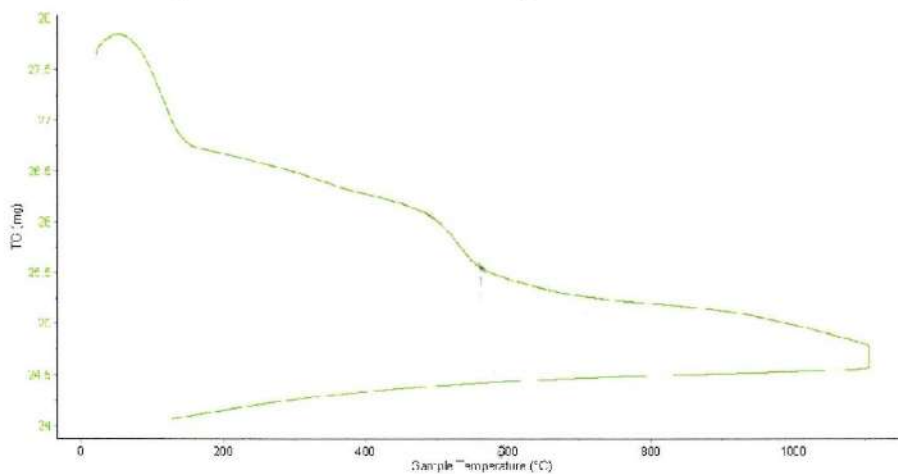


Trujillo, 30 de Mayo del 2017

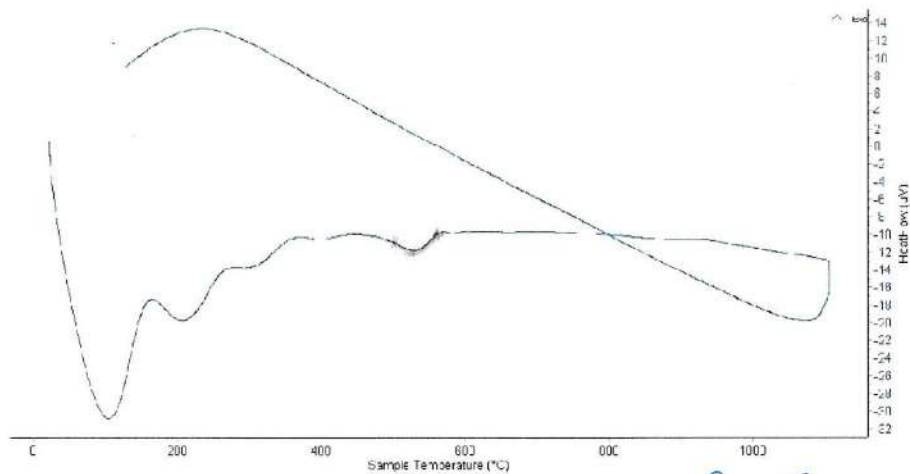
INFORME N° 69 - MAY 17

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD



*Danny M. Chávez Novoa*  
ING. MATERIALES  
R. I. P. 2007



Trujillo, 30 de Mayo del 2017

**INFORME N° 69 - MAY 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la pérdida de masa en función a la temperatura indicando dos pérdidas más pronunciadas en los siguientes rangos de temperatura entre 80 y 120°C y entre 420 y 480°C, el material llega a perder un aproximado de 11 % de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una pequeña banda de absorción térmica a aproximadamente 110°C y 205°C posteriormente se muestra un pico endotérmico aproximadamente a 530°C lo que podría demostrar gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material.

Trujillo, 30 de Mayo del 2017



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

  
Stamp: Danny M. Chávez Novoa, Ing. de Materiales, R. C. P. 84553

ANEXO N°2  
GRADO DE ALCALINIDAD  
(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° 20170609-012**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : CARLOS DANIEL LAMA VILLACORTA.  
DIRECCIÓN : Jr. Cajamarca 305 Florida baja Chimbote.  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de papel cerrada.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-06-09  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-06-09  
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2017-06-10  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 170609-9

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Cemento (C)	14,43
Arcilla de Cunca (AC)	4,41
Cenizas de Cáscara de Maní (CCM)	14,05
80% (C) + 15% (AC) + 5% (CCM)	14,42

**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, Junio 10 del 2017.

DVY/jms

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

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

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)

ANEXO N°3  
ENSAYO DE FLUORESCENCIA  
DE RAYOS X



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

#### Informe N°37-LAQ/2017

#### Análisis de una muestra de ceniza de cáscara de maní por FRXDE

##### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de maní a pedido del Sr. **Lama Villacorta, Carlos Daniel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento por un 5% de ceniza de cáscara de maní y 15% de arcilla de Cunca – Casma – 2017”**

La muestra está en forma de grano fino.

##### Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de  $15 \mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de  $45^\circ$ ; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3300 cts/s

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

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





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

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

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cáscara de maní. 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 las tres muestras. 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 recalarse 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 cáscara de maní en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.358	18,181
SiO <sub>2</sub>	20.767	26.297
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.446	1.831
SO <sub>2</sub>	6.525	8,263
ClO <sub>2</sub>	3.928	4.975
K <sub>2</sub> O	14.806	18.748
CaO	14.398	18.233
TiO <sub>2</sub>	0.248	0.315
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.006
MnO	0.043	0.054
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.187	2.770
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.005	0.006
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.006
CuO	0.070	0.089
ZnO	0.064	0.081
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.007
Rb <sub>2</sub> O	0.004	0.005
SrO	0.094	0.120
ZrO <sub>2</sub>	0.013	0.016
Totales	78.970	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

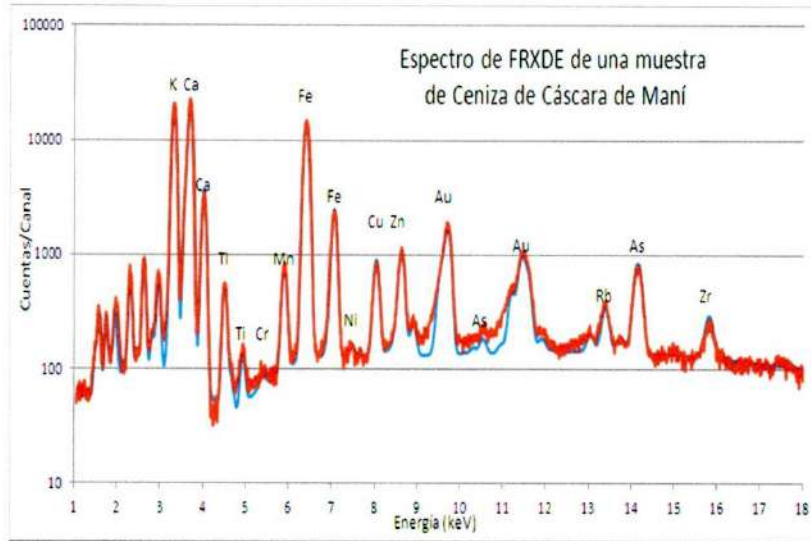


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de cáscara de maní en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 08 de setiembre del 2017



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

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

---

**Informe N°39-LAQ/2017**

**Análisis de una muestra de arcilla por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla a pedido del Sr. **Lama Villacorta, Carlos Daniel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento por un 5% de ceniza de cáscara de maní y 15% de arcilla de Cunca – Casma – 2017”**

La muestra procede de la localidad de Cunca y está en forma de grano fino de color ladrillo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de  $15 \mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de  $45^\circ$ ; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 5400cts/s

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

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



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

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

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cáscara de maní. 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 I muestra los resultados del análisis elemental de las tres muestras. 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 recalarse 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 arcilla en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,477	20.993
SiO <sub>2</sub>	70.514	72.291
K <sub>2</sub> O	2.578	2.643
CaO	0.304	0.312
TiO <sub>2</sub>	1.210	1.241
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.027	0.027
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020	0.020
MnO	0.043	0.044
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.187	2.242
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
CuO	0.011	0.011
ZnO	0.015	0.016
Rb <sub>2</sub> O	0.016	0.017
SrO	0.015	0.016
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
ZrO <sub>2</sub>	0.039	0.040
BaO	0.064	0.066
Totales	97.542	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

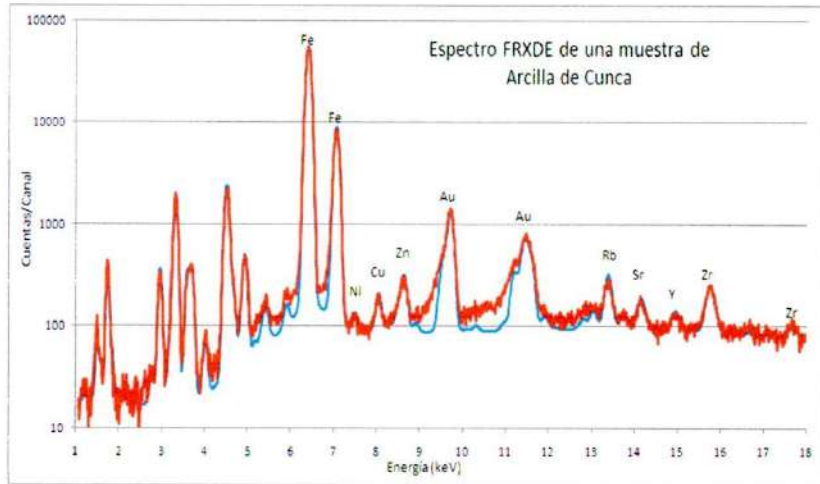


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de arcilla en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 09 de setiembre del 2017

ANEXO N°4  
DISEÑO DE MEZCLA  
(PATRÓN Y EXPERIMENTAL)





**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UI  
5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - GASMA - 2017  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 23/06/2016

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.12

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.- Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.61
- Peso unitario suelto 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1736 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.83 %
- Absorción 0.30 %
- Módulo de fineza 3.08

**D.- Agregado grueso**

**CANTERA : SAMANCO**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.89
- Peso unitario suelto 1555 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1645 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.61 %
- Absorción 0.63 %





**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. :  $193 / 0.684 = 282.164 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsas / m}^3$

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento.....	282.164	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	188.568	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	887.395	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1059.272	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$\frac{282.16}{282.16}$	:	$\frac{887.395}{282.16}$	:	$\frac{1059.27}{282.16}$	:	
1	:	3.15	:	3.75	:	28.40 lts / bolsa

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

1	:	3.02	:	3.60	:	28.40 lts / bolsa
---	---	------	---	------	---	-------------------



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





**DISEÑO DE MEZCLA**  
(SUSTITUCION 20% DE CEMENTO)

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/09/2017

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.12

**B.- Arcilla de CUNCA + CCM :**

- Peso especifico ..... 3.768

**C.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**D.- Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.61
- Peso unitario suelto 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1736 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.83 %
- Absorción 0.30 %
- Módulo de fineza 3.08

**E.- Agregado grueso**

**CANTERA : SAMANCO**

- Piedra, perfil angular 1"
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.89
- Peso unitario suelto 1555 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1645 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.61 %
- Absorción 0.63 %





**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 l/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.669

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento	(m <sup>3</sup> )	0.073
Combinación 15% de arcilla de Cuzco - Casma y 5% de ceniza de cascara de maiz	(m <sup>3</sup> )	0.018
Agua efectiva	(m <sup>3</sup> )	0.193
Agregado fino	(m <sup>3</sup> )	0.320
Agregado grueso	(m <sup>3</sup> )	0.381
Aire	(m <sup>3</sup> )	0.015
		<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

**PESOS SECOS**

Cemento	225.73	kg/m <sup>3</sup>
Combinación 15% de arcilla de Cuzco - Casma y 5% de ceniza de cascara de maiz	56.432	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	193.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	835.71	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1102.02	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento	225.73	kg/m <sup>3</sup>
Combinación 15% de arcilla de Cuzco - Casma y 5% de ceniza de cascara de maiz	56.432	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	188.82	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	842.66	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1108.69	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{225.73}{225.73} : \frac{56.432}{225.73} : \frac{842.66}{225.73} : \frac{1108.69}{225.73}$$

$$1 : 0.25 : 3.73 : 4.91 \quad 35.55 \text{ lts / bolsa}$$

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

ANEXO N°5  
PESO ESPECÍFICO MATERIAL  
EXPERIMENTAL



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

{ Frasco de Le Chaletier }

{Según ASTM C 138, AASHTO T 133 y MICE 610-2000}

SOLICITA: BACH LAMA VILLAGORTA CARLOS DANIEL  
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
MATERIAL CEMENTO 80% Y 5% CENIZA DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA  
FECHA 17/08/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	16.50	17.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	16.50	17.50
PESO ESPECIFICO		3.879	3.657
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.768	

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

**ANEXO N°6**  
**ENSAYOS DE AGREGADOS**  
**(GRUESO Y FINO)**



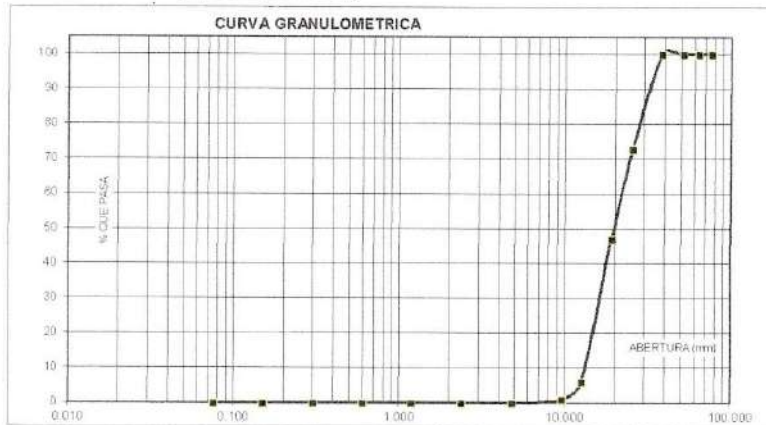
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-05)

SOLICITA: BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CÁSCARA DE MANÍ Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA: SAMANCO  
 MATERIAL: PIEDRA ZARANDEADA  
 FECHA: 17/08/2017

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	554.2	27.3	27.3	72.7
3/4"	19.100	522.9	25.7	53.0	47.0
5/8"	12.500	834.9	41.1	94.0	6.0
3/8"	9.520	98.7	4.9	98.9	1.1
Nº 4	4.750	22.5	1.1	100.0	0.0
Nº 8	2.380	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.190	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>2033.2</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Huso	Nº 50 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada e identificada por el solicitante



Finos Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Medía	Gruesa	Fina	Gruesa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Jefe: *Jorge Montañez Reyes*  
 JEFATURA





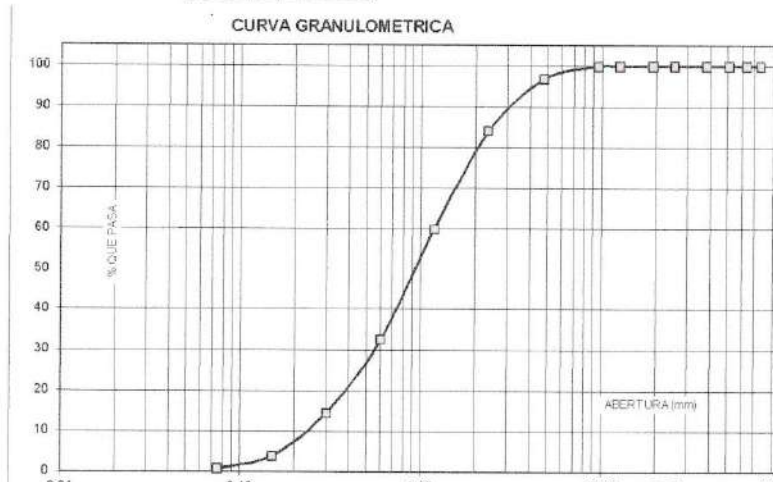
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm2 CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 17/08/2017

TAMIZ	Peso retenido	% rel. Parcial	% rel. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	18.5	3.1	96.9
N° 8	2.36	77.9	12.9	84.1
N° 16	1.18	145.9	24.1	59.9
N° 30	0.60	164.9	27.3	32.7
N° 50	0.30	109.4	18.1	14.6
N° 100	0.15	64.3	10.6	4.0
N° 200	0.08	19.2	3.2	0.8
PLATO	ASTM C-117.04	4.7	0.8	100.0
TOTAL		604.8	100.0	0.0

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	3.08

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos		Arena			Finos	
Limo y Arcilla	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Jefe: *Jorge Montañez Reyes*  
 JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : SAMANCO  
MATERIAL : PIEDRA ZARANDEADA  
FECHA : 17/08/2017

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	803.2	766.8	
TARA + SUELO SECO (gr)	799.5	763.3	
PESO DEL AGUA (gr)	3.7	3.5	
PESO DE LA TARA (gr)	205	169	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	594.5	594.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.62	0.59	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.61	

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





**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MAÍZ Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIGUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 17/08/2017

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	767.3	802.5	
TARA + SUELO SECO (gr)	762.5	797.4	
PESO DEL AGUA (gr)	4.8	5.1	
PESO DE LA TARA (gr)	167.3	202.5	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	595.2	594.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.81	0.86	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.83	



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



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MAHI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : SAMANCO  
 MATERIAL : PIEDRA ZARANDIADA  
 FECHA : 17/08/2017

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19750	19900	19620
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14630	14780	14480
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1564	1580	1548
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1564		
CORREGIDO POR HUMEDAD			
	1665		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20600	20550	20650
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15480	15430	15530
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1655	1658	1669
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1656		
CORREGIDO POR HUMEDAD			
	1646		



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



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASHA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 17/08/2017

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7700	7700	7650
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4380	4380	4330
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1571	1571	1562
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1565		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1552		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8200	8200	8200
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4880	4880	4880
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1750	1750	1750
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1750		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	1736		



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



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

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : SAMANCO  
 MATERIAL : PIEDRA ZARANDIADA  
 FECHA : 17/08/2017

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	3009.90	3009.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	1974.70	1974.70
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	1035.20	1035.20
D	Peso de material seco en estufa	2991.10	2991.10
E	Volumen de masa (C-(A-D))	1016.40	1016.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.889	2.889
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.908	2.908
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.943	2.943
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.63	0.63

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.889  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.908  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.943  
 Absorción (%) : 0.63



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



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

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE AROLLA DE CLUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 17/08/2017

A	Peso de material saturado superficialmente seco (ara) gr	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua gr	662.70	662.70
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm <sup>3</sup>	962.70	962.70
D	Peso de picnómetro + agua + material gr	848.10	848.10
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm <sup>3</sup>	114.60	114.60
F	Peso de material seco en estufa gr	299.10	299.10
G	Volumen de masa (E/(A-F))	113.70	113.70
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.610	2.610
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.618	2.618
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.631	2.631
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.30	0.30

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.610  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.618  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.631  
 Absorción (%) : 0.30



ANEXO N°7  
LÍMITES DE ATTERBERG

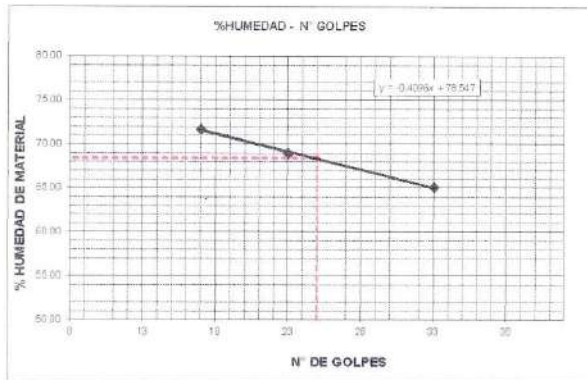




**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

**SOLICITA** : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
**TESIS** : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm2 CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
**CANTERA** : ARCILLA-CUNCA  
**FECHA** : 17/08/2017

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	37.30	38.10	37.60	23.10	22.70	22.20
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	28.70	29.20	29.40	21.70	21.50	20.90
PESO DE LA TARA (gr.)	16.70	16.30	16.80	17.10	16.70	16.20
PESO DEL AGUA (gr.)	8.60	8.90	8.20	1.40	1.20	1.30
PESO SUELO SECO (gr.)	12.00	12.90	12.60	4.60	4.80	4.70
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	71.67	68.99	65.08	30.43	25.00	27.66
Nro. DE GOLPES	17	23	33	27.70		



**LIMITE LIQUIDO**  
(MTC E-110 ASTM D-4318 y AASHTO T89)  
LL : % 68.48

**LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-111 ASTM D-4318 y AASHTO T90)  
LP : % 27.70

**INDICE DE PLASTICIDAD**  
ASTM D-438  
IP : % 40.78



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

ANEXO N°8

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN





**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH. LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm2 CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUSAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/09/2017

F C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	3	04/07/2017	11/07/2017	7	165.24	78.68
02	PATRON	3	04/07/2017	11/07/2017	7	170.65	81.26
03	PATRON	3	04/07/2017	11/07/2017	7	175.23	83.44
04	PATRON	3	04/07/2017	18/07/2017	14	178.24	84.87
05	PATRON	3	04/07/2017	18/07/2017	14	188.05	89.55
06	PATRON	3	04/07/2017	18/07/2017	14	196.67	93.65
07	PATRON	3	04/07/2017	01/08/2017	28	215.48	102.61
08	PATRON	3	04/07/2017	01/08/2017	28	223.69	106.52
09	PATRON	3	04/07/2017	01/08/2017	28	234.49	111.66

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



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



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR UN  
 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE AROLLA DE CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 07/08/2017

F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP ( " )	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg Cm <sup>2</sup>	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	19/07/2017	7	121.90	58.05
02	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	19/07/2017	7	120.60	57.43
03	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	19/07/2017	7	121.87	58.04
04	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	26/07/2017	14	180.92	86.15
05	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	26/07/2017	14	162.78	77.51
06	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	26/07/2017	14	169.53	80.73
07	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	09/08/2017	28	190.53	90.73
08	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	09/08/2017	28	185.84	88.50
09	EXPERIMENTAL 20%	2.8	12/07/2017	09/08/2017	28	193.93	92.35

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


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

ANEXO N°9  
ENSAYOS CONCRETO FRESCO



**ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON  
(Según norma ASTM C-232)**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL  
 CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 16% DE ARCILLA DE  
 OLINCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
05:43:00 p. m.	10	7.1	7.1
05:53:00 p. m.	10	19.9	27.0
06:03:00 p. m.	10	7.5	34.5
06:13:00 p. m.	10	3.5	38.0
06:43:00 p. m.	30	13.9	51.9
07:13:00 p. m.	30	6.0	57.9
07:43:00 p. m.	30	0.0	57.9
08:13:00 p. m.	30	0.0	57.9
08:43:00 p. m.	30	0.0	57.9

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :  
 C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w : Agua efectiva, en L  
 W : Cantidad total de materiales, en kg  
 V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0579 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.581 kg
w : Agua efectiva, en L	1.057 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	4.973 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	5.936 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	13.547 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.684$$

AGREGADOS	
Ag Fino (%)	Ag Grueso (%)
46	54

Peso del Recipiente kg	3.444 kg
Peso del concreto + recipiente	10.99 kg
S : Peso del concreto, en Kg	13.547 kg

$$C = 1.057 \text{ lt}$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = 5.48 \%$$



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



**ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO EXPERIMENTAL  
(Según norma ASTM C-232)**

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL  
 CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE  
 CUNCA - CASMA - 2017  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
05:43:00 p. m.	10	11.6	11.6
05:53:00 p. m.	10	7.2	18.8
06:03:00 p. m.	10	5.2	24.0
06:13:00 p. m.	10	6.1	30.1
06:43:00 p. m.	30	9.6	39.7
07:13:00 p. m.	30	0.0	39.7
07:43:00 p. m.	30	0.0	39.7
08:13:00 p. m.	30	0.0	39.7
08:43:00 p. m.	30	0.0	39.7

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :  
 C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w : Agua efectiva, en L  
 W : Cantidad total de materiales, en kg  
 V : Volumen final exudado, en L

V = 0.0397 lt

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.265 kg
sustitucion 20% ( 15% arcilla + 5% s.c.maní )	0.316 kg
w Agua efectiva, en L	1.057 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	4.973 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	5.936 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	13.547 kg

Relacion a/c = 0.669

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
46	54

Peso del Recipiente kg	3.444 kg
Peso del concreto + recipiente	16.99 kg
S : Peso del concreto, en Kg	13.547 kg

C = 1.057 lt

EXUDACIÓN (%) = 3.76 %

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





AIRE ATRAPADO PATRON

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL  
CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE  
CUNCA - CASMA - 2017  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.4	1.4	1.4
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.4		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio

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



### AIRE ATRAPADO EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH LAMA VILLACORTA CARLOS DANIEL  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC 210 Kg/Cm<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DEL  
CEMENTO POR UN 5% DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y 15% DE ARCILLA DE  
CUNCA - CASMA - 2017  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 17/09/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO EXPERIMENTAL Y RELACION A/C 0.669

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.3	1.3	1.3
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.3		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036  
NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio

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

# PANEL FOTOGRAFICO



## **MATERIALES A SUSTITUIR POR EL CEMENTO:**

### **Recolección de Arcilla:**



**Fotografía N°1: Ubicación Caserío de Cunca  
9°20'25.9"S 78°07'39"W**



**Fotografía N°2: Extracción de la Arcilla**

### **Lavado de la Arcilla:**



**Fotografía N°3: Lavado de Arcilla**



**Fotografía N°4: Sedimentación de Arcilla**

**Secado de la Arcilla:**



**Fotografía N°5: Secado de Arcilla en Horno x24h**



**Fotografía N°6: Arcilla totalmente seca**

### **Determinación de Límites Atterberg:**



**Fotografía N°7: Tamizado de Arcilla por malla #200**

### **Ensayo de Límite Líquido:**



**Fotografía N°8: Medida de abertura de la Arcilla**



**Fotografía N°9: Muestra arcilla para Límite**

### Ensayo de Limite Plástico:

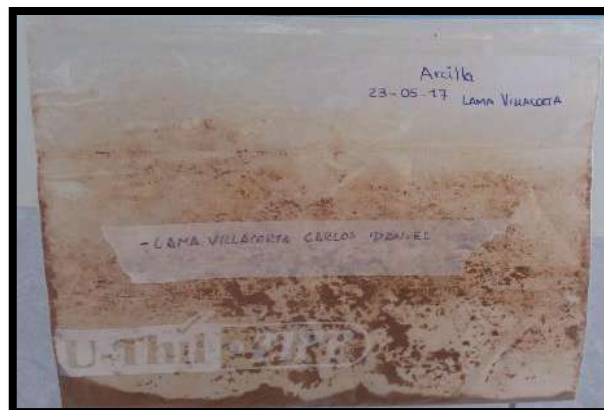


Fotografía N°10: El número de Golpes de la arcilla



Fotografía N°11: Muestra arcilla para Limite Plástico

### Análisis Térmico Diferencial de la Arcilla:



Fotografía N°12: Muestra arcilla 1gr. Para ensayo de DTA



### Calcinación de la Arcilla:



Fotografía N°13: Arcilla en la mufla durante 1 1/2hr.  
A 530 °C



Fotografía N°14: Arcilla calcinada

### Recolección de la Cáscara de Maní:



Fotografía N°15: Ubicación de Cascajal  
8°53'41.1"S 78°30'02.1"W



**Fotografía N°16: Peso de Cáscara de maní**

**Limpieza de la Cáscara de Maní:**



**Fotografía N°17: Lavado y Secado de la Cáscara de maní**

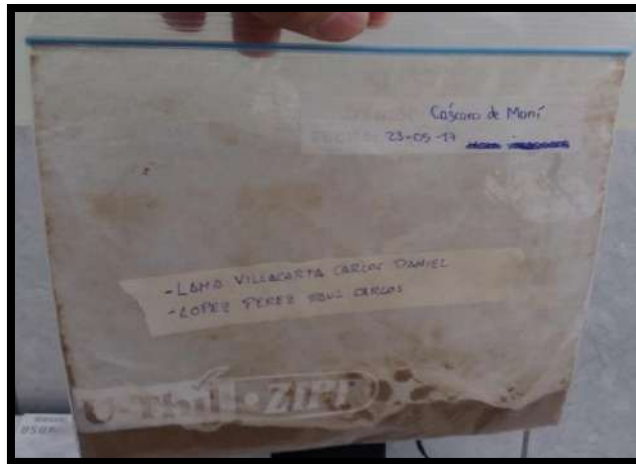
**Pre – Quemado de la Cáscara de Maní:**





Fotografía N°18-19: Pre-quemado de la cáscara de

### Análisis Térmico Diferencial de la Cáscara de Maní:



Fotografía N°20: Muestra cáscara de maní 1gr. Para ensayo DTA

### Calcinación de Cáscara de Maní:





**Fotografía N°21-22: Cenizas de cáscara de maní Calcinadas a 530 °C durante 3hrs.**

### **EXTRACION DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO:**

- **Recolección del agregado fino:**

El agregado fino (arena gruesa) que se utilizó en el presente trabajo de investigación se extrajo de la cantera “Vesique” que se encuentra en el distrito de Chimbote – Santa – Ancash.



**Fotografía N°23: Recolección de agregado fino**

- **Recolección del agregado Grueso:**

El agregado grueso (Piedra de 1/2” a 3/4”) que se utilizó en el presente trabajo de investigación se extrajo de la cantera “Samanco” que se encuentra en el distrito de Samanco – Santa – Ancash.





Fotografía N°24: Recolección de agregado grueso

**ENSAYOS DE LOS AGREGADOS EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA USP:**

• **Contenido de Humedad del agregado fino y agregado grueso:**

Seleccionamos una porción de los agregados en los recipientes para el ensayo respectivo.



Fotografía N°25: Expandimos el agregado para cuarteo





**Fotografía N°26-27: Selección de agregado grueso y fino**

Las muestras colocamos en el horno a una temperatura de  $105^{\circ}$  -  $110^{\circ}$  °C durante 24 horas, luego se pesan las muestras sacadas del horno y se realiza los cálculos para determinar la Humedad de los agregados.



**Fotografía N°28: Secado de agregados en horno**

- **Peso Unitario del agregado fino y agregado grueso:**

La arena o piedra se deja caer a cierta altura sin compactar, enrasando y pesando la muestra.



**Fotografía N°29: P.U. Suelto Agregado Fino**



**Fotografía N°30: P.U. Suelto Agregado Grueso**

- **Peso Unitario Compactado del agregado fino y agregado grueso:**

La arena o piedra se deja caer a cierta altura compactando y chuceando en tres capas iguales, enrasando y pesando la muestra.



**Fotografía N°31: P.U.Comp. Agregado Fino**



**Fotografía N°32: P.U.Comp. Agregado Grueso**

- **Gravedad específica y Absorción del agregado fino y agregado grueso:**

La arena se hace un lavado y secado para posteriormente realizar los ensayos con la fiola y tomar su peso. En la piedra es se lava, luego se pasa a secar para posteriormente ser sumergida y pesada.



**Fotografía N°33: Absorción Agregado Fino**



**Fotografía N°34: Grav. Espf. Agregado Grueso**

- **Granulometría del agregado fino y agregado grueso:**

Del cuarteo realizado se toma una muestra de piedra y arena y se pasa a realizar la granulometría, tomando los pesos retenidos en cada malla.



**Fotografía N°35: Tamizado Agreg. Fino**





Fotografía N°36: Tamizado Agreg. Grueso

### ELABORACION DE PROBETAS PATRON:

- **Valores de diseño a utilizar para probetas:**

Tabla 31: Proporción en peso para una probeta de la muestra patrón

MATERIAL	PESO (Kg)
CEMENTO	1.818
ARENA	5.718
PIEDRA	6.826
AGUA	1.215

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio MS y EM de la USP

**Relación a/c = 0.684**

- **Pesado de los agregados:**



Fotografía N°37: Peso del Agreg. Grueso



Fotografía N°38: Peso del Agreg. Fino

- Mezclado y slump:



Fotografía N°39: Mezclado de Agregados





**Fotografía N°40-41: Medida de Slump entre 3” a 4”**

- **Vaciado, chuceado y enrasado:**



**Fotografía N°42: Chuceado de concreto**



**Fotografía N°43: Enrasado del concreto**

- **Desmoldado y pesado de muestras:**



**Fotografía N°44: Desmoldado de probetas**



**Fotografía N°45: Pesado de probetas**

## **ELABORACION DE PROBETAS EXPERIMENTALES**

- **Valores de diseño a utilizar para probetas:**

Tabla 32: Proporción en peso para una probeta de la muestra patrón

<b>MATERIALES</b>	<b>PESO (Kg)</b>
CEMENTO	1.4546
SUSTITUCION 5%CCM + 15% Arc.	0.363
ARENA	5.430
PIEDRA	7.144
AGUA	1.217

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio MS y EM de la USP

**Relación a/c = 0.669**



- **Pesado de los agregados:**



**Fotografía N°46: Peso del Agreg. Grueso**



**Fotografía N°47: Peso del Agreg. Fino**

- **Combinación del cemento con los materiales de sustitución:**



**Fotografía N°48: Cuarteo de materiales**



**Fotografía N°49: Combinación de Materiales**

- Mezclado y slump:



**Fotografía N°50: Mezclado de Materiales**





**Fotografía N°51-52: Medida de Slump entre 3” a 4”**

- **Vaciado, chuceado y enrasado:**



**Fotografía N°53: Chuceado del concreto**



**Fotografía N°54: Enrasado del Concreto**

- **Desmoldado y pesado de muestras:**



**Fotografía N°55: Desmoldado de probetas**



**Fotografía N°56: Pesado de las probetas**

### **ENSAYO A LA COMPRESION DE TESTIGOS**

- **Antes de ensayar las muestras se pesó y se midió el diámetro de probetas:**



**Fotografía N°57: Peso de probetas**





**Fotografía N°58: Diámetro de la probeta**



**Fotografía N°59-60: Ensayo a la compresión de probetas patrón**



**Fotografía N°61: Peso de probetas patrón**



**Fotografía N°62: Ensayo a la compresión de probetas Exp.**



**Fotografía N°63: Peso de probetas Exp.**