

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis del uso de arcillas como material cementicio suplementario  
en mezcla de concreto, 2020**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Villena Villanueva, James Anthony

**Asesor:**

Solar Jara, Miguel Angel  
0000-0002-8661-418X

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2021**

## **PALABRAS CLAVE**

---

Tema: Resistencia de concreto

---

Especialidad: Tecnología del concreto

---

## **KEYWORDS**

---

Theme: Concrete resistance

---

Specialty: Concrete technology

---

## **Líneas de investigación**

**Área** : Ingeniería, Tecnología

---

**Sub área** : Ingeniería civil

---

**Disciplina** : Ingeniería civil  
Ingeniería de la construcción.

---

**Línea de investigación** : Construcción y gestión de la construcción

---

**“ANÁLISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL  
CEMENTICIO SUPLEMENTARIO EN MEZCLA DE  
CONCRETO, 2020”**

## **RESUMEN**

Mediante la presente investigación tiene como objetivo analizar y evaluar la arcilla como material cementicio suplementario, dando uso a la arcilla calcinada como material cementicio en investigaciones realizadas, usando datos obtenidos en dichas investigaciones para evaluar datos y realizar gráficos en los cuales se proyectan las comparaciones de estas investigaciones. Y como resultado beneficiar a las nuevas viviendas, aumentando su resistencia y elementos estructurales.

Esta investigación es de nivel no experimental debido a que no se pudo manipular la variable, la cual en la investigación es la evaluación de la arcilla. La presente investigación es de tipo descriptiva – explicativa, ya que está compuesta por una sola variable, evaluando y analizando la causa del problema.

Se obtuvieron resultados favorables para su uso a los 7,14 y 28 días, las resistencias a la compresión de las investigaciones superan a las resistencias de diseño, siendo la investigación de Nieto (2018) con el 8% de sustitución de arcilla extraída de yacya- huari y un resultado de 248.33 kg/cm<sup>2</sup>, la que obtuvo mayor resistencia a la compresión a los 28 días con respecto a las otras investigaciones.

## **ABSTRACT**

Through the present investigation, the objective of this investigation is to analyze and evaluate clay as a supplementary cementitious material, using calcined clay as a cementitious material in investigations carried out, using data obtained in said investigations to evaluate data and make graphs in which comparisons of these investigations. And as a result benefit the new homes, increasing their strength and structural elements.

This research is of a non-experimental level because the variable could not be manipulated, which in the research is the evaluation of the clay. The present investigation is descriptive - explanatory, since it is composed of a single variable, evaluating and analyzing the cause of the problem.

Favorable results were obtained for its use at 7, 14 and 28 days, the compressive strengths of the investigations exceed the design strengths, being Nieto's (2018) research with 8% replacement of clay extracted from yacya - huari and a result of 248.33 kg / cm<sup>2</sup>, which obtained the highest compressive strength at 28 days with respect to the other investigations.

## INDICE GENERAL

<b>PALABRAS CLAVE</b> .....	<b>i</b>
<b>TÍTULO DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>72</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Componentes químicos de cemento - procedencia.....	08
Tabla 2 : Compuestos y porcentajes del cemento.....	09
Tabla 3 : Compuestos químicos del cemento portland tipo I - Pacasmayo .....	10
Tabla 4 : Los requisitos del agua para uso en mezclas con cemento.....	12
Tabla 5 : Composición química del caolín. ....	19
Tabla 6 : Resumen de operacionalización de la variable.....	30
Tabla 7 : Granulometría de agregado fino. ....	33
Tabla 8 : Peso unitario suelto de agregado fino.....	34
Tabla 9: Peso unitario compactado de agregado fino. ....	35
Tabla 10 : Gravedad específica y absorción de agregado fino. ....	36
Tabla 11 : Granulometría de agregado grueso.....	37
Tabla 12 : Peso unitario suelto de agregado grueso.....	38
Tabla 13 : Peso unitario compactado de agregado grueso.....	39
Tabla 14 : Gravedad específica y absorción de agregado grueso. ....	40
Tabla 15 : Peso específico de muestra de arcilla de acopampa. ....	42
Tabla 16 : Límites de atterberg de muestra de arcilla de acopampa. ....	44
Tabla 17 : Composición elemental de la arcilla de Acopampa en % de masa. ....	46
Tabla 18 : Ensayo de pH de muestra de arcilla de acopampa. ....	47
Tabla 19 : Ensayo de resistencia a la compresión obtenidas de probetas patrón.....	48
Tabla 20 : Ensayo de resistencia a la compresión de probetas experimental al 5%. ....	50
Tabla 21 : Ensayo de resistencia a la compresión de probetas experimental al 10%. ....	51
Tabla 22 : Resultados patrón vs experimental al 5%.....	52
Tabla 23 : Resultados patrón vs experimental al 10%.....	53
Tabla 24 : Resultados patrón vs experimental al 5% vs experimental al 10%. ....	54
Tabla 25 : Ensayo de pH de muestra de arcilla de acopampa.....	57
Tabla 26 : Tipos de arcilla de las investigaciones de acuerdo al gráfico de Holtz y Kovacs .....	61

Tabla 27 : Análisis y comparación relación agua/cemento, análisis térmico diferencial.	61
Tabla 28 : Análisis y comparación de Ph. ....	62
Tabla 29 : Análisis y comparación de Fluorescencia de Rayos X. ....	63
Tabla 30 : Análisis y comparación de resistencias patrón de las investigaciones. ....	64
Tabla 31 : Análisis de resistencias experimentales de las investigaciones. ....	65



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Holtz y Kovacs de arcilla de acopampa – carhuaz. ....	45
Figura 2. Resistencia a la compresión de patrón vs edad. ....	49
Figura 3. Resistencia a la compresión experimental al 5% vs edad. ....	50
Figura 4 : Resistencia a la compresión experimental al 10% vs edad. ....	51
Figura 5 : Resistencia patrón vs experimental al 5%. ....	52
Figura 6 : Resistencia patron vs experimental al 10%. ....	53
Figura 7. Resistencia patron vs experimental al 5% vs experimental al 10%. ....	54
Figura 8. Comparación patrón vs experimental al 5% vs experimental al 10%. ....	55
Figura 9. Diagrama de Holtz y Kovacs de Nieto (2018) ....	59
Figura 10. Diagrama de Holtz y Kovacs de Urrutia (2017).....	59
Figura 11. Diagrama de Holtz y Kovacs de Acuña (2018).....	60
Figura 12. Diagrama de Holtz y Kovacs de Villena (2020) ....	60
Figura 13. Comparación de resistencias patrón de las investigaciones. ....	64
Figura 14. Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 7 días. ....	66
Figura 15. Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 14 días. ....	66
Figura 16. Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 28 días. ....	67

## INTRODUCCION

Las obras de ingeniería, que actualmente se vienen realizando en los diversos países desarrollados o medianamente desarrollados, se ha evidenciado que utilizan el concreto en sus diversas formas, como material destinado para construcción. Por su condición de estar constituido por diversos materiales que se encuentran de manera abundante en todo el planeta, siendo así, éste de fácil obtención a un precio económico y de uso muy difundido y con una mayor aceptabilidad, por ello inferimos que es muy difícil pensar en otras alternativas viables, tal vez en un futuro próximo, donde se puedan modificar sensiblemente el consumo de cemento y sus diversos agregados.

Asimismo, debemos enfrentarnos al desafío de reformular en lo posible todo el ciclo de la construcción de manera que nos permita contribuir al objetivo generalizado y direccionar así la actividad con productos, diseños y procesos que preserven la vía de la sustentabilidad y al desarrollo.

Es así que la arcilla, que por su composición favorece la resistencia en la elaboración del concreto a causa de los altos porcentajes en sílice, este material podría ser utilizado en la realización de grandes proyectos y así permitirá que la ciudad de Chimbote pueda innovarse, actualizarse y desarrollarse.

### **Antecedentes y fundamentación científica**

#### **Nivel internacional**

**Martinez E. (2017): “Evaluación de las arcillas rojas de Centeno para su utilización como material cementicio suplementario”**, En esta investigación se evaluó la reactividad puzolánica de los productos de calcinación de arcillas rojas de la región de Centeno en la producción de materiales cementicios suplementarios. El material objeto de estudio: arcilla roja de Centeno, fue sometido a una caracterización química y caracterización mineralógica a través de técnicas de Análisis Termogravimétrico, también se realizó su ensayo de difracción de rayos X, conocido con las siglas DRX, Espectrometría de Absorción Atómica y Espectroscopía de Infrarrojo. La activación térmica se realizó a 750 y 850 °C, durante una hora. Se determinó el índice de la actividad de resistencia en los sistemas de Cemento-arcilla calcinada y se logró evaluar la

reactividad puzolánica de las arcillas rojas de Centeno que han sido activadas térmicamente. Se identificaron componentes químicos tales como: dióxido de sílice, el óxido de aluminio, el óxido de hierro; generalmente estos óxidos en su fase mineral se encuentran asociados en las arcillas o materiales terrosos (hematita, caolinita, halloysitas, etc). Las arcillas al tener una activación térmica a diferentes temperaturas presentan un comportamiento de material puzolánico, ya que se obtienen índices de actividad de resistencia superiores a 75%. De todas las temperaturas de calcinación de la investigación, la temperatura de 750°C es la que proporcionó los mejores resultados de activación térmica en las arcillas. La investigación llega a la conclusión que las arcillas rojas extraídas de la región Centeno pueden ser utilizadas como material cementicio suplementario debido a su comportamiento puzolánico.

### **Nivel nacional**

Nuñez K. (2019), en su trabajo de investigación denominado: “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto”, realiza la comparación de diversas propiedades físicas y propiedades mecánicas de los ladrillos fabricados de forma artesanal utilizando como materia prima arcilla y concreto, la investigación hizo uso de la Norma Técnica Peruana NTP331.017, la Norma Técnica Peruana NTP331.604, la Norma E-070 que corresponde a Albañilería. Se realizaron ensayos para determinar sus propiedades físicas de alabeo, variación dimensional, succión, absorción, y también pruebas para determinar su propiedad mecánica de resistencia a la compresión; llegando a obtener resultados de variación dimensional diferentes para los ladrillos de arcilla: L = +8.36 %, H = +14.85 % y A = +3.51 %; y para los ladrillos de concreto: L = +8.36 %, H = +2.43 % y A = +6.18 %; respecto a la absorción los ladrillos de arcilla presentaron 12.66% y para los ladrillos de concreto 10.24%; para la succión los ladrillos de arcilla presentaron un resultado de 90.85 gr/200cm<sup>2</sup>/min y para los ladrillos de concreto presentaron un resultado de 24.48 gr/200cm<sup>2</sup>/min; para la propiedad física de alabeo ambos tipos de ladrillos presentaron resultado similar de concavidad y convexidad menor a 2mm. En la propiedad mecánica de resistencia a la compresión los resultados fueron de 63.01 kg/cm<sup>2</sup> y 45.68 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos de arcilla y de concreto respectivamente. Se concluye que los ladrillos de concreto presentan mejores resultados en las propiedades físicas que los ladrillos de

arcillas, y en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión los ladrillos de arcilla lo superan.

Acosta E. (2017): en su investigación titulada: “Influencia del caolín como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a compresión axial del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Señala que la arcilla en forma de caolín, cuando se le somete a proceso de calcinación a temperaturas elevadas muestra sus propiedades puzolánicas. La investigación trata al caolín como material cementicio suplementario ya que sustituye de forma parcial el uso del cemento en la mezcla del concreto  $F'c 210\text{kg/cm}^2$ , para ello tuvo como objetivo general determinar cuál es la influencia que tiene el caolín cuando se usa como reemplazo de cemento en una mezcla de concreto  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ . El objeto de estudio: caolín, se recolectó del distrito de Llacanora, departamento de Cajamarca, posteriormente se le sometió a proceso de calcinación con temperatura elevada no controlada, posteriormente el producto resultante tuvo un proceso de trituración que consiguió obtener la ceniza de caolín; esta ceniza (material de reemplazo) presentó compuestos químicos que lo caracterizan como un material puzolánico, óptimo para ser utilizado como reemplazante del cemento. En la metodología se realizaron distintos procedimientos, pruebas y ensayos de acuerdo a las normas establecidas, se elaboraron probetas cilíndricas de concreto  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ , un concreto patrón con un diseño de resistencia  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$  y otros concretos experimentales con el mismo diseño solamente que se reemplazó el 5%,10 y 15% del cemento por la ceniza de caolín obtenida. Se realizó ensayos al concreto fresco y al concreto endurecido (resistencia a la compresión ASTM C 39). Las resistencias a la compresión axial se obtuvieron distintos periodos de curado (7,14 y 28 días). Los resultados de los ensayos para determinar la compresión del concreto con 5%,10% y 15% a los 7 días de curado muestra que esta propiedad disminuye en 5.53%, 11.01% y 25.95% tomando como referencia la resistencia del concreto patrón (sin reemplazo). Los resultados de los ensayos para determinar la compresión del concreto con 5%,10% y 15% a los 14 días de curado muestra que esta propiedad aumenta en 8.84%, 25.27% y 36.97%; y aumenta también a los 28 días de curado en 31.91%, 75.71% y 86.88% respecto a la resistencia del concreto patrón (sin reemplazo).

## Nivel local

Alegre J. (2018), en su tesis titulada: “Resistencia de un concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento en un 3% y 5% con bloques residuales de arcilla”, señala que la problemática actual del reciclaje de algunos materiales provenientes de las construcciones y demoliciones está siendo tratada de forma preliminar como tema de estudios de investigación para plantear soluciones y aprovechamiento de estos desechos en nuestro país. Es a partir de este contexto que dicha investigación buscó aportar criterios y parámetros de permitan viabilizar el uso de estos desechos en forma de agregado reciclado o similar en el sector de la construcción, y también el fomento de su uso por parte de este sector. En tal sentido se plantó como objetivo general determinar cuál sería el efecto que produce en concreto  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  cuando se sustituye en 3% y 5% el cemento por material fino residual proveniente de los bloques de arcilla. Se empleó una metodología experimental de nivel cuasi experimental debido a la existencia de un concreto sin sustitución o patrón; se seleccionó los bloques residuales de arcilla, los que ya tienen una activación térmica, y se procedió a someter a este material a una activación mecánica para obtener restos de estos bloques de arcilla en polvo, en estas condiciones de finura, se utilizó este material experimental para la sustitución de los porcentajes de 3% y 5%, del cemento. Se realizaron ensayos de fluorescencia de rayos X y de potencial hidrogeno (ph) al polvo de los bloques de arcilla; de resistencia al concreto patrón y experimental. Esra investigación llego a los resultados de resistencia a la compresión aceptables, en el experimental 1 (sustitución de 3%) el valor de la resistencia aumento 5.0% y para el experimental 2 (sustitución de 3%) el valor de la resistencia aumento 8.7%, ambos respecto al concreto patrón (sin sustitución).

Cabanillas S. (2017), en su trabajo de investigación denominado: “Resistencia de los morteros con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de la provincia de San Marcos - Cajamarca”, se pudo evaluar el comportamiento del mortero, en su propiedad mecánica de resistencia a la compresión, se evaluó un mortero patrón y otros 2 morteros experimentales, en los cuales se sustituyó el cemento por arcilla proveniente de San Marcos – Cajamarca en porcentajes de 5% y 7%. Para utilizar la arcilla, primero se le dio un tratamiento de limpieza (lavado a temperatura ambiente), secado natural y molienda, hasta obtener material pasante por la malla N°200. La tesis es estudio explicativo, con un

diseño experimental en donde se elaboraron 27 muestras de mortero (9 muestras para cada mortero), los cuales tuvieron periodos de curado y prueba a los 3, 7 y 28 días. Se obtuvieron resultados en la resistencia a la compresión de los morteros experimentales superiores al mortero patrón, incluso con valores por encima de las normas ya establecidas. Se concluye con la aceptación del material experimental: arcilla de San Marcos, para reemplazar el 5% y 7% al cemento en mezclas de mortero.

## **Fundamentación científica**

### **Tecnología del concreto**

Rigney (2008, p.65), define al concreto como una mezcla que puede ser: Agregado fino(arena), agregado grueso (grava), cemento portland y agua; que al inicio presenta características de plasticidad y por tanto de moldeo, que en lo de forma progresiva llegará al punto endurecimiento y que podrá adquirir propiedades que son resistentes y permanentes, siendo idóneo a la hora de elegirlo como material para la construcción.

Lo que busca en este caso la Tecnología del Concreto busca lograr el incremento de su resistencia y la durabilidad del mismo desde años atrás. No obstante, las resistencias a la compresión de hasta 600 kg/cm<sup>2</sup> han sido usadas en concretos pretensados e incluso en postensado, pero no en concreto armado convencional, fundamentalmente por las áreas de acero elevadas que trae consigo problema de la distribución de las barras de refuerzo en el elemento, y cumpla con el diseño elástico de las mismas.

A su vez, existen pocos estudios para este tipo de comportamiento que tiene el cemento como aglomerante cuando interviene en mezclas con condiciones agresivas Por ello, en la etapa industrial de los años 70, con el progreso de estructuras de grandes dimensiones y edificios elevados en Estados Unidos, permite que se inicie una ardua labor de investigación y estudios sobre los concretos con resistencias elevadas o también llamados “concretos de alta resistencia”.

Por otra parte, los diversos Centros de Investigación se esfuerzan en conseguir científicamente probados los diseños correspondientes a los concretos de larga durabilidad es decir de alta performance, haciendo uso de la tecnología disponible.

Estos resultados conseguidos en este periodo, fueron consecuencia también del uso de los nuevos materiales en la industria de la construcción conocidos como aditivos. Estos aditivos químicos de 4ta y 5ta generación, se normalizaron y se usaron masivamente en este tipo de concretos, especialmente el aditivo reductor de agua con alto rango, el que logra usar una relación agua cemento  $a/c = 0.36$  en el concreto y con posterioridad también se incorpora el microsílíce y actualmente el nanosílíce, que se encarga de aumentar la densidad densifica la parte de cemento y enriquece su resistencia en el tiempo por su alta actividad puzolánica.

### **Concreto**

El concreto es la combinación de cemento, grava (agregado grueso), arena (agregado fino) y agua.

Sánchez, A. (2001), fundamenta que la muestra de un material aglutinante (cemento tipo Portland), además de los agregados (material de relleno) y el agua, y luego de ser mezclados homogéneamente pasan a un proceso de endurecimiento que al llegar al estado sólido, formará una masa compacta o piedra artificial, este material con el paso del tiempo (debidamente curado) tiene la capacidad de resistir esfuerzos de compresión elevados.

### **Propiedades del Concreto:**

Frederick. S. (1992), en su publicación: "Manual del ingeniero civil" señala que: Las principales propiedades de un concreto son cuatro: la trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad.

Según la Norma ACI 318 nos comenta que para poder elegir una mezcla optima de concreto se tiene que tener en cuenta los siguientes pasos: se debe primero definir la desviación estándar de la muestra, así como, la resistencia promedio a la compresión requerida y la de determinar a través de una mezcla de prueba un registro adecuado de experiencias, que deben ser como minimo alrededor de treinta ensayos realizados consecutivamente con los mismos materiales y condiciones semejantes a las que se espera obtener de la resistencia promedio del concreto.

Para poder profundizar sobre el tema ver anexo 1 y anexo 2 donde se puede apreciar un documentación y el diagrama de flujo para selección de la dosificación del concreto según la normatividad del American Concrete Institute ( ACI-318S).

### **Características del concreto**

**La trabajabilidad:** es la propiedad, más importante del concreto en su estado fresco, y en las distintas aplicaciones al momento de colocación de la mezcla en los encofrados. Esta propiedad permite al concreto su capacidad de poder mezclarse con los demás ingredientes, de tal forma que la mezcla resultante se pueda manejar, transportar y colocar sin tener una pérdida en la homegeniedad.

**La durabilidad:** esta propiedad es la que permite que el concreto pueda ser capaz de resistencia de las condiciones del intemperismo, también, a la acción de los productos químicos, así como el desgaste en general, que estará a lo largo de su vida útil sometido el elemento de concreto.

**La impermeabilidad:** es la capacidad del concreto para no permitir el paso del agua entre sus espacios internos, esta capacidad puede mejorarse disminuyendo la cantidad de agua inicial en la mezcla.

**La resistencia:** es la propiedad más importante del concreto, la cual debe ser diseñada de forma cuidadosa y precisa, la evaluación de la resistencia se realiza de forma periódica en elementos llamados probetas de concreto, los cuales se ensaya a compresión, es así que el concreto aumenta su resistencia con un periodo de tiempo siendo los 28 días, el periodo que el concreto alcanza su máximo valor.

### **Cemento:**

Es el producto resultante del Clinker, el cual se produce a partir de la calcinación de productos calcáreos u productos arcillosos hasta el punto de fusión.

De otro lado Gonzales, S. (1987) en su investigación titulada “supervisión de obras de concreto” señala que el cemento es un resultado artificial resultante de una transformación que se produce en la materia prima tal como: arcillas, calizas y algunos materiales más (en menor porcentaje).



### La composición química del cemento:

Autores como Tacilla, Araujo y Cardozo (2014) consideran en su estudio “Composición química del cemento” que es la elaboración donde se forman y en las propiedades generales donde intervienen los compuestos químicos del cemento tales como:

- **Silicato tricalcico**, este brinda la resistencia inicial y también interviene de forma directa en el calor de hidratación de la mezcla.
- **Silicato dicálcico**, este permite determinar la resistencia en un plazo amplio, y no tiene repercusión como el anterior compuesto en en el calor de hidratación de la mezcla.
- **Aluminato tricálcico**, este este tiene la función de catalizar el fenómeno de reacción química de los silicatos que podría generar un fraguado rápido o violento. Durante el proceso de fabricación del cemento se le añade piedra aljez o yeso para retardar y/o controlar el tiempo de fraguado.

Otros componentes son el óxido de magnesio, el potasio, el sodio, el manganeso y el titanio, considerados componentes menores.

Entre los elementos químicos primordiales y las proporciones en general que intervienen en la fabricación del cemento se tiene:

**Tabla 1:**

*Componentes químicos del cemento - procedencia*

<b>%</b>	<b>Componente químico</b>	<b>Procedencia usual</b>
95%	CaO: oxido de calcio	Rocas Calizas
	SiO <sub>2</sub> : oxido de sílice	Areniscas
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : oxido de aluminio	Arcillas
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : oxido de fierro	Arcillas, mineral de Hierro, pirita
5%	sodio, potasio, titanio, el azufre, el fósforo, magnesio y óxido de magnesio	Minerales Varios

Fuente: Teodoro E. (1997)

**Tabla 2 :***Compuestos y porcentajes en el cemento*

<b>Compuesto químico</b>	<b>Rango de porcentaje</b>	<b>abreviatura</b>
(CaO)	Entre 61% y 67%	C
(SiO <sub>2</sub> )	Entre 20% y 27%	S
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Entre 4% y 7%	A
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Entre 2% y 4%	F
SO <sub>3</sub> )	Entre 1% y 3%	-
(MgO)	Entre 1% y 5%	-
(K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O)	Entre 0.251% y 1.5%	-

Fuente: Teodoro E. (1997)

**Los tipos de cemento:**

El cemento portland identifica los siguientes tipos:

- El Tipo I: es el que se destina a las obras de concreto en general o uso general, sin especificaciones o requerimientos específicos, este tipo de cemento emite mayor calor de hidratación que los demás tipos de cemento.
- El Tipo II: este tipo de cemento también se destina a las obras de concreto en general y a las obras que tienen exposición baja a la acción de sulfatos, posee por tanto moderada resistencia a los sulfatos, posee moderado calor de hidratación y se usa por ejemplos en puentes, tuberías de concreto, etc.
- El Tipo III: es el que se destina a las obras de concreto que deben recibir las cargas o solicitudes estructurales de forma rápida o en las obras que es necesario un desencofrado rápido, es decir es un tipo de cemento que obtiene una alta resistencia inicial.
- El Tipo IV: este tipo de cemento posee reducido o bajo calor de hidratación lo que permite que en grandes volúmenes de concreto no se produzcan en él, cambios de volumen durante el proceso de fraguado (ejemplo: vaciado de una presa)

- El Tipo V: Es el que se destina a las obras de concreto que están sometidas a la acción concentrada y alta de los sulfatos, este tipo de cemento se usa en obras como muelles marítimos, alcantarillas, canales, etc.)

También se pueden mencionar cementos con adición o adicionados:

- Cemento ICO que contiene filler calizo u otro material hasta por un 30% de su composición.
- Cemento IMS, es el cemento portland tipo I (general) adicionado que posee moderada resistencia a los sulfatos. Uso común en obras de concreto en contacto con el terreno: veredas, buzones, cimientos, etc.
- Cemento IHS es el cemento portland tipo I (general) adicionado que posee alta resistencia a los sulfatos. Obras especiales(mineras) o marítimas.

**Tabla 3**

*Compuestos químicos del cemento portland tipo I - Pacasmayo*

<b>Compuesto químico</b>	<b>Porcentaje ( %)</b>
CaO: oxido de calcio	<b>20.5</b>
SiO <sub>2</sub> : oxido de sílice	<b>5.14</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : oxido de aluminio	<b>4.07</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : oxido de fierro	<b>62.92</b>
MgO: oxido de magnesio	<b>2.10</b>
SO <sub>3</sub> : óxido de azufre	<b>1.83</b>
Perdida producto de la calcinación	<b>1.93</b>
R.I : Residuos insolubles	<b>0.68</b>
CaO: Cal Libre	<b>1.10</b>
Álcalis	<b>0.22</b>

Fuente: NTP 334.086.1999.

## **El agua:**

Es el elemento esencial que inicia el proceso de hidratación del cemento y los agregados, para ser utilizado en la elaboración de una mezcla de concreto, mortero o pasta debe ser limpia, debe estar exenta de ácidos, aceites, los álcalis, las sales y libre de materias orgánicas. Su función principal es la hidratación del cemento, además permite mejorar las condiciones de trabajabilidad de la masa en su estado plástico y moldeable. El agua tiene una segunda función no menos importante y vital, de ser el elemento que se usa para el curado del concreto durante los primeros 28 días

Martínez, I (2010), en su estudio "Cementos y Morteros" realizado en la Universidad Nacional del Comahue, sustenta que el agua que no es potable no deberá ser utilizada al momento de realizar el concreto, salvo se cumplan las condiciones que a continuación se enumeran:

1. El diseño de mezcla estará basado en similares diseños de mezcla que hayan utilizado la misma agua no potable..
2. Se debe considerar que este elemento es primordial para la capacidad ligante de las mezclas: concreto, morteros y pastas.
3. El agua utilizada para la elaboración del concreto como el agua para el proceso de curado estarán libres de elementos contaminantes, ya que perjudican el fraguado, además reaccionan de forma negativa cuando el concreto se encuentra en su estado fresco o endurecido.
4. De la cantidad total de agua en la mezcla del concreto, hay una cantidad el proceso de hidratación de la cuantía del cemento, otra cantidad para elevar la fluidez de la pasta de cemento cumpliendo la función de lubricación de los agregados. Lo que resta del agua es una cantidad que permanece dentro de la mezcla la cual formará después del fraguado, la porosidad del concreto endurecido; esta porosidad influye en la resistencia por lo que se debe utilizar aditivos plastificantes y no agua adicional cuando se necesiten concretos fluidos.

**Curado:**

Es el proceso de humedecimiento que está conformado por el abastecimiento adicional de una cantidad de agua que permitan hidratar de forma eficiente el cemento en su proceso inicial de fraguado. Este abastecimiento adicional de agua dependerá de las condiciones ambientales de humedad, ya que en ambientes con humedad relativa baja la evaporación de la cantidad de agua libre en la pasta es mayor y viceversa. De otro lado el cemento y agua ocupan al momento del mezclado un espacio inicial constante que se llena de forma gradual con la pasta de cemento hidratada (productos de hidratación) (Horimigon, s.f.).

**Tabla 4 :**

*Los requisitos del agua para uso en mezclas con cemento*

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

Fuente: NTP 339.088.

**Relación Agua - Cemento:**

Según Abrams D. (2014) sustenta que esta relación a/c (agua/cemento), se le reconoce como una razón agua-cemento, siendo así la cantidad o proporción que se utiliza para poder adquirir diferentes combinaciones o mezclas que producen morteros, concretos. De otro lado, la relación a/c representa la relación que existe entre el peso de agua a peso de cemento que se usa en la mezcla de concreto o mortero. Esta relación tiene una gran incidencia en la calidad final del concreto o mortero que se produce. Cuanto menor es la relación agua/cemento mayor será la resistencia a la compresión y la durabilidad, pero si reduce su

trabajabilidad que dificulta su manipulación y vertido de la mezcla. Estos inconvenientes para la colocación de la mezcla se superan generalmente haciendo uso de un aditivo plastificante. La relación a/c es autónomo de su contenido de cemento total de una mezcla de concreto o mortero.

La relación agua-cemento es del contenido total de cemento (y en el total contenido de agua) de una mezcla de hormigón.

### **El agua para la mezcla.**

El agua en las mezclas cumple con dos funciones específicas:

- Hidratar el cemento,
- Otorgar la fluidez adecuada a la mezcla y lubricar los agregados que lo componen.

Si se observan contaminación con impurezas, estas podrían ocasionar perjudiciales reacciones en el concreto o podría incluso alterar sus propiedades tales como: tiempo de fraguado, la trabajabilidad, adherencias con los agregados y aceros de refuerzo, disminución de comportamiento mecánico como la resistencia a la compresión axial, entre otros. Por tanto, considerar siempre el uso de un agua exenta de impurezas como las arcillas y los cloruros que afecten en su aspecto técnico (durabilidad, resistencia) y físico (manchas).

### **El agregado Fino:**

Conformado por el material que procede del proceso de desintegración ya sea natural o sea artificial de las rocas madres, este material debe pasar la malla de 3/8" (9.51 mm) y debe ser retenido por la malla N°200 (74 um). Según NTP – 400.011.

### **Las propiedades físicas del agregado fino:**

En relación al agregado fino que se va a usar en una mezcla de concreto, tendrá que cumplir con algunos requerimientos mínimos en lo que respecta a calidad de acuerdo a lo que indica las especificaciones técnicas vigentes.

Dentro de las propiedades físicas de los agregados tenemos:

- La Granulometría
- El peso unitario
- El peso específico
- El contenido de humedad
- La absorción

- El módulo de fineza
- la superficie específica

**a. La Granulometría**

Esta propiedad consiste en la distribución según el tamaño de sus partículas que lo componen. Se ubican según el sistema SUCS entre el tamiz N°04 y el tamiz N°200. Aquí en su estudio granulométrico se fracciona en elementos con la misma dimensión entre las aberturas de los tamices indicados. (desde N°04 al N°200).

**b. El peso unitario**

Este tendrá algunos requisitos implícitos para los agregados, como son el tamaño en primer orden, la forma y la gradación de sus partículas, así mismo su contenido de la humedad; que estará directamente confirmado por los factores exteriores tales como:

- El nivel de compactación que es sometido.
- El tamaño máximo de sus partículas del agregado y su relación con,
- El volumen del recipiente que lo contiene
- El grado de compactación impuesto, por último,
- La consolidación que fue sometida.

**c. El peso específico**

Esta propiedad se define como la relación que existe entre: peso de material y volumen de material. Se diferencia con el peso unitario en que el peso específico no toma en cuenta el volumen en el cual ocupan los vacíos del material. Para elaborar un diseño de mezcla es necesario contar con el valor del peso específico del agregado; también para realizar la verificación si el agregado tiene el peso normal correspondiente.

**d. El contenido de humedad**

Esta propiedad se define por el contenido de agua (peso) que contiene la arena (agregado fino). El valor en porcentaje del contenido de humedad es de vital importancia conocer, ya que de ello depende la cantidad de agua en la mezcla.

**e. La absorción**

Esta propiedad representa la capacidad que tiene el agregado fino para absorber una cantidad de agua apenas ocurra el contacto entre ellos. De la misma manera que el

contenido de humedad, se puede decir que la absorción es de suma importancia porque influye directamente en la cantidad de agua de la mezcla, es decir en su relación agua cemento definido en el diseño correspondiente.

**f. El módulo de fineza**

Esta propiedad se refiere por un índice(aproximado) el cual está representado por el valor promedio del tamaño de las partículas que componen el agregado fino, se utiliza para poder mantener la uniformidad en el agregado fino. La normatividad de esta propiedad establece que toda arena poseer un módulo de fineza o finura mayor a 2.35 y menor de 3.15.

**g. La superficie específica.**

Esta propiedad se define con la sumatoria de las áreas superficiales de las partículas que componen la arena por cada unidad de peso. La determinación de la superficie específica debe considerar 2 hipótesis:

- La totalidad de las partículas sean esféricas
- El tamaño promedio de las partículas que han pasado por un tamiz y se han retenido en el siguiente, debe ser igual al promedio de todas las partículas.

Norma Técnica Peruana (N.T.P.400. 012 2001.)

**Agregado grueso:**

Se dice que este material se compone de partículas que han sido retenidas en la malla N°9 (4.75 mm) y procede de un proceso de desintegración ya sea natural o sea artificial de las rocas madres. Este agregado se localiza comúnmente en las canteras, los lechos de los ríos ubicado allí por procesos geológicos. Este material debe cumplir con los requisitos de tamaños o límites que establece la normatividad vigente (N.T.P.400. 037)

**Las propiedades físicas del agregado grueso:**

En relación al agregado fino que se va a usar en una mezcla de concreto, tendrá que cumplir con algunos requerimientos mínimos en lo que respecta a calidad de acuerdo a lo que indica las especificaciones técnicas vigentes. Estos agregados generalmente provienen de rocas tectónicas plutónicas que presentan grano fino, tienen una dureza por encima de 7 (escala MOHS) debido a que su enfriamiento se produjo a grandes profundidades de la tierra, además



estas rocas presentan una resistencia a la compresión mayor al doble de la resistencia del concreto.

Dentro de las propiedades físicas de los agregados gruesos se considera:

- La Granulometría
- El peso unitario
- El peso específico
- El contenido de humedad
- La absorción
- El módulo de fineza
- la superficie específica

**a. La Granulometría:**

Esta propiedad consiste en la distribución según el tamaño de sus partículas que lo componen. En las mezclas de concreto de alta resistencia debemos tener en cuenta que no se recomienda el uso de toda la granulometría solo de un tipo de agregado(grueso). Las investigaciones en el campo de la tecnología del concreto determinan que se debe utilizar piedras con tamaños máximos establecidos para cada diseño que se encuentran en un rango para la obtención de una resistencia a compresión óptima. (Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037, 2001).

**b. El peso unitario**

Esta propiedad consiste en peso que llega a alcanzar una cantidad determinada de agregado con volumen unitario. Donde su valor se expresa con las unidades: kilogramos sobre metros cúbicos:  $\text{kg/m}^3$ . El valor del peso unitario del agregado fino generalmente se encuentra entre el rango de  $1500 \text{ kg/m}^3$  y  $1700 \text{ kg/m}^3$ .

**c. El peso específico**

El peso específico se diferencia con el peso unitario en que el peso específico no toma en cuenta el volumen en el cual 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.

A través de esta propiedad, como indicador de la calidad del agregado, si tenemos un valor por encima de 2.5 y por debajo de 2.8 se puede verificar que el agregado es de

buena calidad. Si el valor del peso específico es inferior a 2.5 el material se considera de mala calidad, presenta porosidad, debilidad y tiene mayor cantidad de agua, etc.

**d. El contenido de humedad**

Esta propiedad se define por el contenido de agua (peso) que contiene la grava o piedra (agregado grueso). El valor en porcentaje del contenido de humedad es de vital importancia conocer, ya que de ello depende la cantidad de agua en la mezcla.

**e. La absorción**

Esta propiedad representa la capacidad que tiene el agregado grueso para absorber una cantidad de agua apenas ocurra el contacto entre ellos. De la misma manera que el contenido de humedad, se puede decir que la absorción es de suma importancia porque influye directamente en la cantidad de agua de la mezcla, es decir en su relación agua cemento definido en el diseño correspondiente.

**Las arcillas: Caolín**

El caolín viene a ser el nombre comercial que se le otorga a las arcillas blancas las cuales se conforman de caolinita. El país que utilizó por primera vez este tipo de arcillas blancas fue la China hace ya unos 3,000 años. La ubicación de las canteras de donde se extraía originalmente este material era la montaña Kauling – China, de allí la procedencia de su nombre: “caolín”. Esta arcilla se encuentra definida por la conformación principal de caolinita pura, mineral que se relaciona con la hallosyta, además de la methalloysita y por último también por arcillas que contienen alto porcentaje de alúmina o de sílice.

El mineral conocido como “caolinita” presenta la siguiente composición química:  $Al_2O_3+2SiO_2+2H_2O$ . La caolinita a diferencia de otras arcillas presenta un color blanco, una consistencia blanda y es fácilmente se dispersa en contacto con el agua o algunos otros líquidos. Es por estas condiciones y características importantes interviene en la manufactura del papel y en algunas otras industrias con cargas de minerales.

La caolinita tiene una estructura plana hexagonal y un tamaño promedio que fluctúa en un rango de entre 0.1 micrones hasta 100 micrones. El caolín presenta una dureza baja, según la escala de Mohs entre 2 y 2,5, otra característica importante de la caolinita es que carece de abrasividad, es por eso que su blandura permite que este material sea importante en otras aplicaciones que necesitan reducir la abrasión de los equipos y máquinas de procesos. Existen

caolines que tienen alta calidad y se caracterizan por tener bajos niveles de impurezas: hierro, titanio, tierras alcalinas, etc.

### **Propiedades del Caolin:**

El caolín dispone de un gran número de relevantes características que le permiten ser utilizado en la industria de la construcción. La presencia del agua en su composición química ( $\text{Al}_2\text{O}_3+2\text{SiO}_2+2\text{H}_2\text{O}$ ) ocupa un 80.1% es similar la presencia del agua en la composición química del cemento ( $\text{SiO}_2+ \text{Al}_2\text{O}_3+\text{C}_2\text{O}$ ) donde llega a tener un 89% lo que permite que se puede adicionar un porcentaje elevado al cemento. Además el caolín puede ser usado como material con elevada resistencia de forma individual sin que se le añada otra sustancia química.

El caolín es compuesto por un silicato de aluminio hidratado que se obtiene de la descomposición físico-química de los feldspatos. Generalmente el caolín viene a ser las arcillas que contienen como mineral predominante la caolinita, que tiene un peso específico aproximado de 2.6, presenta una dureza según la escala de Mohs de 2(bajo), generalmente es de color blanco, pero hay variaciones, tiene la capacidad de absorber el agua porque es higroscópico y presenta una baja a moderada plasticidad.

Otras propiedades secundarias del caolín son: es inerte a los agentes químicos, presenta características de aislamiento eléctrico, se puede moldear, es inodoro y fácilmente extruible. También resiste altas temperaturas, presenta capacidad elevada de cubrimiento y absorción.

### **Características químicas del caolín**

De acuerdo con Adesanya D.A y Reheem A.A (2009) (45), el caolín cuenta con un gran porcentaje de contenido de sílice mayor al 66% ( en  $\text{Al}_2\text{O}_3+2\text{SiO}_2+2\text{H}_2\text{O}$ ) que puede variar entre 77 % al 80 % y por tanto puede utilizarse como material suplementario cementante. Existen pocas investigaciones por parte del hormigón elaborados con caolín o ACC, ACC y al parecer muestran un gran comportamiento como potencial ASMC. No obstante, este material también tiene entre 24 % y 28 % de óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), a lo de seguro genera un impacto de forma negativa respecto a las reacciones químicas que se producen como la reacción álcali-sílice. Por ello, se recomienda tener una línea de investigación que profundice la actividad puzolánica y la durabilidad del concreto a base de caolín.

**Tabla 5 :***Composición química del caolín.*

Oxido equivalente	Intervalo de porcentaje en peso
SiO <sub>2</sub>	40 a 70 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6 a 30 %
CaO	2 a 25 %
ZnO	≤ 22 %
Na <sub>2</sub> O	≤ 10 %
K <sub>2</sub> O	0.5 a 4 %
MgO	0.5 a 9 %
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≤ 15 %
BaO	≤ 5 %

Fuente: Adesanya D.A y Reheem A.A (2009)

### **Producción del Caolín en el Perú**

En la ciudad de Lima tenemos diversas empresas de proveedores, vendedores que comercializan dicho material que son los siguientes:

- Jhon kenedy peru exportaciones
- Mining Peru SAC
- Caliza Peru SAC
- Hespinoza SAC
- Minerales industriales del sur
- Citisol SAC
- Luis Morillo G.P
- En la región de la libertad los yacimientos mineros que son ricos en caolín:
- La Gringa (Caserio de Shiracpata)
- Cerro Colorado

- Palo Santo

### **Proceso de Obtención**

Generalmente para la obtención de caolín se divide en 2 procesos según la calidad del caolín; húmedo o seco.

El caolín seco se utiliza en caolines con un contenido alto de sílice mientras que el caolín húmedo se utiliza en caolines con un contenido alto de alúminas.

En el proceso seco se realiza la remoción de la arena y posteriormente este caolín se clasifica según su tamaño para al final pasar a secarse.

En el proceso húmedo se realiza la remoción, la clasificación también de la arena pero además se realizan otros pasos que involucra el uso del agua en el proceso de lavado de la arena, lo que permite obtener un material con mayor finura de mejor calidad y pureza.

Este proceso húmedo de obtención es común en solamente para la obtención del caolín paplero. También se aplica un proceso estandarizado con tecnología reciente.

### **Análisis de las propiedades de la composición del caolín**

#### **Silicio:**

##### **Propiedades:**

El silicio es un elemento que forma parte de los denominados metaloides y los semimetaloides. Este elemento presenta propiedades intermedias es decir metálicas y no metálicas. Presenta una conductividad eléctrica, que corresponde a un material que pertenece el silicio, es decir, es un elemento semiconductor.

En su forma natural el silicio se presenta en estado sólido, no magnético. Presenta características siguientes: color gris oscuro azulado; este elemento se encuentra entre los metaloides. Su número atómico es 14, y presenta un símbolo químico que es "Si". El silicio tiene un punto de fusión elevado pues se produce la fusión a partir de los 1,597 Grados Kelvin o también en Grados centígrado corresponde a una temperatura de 1,414.85 °C. otra característica propia del silicio es que su punto de fusión es a los 2,900.85 °C o 3,173 °K.

##### **Los usos del silicio**

Este elemento químico es el segundo elemento que más abunda en la corteza terrestre y es vital en la industria de la construcción. Si en alguna ocasión se cuestiona ¿para que se usa el silicio?, entonces a continuación se mencionaran posibles usos que puede tener el silicio:

- El silicio contenido en las arenas, se utilizan como materia prima para la fabricación de vidrio.
- El silicio y el dióxido de silicio, ya sea en las arenas o arcillas, son materia prima que compone elementos de la construcción como unidades de albañilería, concreto o aglomerantes.
- Tiene la capacidad de sustituir el carbón que es fuente principal de electricidad en un futuro cercano.
- Como material abrasivo de gran importancia cuando el silicio se presenta como carburo de silicio.
- Se pueden usar como materia prima para la elaboración de cerámicos y esmaltes, cuando son silicatos.
- Como producto derivado se obtiene la silicona, material muy usado en aceites, en implantes, lentes de contacto, incluso pirotécnicos.

### **Aluminio:**

#### **Propiedades del aluminio:**

Este elemento tiene su lugar dentro del grupo de los metálicos, comúnmente se le conoce como metales del bloque P, y se localizan adyacentes a los elementos metaloides y elementos semimetaloides de la tabla periódica.

Por ello este agrupamiento de elementos siempre tiene una disposición natural a ser blandos y su punto de fusión es relativamente bajo. Estas características o propiedades se pueden también ser atribuidas al aluminio, porque es parte de este agrupamiento de elementos.

Concretamos que el aluminio se presenta en su forma natural en un estado sólido. Tiene una coloración de aspecto plateado, es un elemento metálico ubicado entre los metales de Bloque P, tiene 13 como número atómico y su símbolo es “Al”.

El aluminio tiene un punto de fusión medio pues se produce la fusión a partir de los 933.47 Grados Kelvin o también en Grados centígrado corresponde a una temperatura de 661.32 °C. otra característica propia del silicio es que su punto de ebullición el cual es a los 2,519.85 °C o 2,792 °K.

### **Los usos del “Aluminio”**

- El aluminio es un elemento metálico muy importante en muchas industrias como la construcción.
- En la fabricación de herramientas como: nivel, reglas, escuadras, cortadoras de cerámicos, etc.
- El aluminio se usa para fabricar distintos envases de conservación de alimentos, etc.
- Se usa en la fabricación de papel de aluminio en la industria de la restauración.
- En la industria de la aviación como borohidruro de aluminio se añade en el combustible.

### **El hierro:**

#### **Propiedades:**

Los elementos llamados de transición se encuentran ubicados en un grupo central en la tabla periódica y es a este que pertenece el Hierro. Este elemento se encuentra concretamente en el bloque central “**d**”.

A continuación, se mencionará algunas de las características del hierro:

- En su configuración electrónica el hierro incluye el orbital “**d**”, que se encuentra lleno de los electrones.
- Tiene una elevada dureza.
- Punto de fusión y ebullición elevados.
- Es buen conductor eléctrico.
- Es buen conductor de calor,
- En su estado natural se presenta en estado sólido (ferromagnético)
- Tiene un aspecto brillante
- Tiene un color grisáceo
- Pertenece al grupo de metales de transición.

#### **Los usos del hierro:**

Este es un mineral imprescindiblemente útil, además, el elemento más común en la superficie terrestre. A continuación, se presentan algunos de los posibles usos que tiene el hierro:

- Es un material muy fuerte mecánicamente y en un aspecto económico se diría que el hierro es relativamente muy barato. Este elemento se utiliza en la industria

automovilística (entre otras), en máquinas y herramientas que se utiliza en la industria de la aviación, industria portuaria, etc. están fabricadas con hierro como materia prima.

- Con el proceso Haber – Bosch se hace uso de catalizadores hechos de hierro logrando producir amoníaco; también en el proceso Fischer – Tropsch se convierte monóxido de carbono en hidrocarburos que posteriormente se usan para combustibles y los lubricantes.

### **El calcio:**

#### **Las propiedades del Ca:**

El calcio es un metal del grupo de los alcalinotérreos que tiene la característica de ser un metal blando, un elemento coloreado y presenta una baja densidad. Todos los metales que pertenecen al grupo de los alcalinotérreos pueden formar compuestos iónicos (a excepción del Be).

Este tipo de elemento, el calcio, posee una energía de ionización baja. En su forma natural el calcio se presenta en un estado sólido, posee un aspecto de color blanco plateado. Dentro del contexto de salud, el uso el calcio es importante para el organismo del ser humano y su correcto funcionamiento debido que el calcio permite pueda encontrar los alimentos.

#### **Los usos del calcio:**

El calcio cuyo símbolo se representa por las siglas “Ca” tiene una masa atómica de 40,078.

Y puede ser utilizado:

- Como agente que reductor que permite la extracción de metales como: zirconio, uranio y torio.
- Para la fabricación de algunos productos lácteos como los quesos haciendo uso de iones de calcio para el proceso de coagulación de la leche.
- Materia prima para la elaboración del cemento, producto utilizado masivamente por lo general en la industria de la construcción.

#### **Cantera**

Este es el lugar en el que se concentran y extraen algunos materiales inertes para la industria de la construcción; la extracción puede ser directamente o con mecanismos de transformación, (maquinas chancadoras) obteniendo agregados para vías o carreteras, o



también materiales para la elaboración de concretos: gravas y arenas, además de otras necesidades que se presentan en la ingeniería: la conformación de terraplenes, la construcción de enrocados, obras de contención, etc. El acceso para llegar a la cantera “Guadalupito” es por el panamericano norte y está a 30 minutos de Chimbote.

#### **Proceso de selección de cantera:**

Para seleccionar una cantera adecuada para abastecimiento del agregado fino tiene que cumplir esta la normatividad ASTM, también debe tener las propiedades del material caolín en su condición de adicionante. En el caso propio se eligió la cantera “Saint Thomas” para el abastecimiento de la arena o agregado fino, esta cantera se ubica en el distrito de San Pedrito. Se escogió la cantera de San pedrito por que cuenta con buenos agregados y están calificados para el campo de la construcción. El traslado hacia las canteras se debe hacer por medio de alquiler de movilidad y de un personal para su manejo correspondiente.

#### **El ensayo de la comprensión:**

Este ensayo es el más común en la ingeniería y permite determinar el comportamiento mecánico de un material ante diferentes solicitudes de carga axial en compresión o también determinar la deformación ante una carga sobre él. Mayormente se realiza en concretos, morteros y metales, pero también podrían hacerse sobre cualquier otro material. usualmente se realiza en materiales frágiles, la propiedad de resistencia a la compresión de cualquier tipo de material frágil siempre es mayor o igual a la propiedad de resistencia a la tracción del mismo. Para realizar este ensayo de compresión, se debe elaborar probetas normalizadas (testigos) los cuales son sometidos a compresión en una maquina estandarizada.

El ensayo del asentamiento:

O también conocido como ensayo del cono de Abrahams se realiza a la mezcla de concreto fresco, con la finalidad de medir su consistencia o fluidez. En primer lugar, para iniciar el ensayo se rellena un molde de metal de forma troncocónico cuyas dimensiones están normadas: altura 30 cm, diámetro superior 10 cm y diámetro inferior o base de 20 cm.

El llenado se realiza en tres tiempos o partes y en cada una de ellas se debe chucear con una varilla metálica 25 veces de forma homogénea, luego se enrasa la superficie y se retira el molde metálico de forma vertical, se mide el asentamiento que tiene la masa.

Este proceso de medición es complementado con observar la forma como se derrumbó el cono de concreto a través de golpes laterales que se realiza con la varilla metálica.

### **El ensayo de contenido del aire:**

Mediante este ensayo se logra determinar la cantidad de aire que contiene el concreto fresco (recién mezclado) no contando el aire que contienen las partículas de los agregados grueso y agregado fino.

Es debido a esta causa que este ensayo se aplica a concretos que se elaboran con agregados, desde un punto de vista relativo, densos y a los cuales será necesario determinar su factor de corrección de los agregados.

El ensayo de contenido de aire no se aplica en los agregados livianos (baja densidad), en las escorias de altos hornos de fundición, en agregados de porosidad elevada, al concreto no plástico que se usa en la construcción de bloques o tubos de mampostería; para estos casos correspondería realizar el ensayo que se establece en la normatividad: ASTM C. Este ensayo no se utiliza para los concretos no plásticos, este tipo de concreto por lo general se utilizan en los ladrillos o unidades de albañilería. (Abrams, s.f.)

### **Justificación de la investigación**

A través del presente estudio se analizará y evaluará la arcilla como material cementicio suplementario, dando uso a la arcilla calcinada como material cementicio en investigaciones realizadas, usando datos obtenidos en dichas investigaciones como el análisis térmico diferencial (ATD), datos de los límites de Atterberg, ensayo de fluorescencia de rayos x (FRX), análisis de Potencial Hidrogeno (Ph), los porcentajes del material usado, lugar de procedencia la arcilla extraída, y así poder realizar gráficos en los cuales se proyectan las comparaciones de dichas investigaciones. Para usar los datos obtenidos en los resultados y beneficiar a las nuevas viviendas, aumentando la resistividad de los elementos estructurales.

### **Social**

Día a día se está en búsqueda de diversas alternativas de nuevos recursos naturales que puedan ser usados para reemplazar el aglomerante por excelencia de la construcción: el cemento, poder conseguir con estos nuevos materiales alternativos, diseñar un concreto de resistencia alta, el cual nos conduce a proporcionar mayor interés y poder difundir una tecnología sostenible y amigable con el medio así como hace ya en países desarrollados, los cuales se encuentran aplicando estas nuevas tecnologías o variaciones de materiales, por tanto podemos saber que en el Perú hay una gran cantidad minas de puzolana natural (caolín),

el cual se puede obtener y extraer fácilmente esta sería una opción interesante para la construcción.

### **Tecnológica**

El proceso de fabricación eleva los costos de producción del cemento portland, en ese contexto económico que la tesis plantea la sustitución del cemento por la puzolana natural que sería el caolín para que aporte un material capaz de sustituir el cemento y que sea de costo bajo en comparación del cemento portland puro, esto directamente incide en la reducción de los costos de los materiales de una obra. Las investigaciones realizadas en los últimos años logran demostrar que adicionar o sustituir caolín al cemento portland mejora las propiedades mecánicas del concreto, principalmente por el aporte de un contenido alto de sílice que posee dicha puzolana.

### **Problema**

En el Perú las construcciones civiles tienen un costo elevado, y es el concreto el material que ocupa un primordial lugar en el momento de la inversión, de la planeación e implementación los materiales para la construcción, es allí donde se origina la necesidad de lograr conseguir una nueva alternativa o solución sin perjudicar el desempeño mecánico ni físico del concreto ni tampoco elevar la economía del producto final.

El uso de las puzolanas naturales es una potencial alternativa como material cementante suplementario que permita a futuro concretos más resistentes, más durables y también económicos.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el precio muy elevado de los materiales de construcción para uso de concreto de alta resistencia, con esta investigación se pretende reemplazar un porcentaje del cemento utilizado en las construcciones de obras civiles por arcilla.

## **Realidad problemática**

### **A nivel Internacional**

A nivel mundial, en la industria de la construcción el material por excelencia más usado es el concreto, y se prevé que seguirá siéndolo a menos que surjan alternativas revolucionen los materiales. Las infraestructuras de los diversos países alrededor del mundo se construyen haciendo uso del concreto, es por esta razón que el ingeniero civil debe tener como conocimiento del material y su tecnología en las distintas etapas de los procesos constructivos de las estructuras con concreto. En concreto es un tema que conlleva implicancias socioeconómicas.

En Inglaterra se destina el 40% del gasto presupuestal en la industria de la Construcción, para trabajos de reparación y al mantenimiento se destina el 4% de su PBI (Neville , 2001). Los distintos tipos de estructuras siempre se ven afectados por problemas de durabilidad del concreto, produciendo en ellos un mal funcionamiento, se tornan ineficientes, y están destinados a que su vida de servicio no se cumpla, es decir su vida útil se reduce considerablemente.

La durabilidad no solo se ve afectada por un mal diseño inicial y un inadecuado proceso constructivo sino también a una fuerte intervención que se produce en la operación, que genera costos y pérdidas para el propietario o el inversor. Debido a trabajos de reparación de las áreas afectadas, reemplazo de algunos elementos que han sufrido deterioro en nivel alto, costos operativos por remodelación o mantenimiento de una estructura. En Estados Unidos, según Buffenbager(1998) los problemas de durabilidad del concreto presentes en estructuras de transporte representaron un costo de 20 billones en el año 1986.

### **A nivel Nacional**

En nuestro país la etapa de introducción del material cemento, se inicia alrededor del año 1860, inicialmente en el año 1864 se creó el arancel de aduanas al producto denominado en ese entonces: cemento romano, en el año 1869 se realizaron las obras correspondientes a la canalización de la ciudad de Lima, en donde se utilizó este cemento. En el año 1902 se importó en nuestro país la cantidad de 4,500 Toneladas métricas de cemento.

En el año 1904 se publicaron, por parte del ingeniero Fort Mitchel, estudios acerca de los yacimientos de calizas en Atocongo –Lima, donde se pondera las proyecciones de su futura utilización de esta materia prima para la fabricación del cemento.

La Compañía Nacional del Cemento Portland es constituida en el año 1916, e inicia sus labores de explotación de las canteras de Atocongo. Para la segunda década del siglo 20 se inician las construcciones de concreto con cemento portland con acero de refuerzos: bóvedas, losas reforzadas en la Estación de Desamparados, casa Oechsle, se construyen edificios como el Teatro Municipal, dichas edificaciones son de concreto armado, otras edificaciones como: el hotel Bolívar, La Sociedad de los Ingenieros, El Club Nacional, el edificio de la Casa Wiese, el Banco de Reserva del Perú entre otros. Se construyen grandes obras hidráulicas como la bocatoma del Imperial (1921) en donde se utilizaron alrededor de 5,000 metros cúbicos.

Los climas variados producidos por los cambios estacionales afectan las construcciones de concreto. Al aumentar la temperatura, al disminuir la humedad relativa, presencia de viento, la radiación solar se producen efectos que ocasionan desgaste y fatiga en el concreto, los cuales se debe prevenir su falla haciendo uso de tecnologías apropiadas que aseguren el buen desempeño del concreto. Los climas calurosos, presentes en la costa peruana aumentan la temperatura en el concreto en su estado fresco, a causa de que sus elementos que lo componen tiene elevada temperatura, esto ocasiona que la trabajabilidad del concreto se reduzca y acelere el tiempo de fraguado de la mezcla de concreto.

### **A nivel local**

En nuestra ciudad de Chimbote, como en otras cuando se desea obtener un concreto de resistencia alta debe de seguirse los pasos adecuados y aplicar una metodología precisa según un método establecido, es decir se debe realizar el análisis, la comparación y la selección de la cantera más óptima del distrito o de la provincia que provea de los agregados de calidad; posteriormente se debe realizar el diseño de mezcla correspondiente para obtener la relación agua-cemento específica con el uso o no de los aditivos, tipo de cemento según el tipo y condiciones y localización de la obra, que por ser Chimbote una zona portuaria, considera un cemento con condiciones de resistencia moderada o alta a los sulfatos, en ese sentido se usa cemento portland tipo MS, otra característica a tener en cuenta es el asentamiento en su estado fresco del concreto el cual debe tener un valor entre 0” hasta 2”, lo que permite elevar la resistencia a la comprensión, con la finalidad de realizar las pruebas o ensayos a las muestras del concreto en su estado fresco o estado endurecido, se debe ordenar dicho valores y tabularlos y acompañarlos de gráficos que permitan realizar un análisis comparativo entre

los efectos que se producen entre el agregado y los aditivos(si se usa), hasta lograr el diseño de mezcla de concreto final óptimo.

Normalmente en nuestra ciudad a través de trabajos de investigación desarrollados en las distintas universidades locales entre ellas la Universidad San Pedro, se viene incorporando en el diseño de concreto diferentes materiales orgánicos e inorgánicos que no se usaban anteriormente y se presentan en cantidades elevadas en algunos casos causando una contaminación en el medio ambiente, estos materiales son: las arcillas, la concha de abanico, la cáscara de arroz, vidrio molido, restos de PET, cascara de coco, hoja de molle, entre otras

### **Formulación del problema**

¿En qué medida el uso de la arcilla como material cementicio suplementario en determinados porcentajes en una mezcla de concreto permitirá obtener una resistencia aceptable?

### **Conceptuación y operacionalización de las variables**

#### **VARIABLE**

Evaluación de la arcilla

#### **Definición conceptual**

Analizar y determinar tipos, propiedades y características de la arcilla

#### **Definición operacional**

#### **Dimensiones**

- Físicas
- Mecánicas
- Química

#### **Indicadores**

- Dureza, flexible.
- Plasticidad, resistencia.
- Silicio, aluminio y calcio.

**Tabla 6 :***Resumen de operacionalización de la variable*

<b>Variabes</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Evaluación de la arcilla	Analizar y determinar tipos, propiedades y características de la arcilla	La muestra de arcilla se extrae, se lava, se calcina se muele. Límites de Atterberg. Se realiza ensayo FRX	<b>FISICA</b>	Dureza, flexible
			<b>MECANICA</b>	Plasticidad, resistencia.
			<b>QUIMICA</b>	Silicio, aluminio y calcio.

Fuente: elaboración propia.

**Hipótesis**

Al usar Arcilla como material cementicio suplementario y sustituir al cemento mejoraría la resistencia a la compresión del concreto.

**Objetivos:****Objetivo General:**

Analizar y evaluar la arcilla como material cementicio suplementario en mezclas de concreto 2020.

**Objetivos específicos**

- Identificar la granulometría de agregados basada a la información referida de la arcilla.
- Identificar el tipo de arcilla empleada en la investigación referida al uso de arcillas en el concreto.
- Identificar los ensayos referidos al uso de las arcillas respecto a: Análisis Térmico Diferencial, eflorescencia de rayos X y Potencial de hidrogeno de las arcillas utilizada en la investigación referida.
- Analizar y comparar la resistencia a la compresión del concreto referido a los 7,14 y 28 días, utilizando información referencial mediante procesamiento estadístico.

## METODOLOGÍA

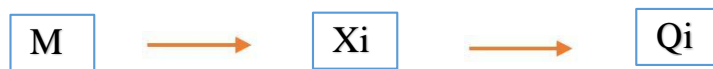
### Tipo y diseño de investigación

#### Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva.

#### Diseño de investigación

El diseño que se muestra en nuestra investigación permite analizar y evaluar la arcilla como material cementicio suplementario en una mezcla de concreto, esta investigación es de nivel no experimental debido a que la variable no es sujeto de manipulación, la cual en la investigación es la evaluación de la arcilla. La presente investigación es de tipo descriptiva – explicativa, ya que está compuesta por una sola variable, evaluando y analizando la causa del problema.



Dónde:

- **M: muestra**, ensayos a realizarse.
- **Xi: Variable**, evaluación de la arcilla.
- **Qi: Resultados**, de la evaluación.

### Población y Muestra

#### Población:

Investigaciones referidas respecto a las variedades de arcilla.

#### Muestra:

Ensayos a realizarse sustituyendo al cemento por la arcilla.

#### Técnicas e instrumentos de investigación:

Para esta investigación, se usó la técnica explicativa, de tal forma que se obtenga la información necesaria para analizarla y compararla, para tener como resultados gráficos en los cuales muestran las comparaciones.



Entre las principales técnicas de recolección de datos que se utilizó en la investigación tenemos:

- Analizar y comparar las investigaciones realizadas
- Evaluación y análisis de los datos obtenidos en gráficos.

## **RESULTADOS**

### **OBJETIVOS ESPECIFICO N°1:**

- Identificar la granulometría de agregados basada a la información referida de la arcilla.

### **Resultados de Granulometria:**

#### AGREGADO FINO:

El agregado fino (arena gruesa) utilizada en la investigación fue extraída de la cantera “RUBEN” la cual se ubica en el distrito de Chimbote, provincia del Santa, Ancash, con coordenadas UTM 762240 E / 8999791.

#### GRANULOMETRÍA:

- Se seleccionó y se obtuvo una cantidad óptima de agregado en recipientes
- Después se pesó y se continuó con el tamizado por las respectivas mallas indicadas.
- Por finalizar se pesó lo retenido en cada malla y se hizo los cálculos respectivos.

**Tabla 7 :***Granulometría de agregado fino*

<b>TAMIZ</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>% Ret. Parcial</b>	<b>% Ret. Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>Nº</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>(gr.)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(gr.)</b>
<b>3"</b>	<b>76.20</b>				
<b>2 1/2"</b>	<b>63.50</b>				
<b>2"</b>	<b>50.80</b>				
<b>1 1/2"</b>	<b>38.10</b>				
<b>1"</b>	<b>25.40</b>				
<b>3/4"</b>	<b>19.10</b>				
<b>1/2"</b>	<b>12.50</b>				
<b>3/8"</b>	<b>9.52</b>				100
<b>Nº 4</b>	<b>4.76</b>	15.5	1.7	1.7	98.3
<b>Nº 8</b>	<b>2.36</b>	89.0	10.0	11.8	88.2
<b>Nº 16</b>	<b>1.18</b>	191.5	21.5	33.3	66.7
<b>Nº 30</b>	<b>0.60</b>	180.5	20.3	53.6	46.4
<b>Nº 50</b>	<b>0.30</b>	169.0	19.0	72.6	27.4
<b>Nº 100</b>	<b>0.15</b>	131.5	14.8	87.4	12.6
<b>Nº 200</b>	<b>0.08</b>	58.5	6.6	94.0	6.0
<b>PLATO</b>	<b>TMC-117</b>	53.5	6.0	100.0	0.0
		889.0	100.0		
<b>MODULO DE FINEZA</b>			<b>2.604</b>		

Fuente: elaboración propia

### PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO:

Se trabajó con una porción de muestra extraída en cantera:

- Se comenzó llenando con un cucharón en un molde hasta rebosar.
- Después de enrasó el molde para eliminar las demasías y se procedió a pesar.
- Se hizo el procedimiento 3 veces para obtener 3 datos y proceder a realizar los cálculos respectivos.

**Tabla 8 :**

*Peso unitario suelto de agregado fino.*

<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>PESO DE MOLDE + MUESTRA</b>	7685	7695	7990
<b>PESO DE MOLDE</b>	3310	3310	3310
<b>PESO DE MUESTRA</b>	4375	4385	4680
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2788	2788	2788
<b>PESO UNITARIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1569	1573	1679
<b>PESO UNITARIOPROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>		1607	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		1594	

Fuente: elaboración propia.

### EL PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO

Se trabajó con una porción de muestra extraída en cantera:

- Se comenzó llenando con un cucharón en un molde hasta rebosar, en tres capas y en cada capa compactando con una varilla con 25 golpes.
- Después de enrasó el molde para eliminar las demasías y se procedió a pesar.
- Se hizo el procedimiento 3 veces para obtener 3 datos y proceder a realizar los cálculos respectivos

**Tabla 9:***Peso unitario compactado de agregado fino.*

Ensayo N°	1	2	3
<b>El peso del molde + la muestra</b>	8325	8324	8370
<b>El peso del molde</b>	3310	3310	3310
<b>El peso la muestra</b>	5015	5014	5060
<b>El volumen del molde</b>	2788	2788	2788
<b>El peso unitario (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1799	1798	1815
<b>El peso unitario promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		1804	
<b>PUP Corregido por HUMEDAD</b>		<b>1790</b>	

Fuente: elaboración propia.

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO:**

Para la obtención de resultados de este ensayo:

- Se seleccionó una porción de agregado y se colocó durante 24 horas en agua.
- Después que pasó las 24 horas, se secó la muestra y se pasó por la malla #4, luego la muestra se introdujo en el cono para ver si tenía la humedad requerida.
- Después sacamos 300gr. Y colocamos en el horno por 24 horas para así obtener el contenido de humedad.
- Para la absorción utilizamos 300gr. De arena superficialmente seca, la colocamos en la fiola y la llenamos de agua.
- Con el extractor de aire sacamos por 15min el aire atrapado, luego llenamos con agua hasta la marca de la fiola, la pesamos y realizamos los cálculos respectivos.

**Tabla 10 :***Gravedad específica y absorción de agregado fino.*

Ensayo N°	1	2
<b>A</b> Peso de Mat. Saturado Sup. Seco (aire)	300.00	300.00
<b>B</b> Peso de Picnómetro + Agua	655.00	655.00
<b>C</b> (A+B)	955.00	955.00
<b>D</b> Peso de Picnómetro + Agua + Material	845.00	845.00
<b>E</b> Vol. De masa + Vol. De vacios (C - D)	110.00	110.00
<b>F</b> Peso de material seco en estufa	296.50	296.50
<b>G</b> Vol. De masa (E - (A - F))	106.50	106.50
<b>ABSORCION: 100X(A-F)/F</b>	1.180	1.180
<b>P.E. BULK(Base Seca)</b> (F/E)	2.6955	2.6955
<b>P.E. BULK(Base Saturada)</b> (F/E)	2.7273	2.7273
<b>P.E. Aparente(Base Seca)</b> (F/E)	2.7840	2.7840
<b>ABSORCION PROMEDIO</b>	1.180	

Fuente: elaboración propia.

**AGREGADO GRUESO**

El agregado Grueso (Piedra Chancada ¾”) que se utilizó en el presente estudio, se utilizó material extraído de la cantera “RUBEN” que se localiza en el distrito de Chimbote –Santa –Ancash. Con coordenadas UTM 762240 E / 8999791.

**GRANULOMETRÍA:**

Para la elaboración de la granulometría del agregado fino se:

- Se seleccionó y se obtuvo una cantidad óptima de agregado en recipientes
- Después se pesó y se continuó con el tamizado por las respectivas mallas indicadas.
- Por finalizar se pesó lo retenido en cada malla y se hizo los cálculos respectivos.

**Tabla 11 :***Granulometría de agregado grueso.*

<b>TAMIZ</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>% Ret. Parcial</b>	<b>% Ret. Acumulado</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>Nº</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>(gr.)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(gr.)</b>
<b>3"</b>	<b>76.20</b>				
<b>2 1/2"</b>	<b>63.50</b>				
<b>2"</b>	<b>50.80</b>				
<b>1 1/2"</b>	<b>38.10</b>				100.0
<b>1"</b>	<b>25.40</b>	27.0	2.1	2.1	97.9
<b>3/4"</b>	<b>19.10</b>	945.0	75.2	77.4	22.6
<b>1/2"</b>	<b>12.50</b>	284.0	22.6	100.0	0.0
<b>3/8"</b>	<b>9.52</b>	0.0	0.0	100.0	0.0
<b>Nº 4</b>	<b>4.76</b>				
<b>Nº 8</b>	<b>2.36</b>				
<b>Nº 16</b>	<b>1.18</b>				
<b>Nº 30</b>	<b>0.60</b>				
<b>Nº 50</b>	<b>0.30</b>				
<b>Nº 100</b>	<b>0.15</b>				
<b>Nº 200</b>	<b>0.08</b>				
<b>PLATO</b>	<b>TMC-117</b>				
		1256.0	100.0		
	<b>Tamaño Máximo Nominal</b>		3/4"		
	<b>Nº HUSO (Ref. ASTM C-33)</b>		5		

Fuente: elaboración propia.

### PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO:

Se trabajó con una porción de muestra extraída en cantera:

- Se comenzó llenando con una palana en un molde hasta rebosar.
- Después de enrasó el molde para eliminar las demasías y se procedió a pesar.
- Se hizo el procedimiento 3 veces para obtener 3 datos y proceder a realizar los cálculos respectivos.

### **Tabla 12 :**

*Peso unitario suelto de agregado grueso.*

<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>El peso del molde + la muestra</b>	18670	18555	18490
<b>El peso del molde</b>	5085	5085	5085
<b>El peso la muestra</b>	13585	13470	13405
<b>El volumen del molde</b>	9354	9354	9354
<b>El peso unitario (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1452	1440	1433
<b>El peso unitario promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		1442	
<b>PUP Corregido por HUMEDAD</b>		1436	

Fuente: elaboración propia.

### PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO:

Se trabajó con una porción de muestra extraída en cantera:

- Se comenzó llenando con una palana en un molde hasta rebosar, en tres capas y en cada capa compactando con una varilla con 25 golpes.
- Después de enrasó el molde para eliminar las demasías y se procedió a pesar.
- Se hizo el procedimiento 3 veces para obtener 3 datos y proceder a realizar los cálculos respectivos

**Tabla 13 :***Peso unitario compactado de agregado grueso.*

<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>El peso del molde + la muestra</b>	19750	19675	19765
<b>El peso del molde</b>	5085	5085	5085
<b>El peso la muestra</b>	14665	14590	14680
<b>El volumen del molde</b>	9354	9354	9354
<b>El peso unitario (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1568	1560	1569
<b>El peso unitario promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		1566	
<b>PUP Corregido por HUMEDAD</b>		1559	

Fuente: elaboración propia.

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO:**

Para la obtención de resultados de este ensayo:

- Se seleccionó una porción de agregado y se colocó durante 24 horas en agua.
- Obtenemos una muestra, la pesamos y la llevamos a la balanza hidrostática.
- Una vez pesado se lleva al horno para su secado y hacer sus respectivos cálculos.



**Tabla 14 :***Gravedad específica y absorción de agregado grueso.*

Ensayo N°		1	2
A	Peso de Mat. Saturado Sup. Seco (aire)	1085.00	1045.00
B	Peso de Mat. Saturado Sup. Seco (agua)	709.30	685.30
C	Vol. De masa + Vol. De vacíos (A - B)	375.70	363.70
D	Peso de material seco en estufa	1080.00	1040.00
E	Vol. De masa (C - (A - D))	370.70	358.70
ABSORSION: $100X(A - D)/D$		0.463	0.481
P.E. BULK(Base Seca)	(D/C)	2.8746	2.8595
P.E. BULK(Base Saturada)	(A/C)	2.8879	2.8732
P.E. Aparente(Base Seca)	(D/E)	2.9134	2.8994
ABSORCION PROMEDIO		0.472	

Fuente: elaboración propia.

## ARCILLA DE ACOPAMPA-CARHUAZ

La arcilla utilizada en esta investigación provino de una zona andina de nuestro departamento, exactamente del distrito de Acopampa, en la provincia de Carhuaz región Ancash

### PESO ESPECÍFICO:

Para la obtención de resultados de este ensayo:

- Se llenó el frasco Le Chatelier con gasolina hasta la marca 0ml, después sumergimos el frasco en Baño María y anotamos en los instrumentos de recolección de datos la cantidad (volumen) del líquido contenido en el frasco, además de la temperatura del ambiente al momento de realizar el ensayo.
- Luego se procedió a depositar los 64gr. de arcilla sin derramar fuera del frasco arcilla.
- Tapamos el frasco y se agitó en forma inclinada para así poder eliminar aire en el interior, colocamos en Baño María, controlamos la temperatura y por último anotamos el volumen.

**Tabla 15 :**

*Peso específico de muestra de arcilla de Acopampa.*

<b>PRUEBA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>La lectura Inicial</b>	0.00	0.00
<b>La lectura Final</b>	18.00	18.00
<b>El peso de la muestra</b>	64.00	64.00
<b>El volumen desplazado</b>	18.00	18.00
<b>El peso específico</b>	3.56	3.56
<b>El peso específico Promedio</b>	3.56	

Fuente: elaboración propia.

## **OBJETIVOS ESPECIFICO N°2**

- Identificar el tipo de arcilla empleada en la investigación referida al uso de arcillas en el concreto.

LÍMITES DE ATTERBERG: Para la obtención de resultados de este ensayo:

### LÍMITE LÍQUIDO:

- Utilizamos 250gr. de arcilla, lo pasamos por la malla N°200 y comenzamos a echarle agua hasta que la muestra se vea trabajable.
- Luego colocamos la arcilla húmeda en la cazuela (Copa de Casa Grande), hacemos una ranura con el acanalador y comenzamos a contabilizar los golpes con la ayuda de la manivela hasta que cierre la ranura.
- Repetimos este proceso, teniendo en cuenta dos muestras más para poder lograr tres puntos a diferentes contenidos de humedad.

### LÍMITE PLÁSTICO:

- Trabajamos con el mismo material del límite líquido tomamos aproximadamente 20gr.
- Luego amasamos hasta que pierda humedad y se pueda enrollar
- Hacemos cilindros en un vidrio hasta que los cilindros se rajen o tiendan a desmoronarse y una vez que se ha producido el límite se pesa antes y después de meter al horno para determinar el contenido de humedad.

**Tabla 16 :***Límites de Atterberg de muestra de arcilla de Acopampa.*

N° DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
<b>Peso de la Tara</b>	14.80	14.60	14.60	14.80	18.75	14.80
<b>Peso de la Tara + Muestra Humeda</b>	43.30	51.70	45.50	19.70	22.80	19.70
<b>Peso de la Tara + Muestra Seca</b>	34.70	40.10	35.50	18.60	21.90	18.65
<b>Peso del Agua</b>	8.60	11.60	10.00	1.10	0.90	1.05
<b>Peso de la muestra Seca</b>	19.90	25.50	20.90	3.80	3.15	3.85
<b>Contenido de humedad</b>	43.22	45.49	47.85	28.95	28.57	27.27
<b>N°de Golpe</b>	30.00	26.00	18.00		28.26	

**Límite Líquido**

(MTC E-110 ASTM D-4316 Y AASHTO T89)

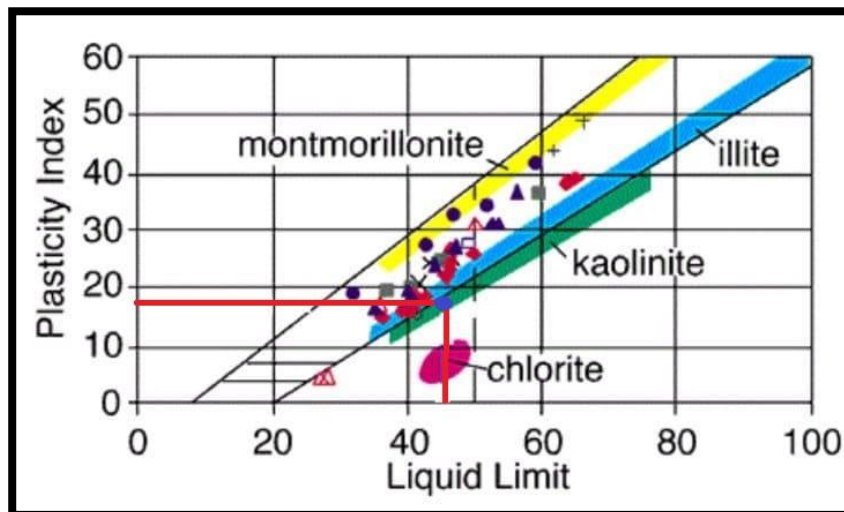
**LL**            %            45.39(MTC E-111 ASTM D-4318 Y  
AASHTO T90)**LP**            %            28.26**Índice de Plasticidad**

ASTM D - 438

**IP**            %            17.13

Fuente: elaboración propia.

Los datos correspondientes a los Límites de Atterberg que aparecen en la Tabla, fueron representados en el Diagrama de Holtz y Kocvas .Holtz y Kocvas (1981), como se muestra en la Figura siguiente:



*Figura 1.* Diagrama de Holtz y Kovacs de arcilla de acopampa – carhuaz.

### **OBJETIVOS ESPECIFICO N°3**

- Identificar los ensayos referidos al uso de las arcillas respecto a: Análisis Térmico Diferencial, eflorescencia de rayos X y Potencial de hidrogeno de las arcillas utilizada en la investigación referida.

### **COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA QUÍMICA:**

#### **ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X:**

La composición química obtenida por el laboratorio de CIENCIAS FISICAS-UNMSM obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 17 :***Composición elemental de la arcilla de Acopampa en % de masa.*

Oxido	Concentración %masa	Normalizado al 100 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.778	35.261
SiO <sub>2</sub>	57.893	57.058
K <sub>2</sub> O	2.321	2.287
Ca O	0.388	0.083
TiO <sub>2</sub>	0.118	0.116
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.005	0.005
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.004
MnO	0.021	0.021
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.760	4.692
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.009	0.009
Cu O	0.009	0.009
ZnO	0.020	0.019
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.004
Rb <sub>2</sub> O	0.006	0.005
SrO	0.003	0.003
MgO	0.007	0.007
ZrO <sub>2</sub>	0.006	0.005
BaO	0.100	0.099
<b>Total</b>	<b>113.123</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## ANALISIS DE pH

Tras la evaluación de los resultados del potencial hidrogeno se obtuvieron diversos valores los cuales se muestran en el cuadro resumen del Ph que se realizaron en el Laboratorio de COLECBI en el distrito de Nuevo Chimbote, en este cuadro se puede verificar que los porcentajes se encuentran en los rangos adecuados similares al cemento y por tanto no afectarían el proceso de fraguado del concreto.

### **Tabla 18 :**

*Ensayo de pH de muestra de arcilla de acopampa.*

---

<b>ENSAYO pH</b>	<b>RESULTADOS</b>
Cemento	12.48
Arcilla	7.47
Cemento (95%)+ arcilla (5%)	12.52
Cemento (90%)+ arcilla (10%)	12.55

---

Fuente: elaboración propia.



#### OBJETIVOS ESPECIFICO N°4

- Analizar y comparar cómo se comportan las resistencias a la compresión de las mezclas de concreto referidas a los 7, 14 y 28 días, utilizando información referencial mediante procesamiento estadístico.

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS

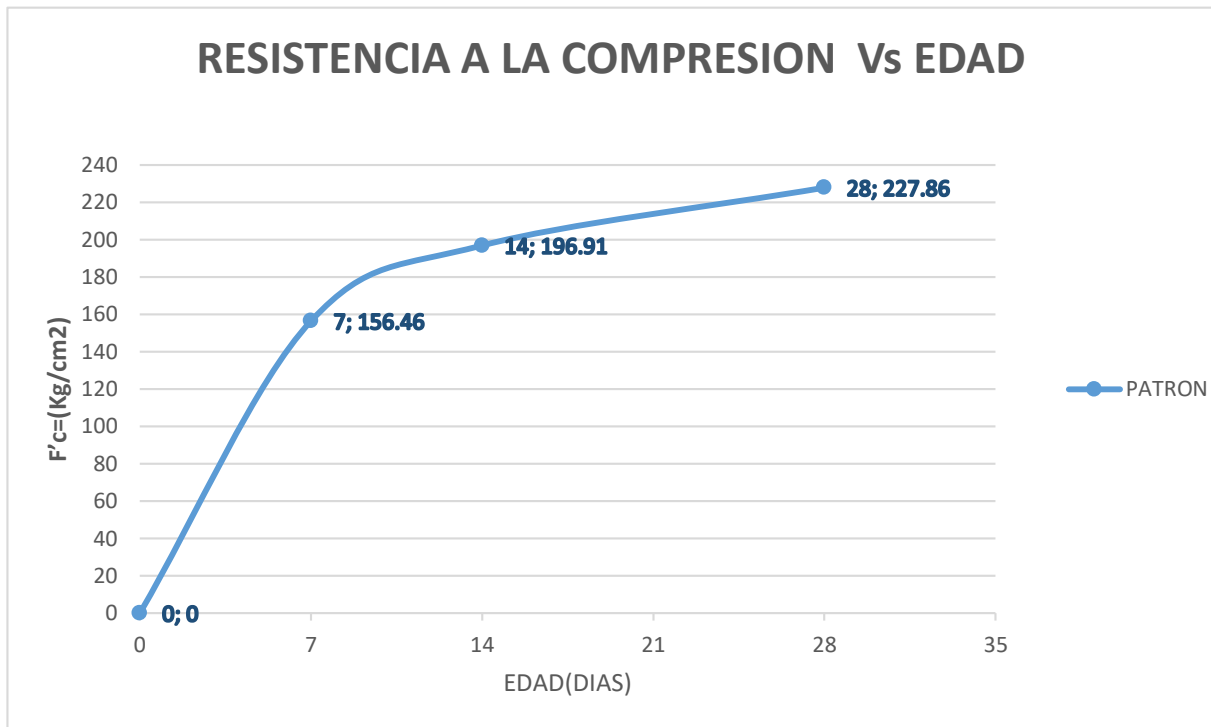
**Tabla 19 :**

*Ensayo de resistencia a la compresión obtenidas de probetas patrón.*

N° ENSAYO	PATRON		
	EDAD (días)		
	7	14	28
1	160.83	194.10	221.41
2	159.56	202.73	235.64
3	148.99	193.91	226.54
PROM.	156.46	196.91	227.86

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.

**Interpretación:** De los resultados que se obtuvieron de la prueba de Compresión podemos observar, que los datos registrados a los 7,14 y 28 días se incrementaron y superaron el 75%, 85% y 95%-100% respectivamente de lo establecido. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas patrón.



**Figura 2.** Resistencia a la compresión de patrón vs edad.

**Interpretación:** en la figura se puede evidenciar, que al incrementar los días de curado la resistencia a la compresión también se incrementa, obteniendo como resultado una resistencia promedio de  $F'c=227.86 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

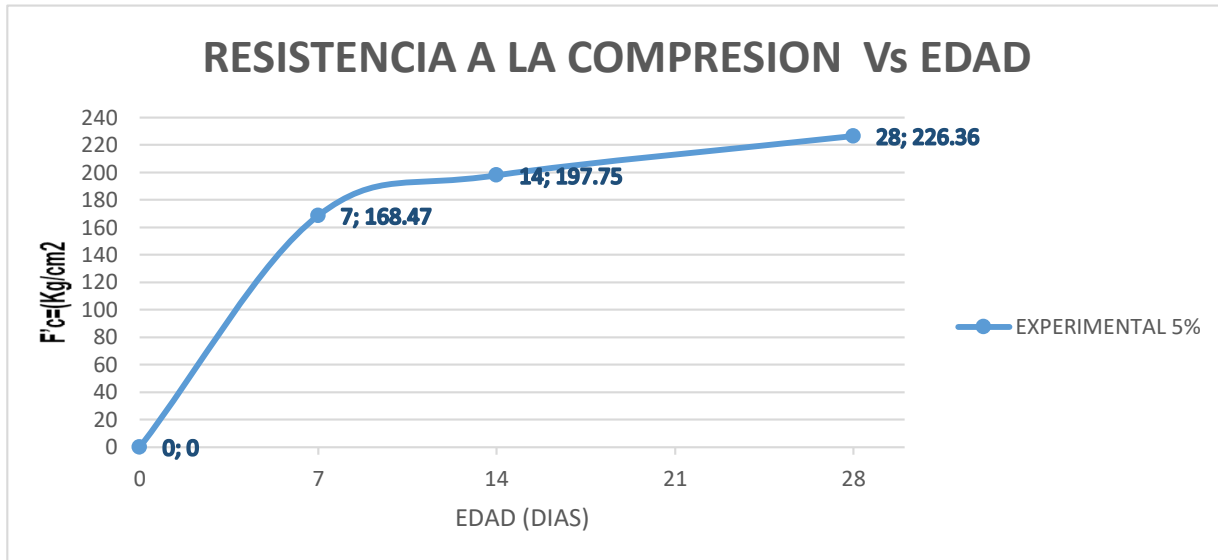
**Tabla 20 :**

*Ensayo de resistencia a la compresión de probetas experimental al 5%.*

N° ENSAYO	ARCILLA (5%) EDAD (días)		
	7	14	28
1	170.48	198.66	221.93
2	166.58	198.53	228.02
3	168.36	196.08	229.14
PROM.	168.47	197.75	226.36

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.

**Interpretación:** De la tabla anterior se deduce que de los resultados obtenidos de la prueba de Compresión, se evidencian los datos registrados a los 7,14 y 28 días que incrementaron y superaron el 75%, 85% y 95%-100% respectivamente de lo establecido. En conclusión, se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución de 5%.



**Figura 3.** Resistencia a la compresión experimental al 5% vs edad.

**Interpretación:** En el gráfico podemos evidenciar, que al incrementarse los días de curado la resistencia a la compresión, también se incrementa, obteniendo como resultado una resistencia promedio de  $F'c=226.36\text{kg/cm}^2$  a los 28 días.

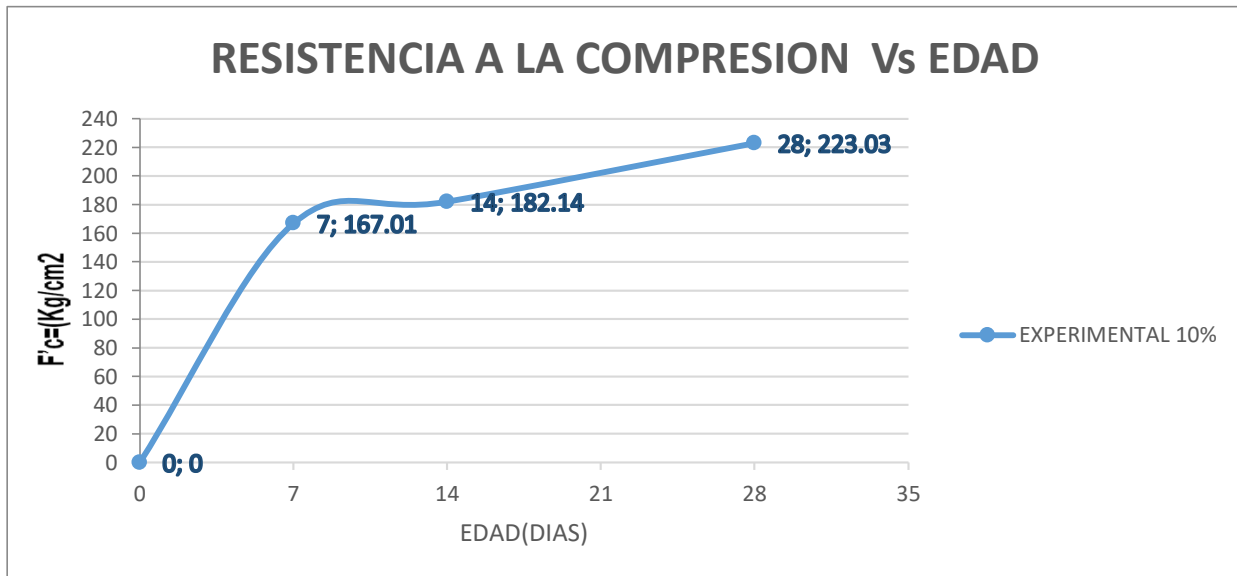
**Tabla 21 :**

*Ensayo de resistencia a la compresión de probetas experimental al 10%.*

N° ENSAYO	ARCILLA (10%) EDAD (días)		
	7	14	28
1	164.66	179.93	219.88
2	170.31	181.68	227.71
3	166.06	184.81	221.49
PROM.	167.01	182.14	223.03

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.

**Interpretación:** De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión podemos deducir los datos registrados a los 7,14 y 28 días que incrementaron y superaron el 75%, 85% y el 95%-100% respectivamente de lo establecido. En conclusión, se evidenciaron buenos resultados de probetas con sustitución de 10%.



**Figura 4.** Resistencia a la compresión experimental al 10% vs edad.

**Interpretación:** En el grafico podemos observar, que al aumentar los días de curado la resistencia a la compresión se incrementa, teniendo como resultado una resistencia promedio de  $F'c=223.03\text{kg/cm}^2$  a los 28 días.

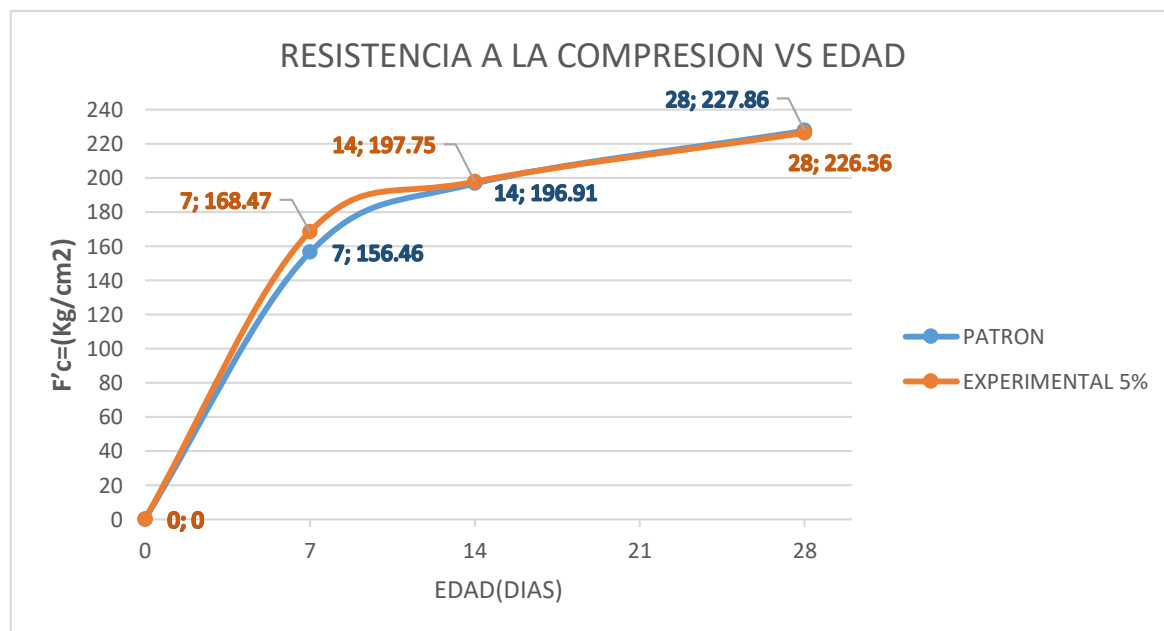
**Tabla 22 :**

*Resultados patrón vs experimental al 5%.*

EDAD (días)	PATRON (Kg/cm <sup>2</sup> )	ARCILLA (5%) (Kg/cm <sup>2</sup> )
7	156.46	168.47
14	196.91	197.75
28	227.86	226.36

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.

**Interpretación:** En la tabla se observa que de ls datos de la prueba de Compresión, se evidenció una resistencia promedio que supera el diseño para un concreto  $F'c=210\text{Kg/cm}^2$  en los 7, 14 y 28 días de curado y logro superar la resistencia a los 7, 14 días, pero que no logro superar los valores obtenidos por el patrón a los 28 días. De esta manera podemos concluir, que no se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución al 5% de Arcilla, realizando una comparación con las probetas patrón.



**Figura 5 .** Resistencia patrón vs experimental al 5%.

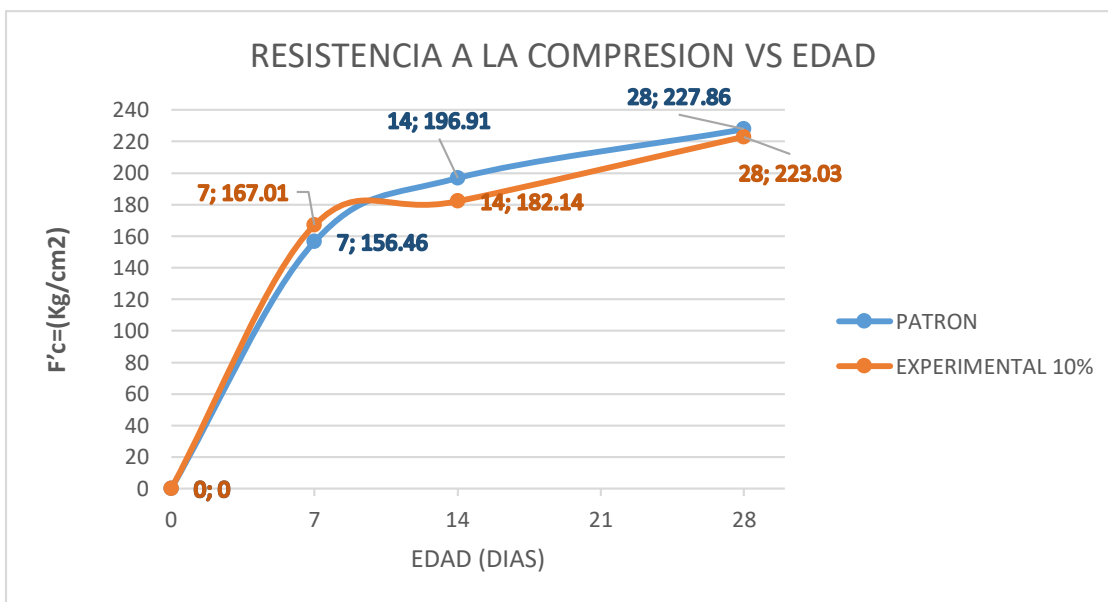
**Tabla 23 :**

*Resultados patrón vs experimental al 10%.*

<b>EDAD</b> (días)	<b>PATRON</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>ARCILLA (10%)</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
7	156.46	161.01
14	196.91	180.14
28	227.86	223.03

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.

**Interpretación:** De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión, se observa que se alcanzó una resistencia promedio que supera el diseño para un concreto  $F'c=210\text{Kg/cm}^2$  en los 7, 14 y 28 días de curado y logro superar la resistencia a los 7 días, pero que no logro superar los valores obtenidos por el patrón a los 14,28 dias. Por ello podemos concluir que no se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución al 10% de Arcilla en comparación con las probetas patrón.



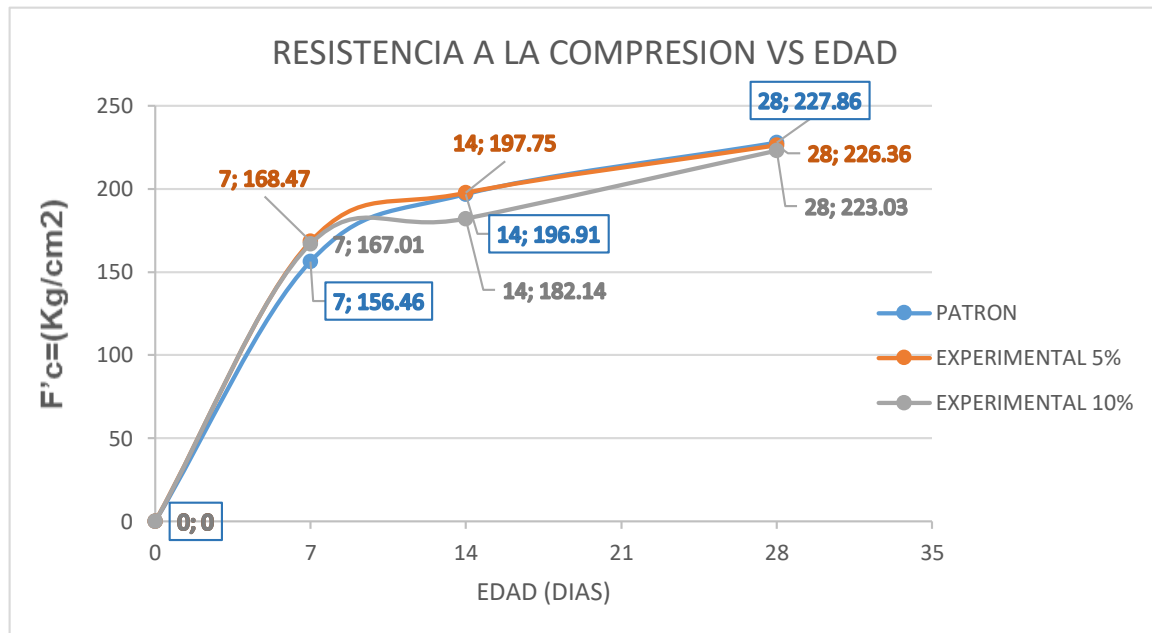
**Figura 6.** Resistencia patron vs experimental al 10%.

**Tabla 24 :**

*Resultados patrón vs experimental al 5% vs experimental al 10%.*

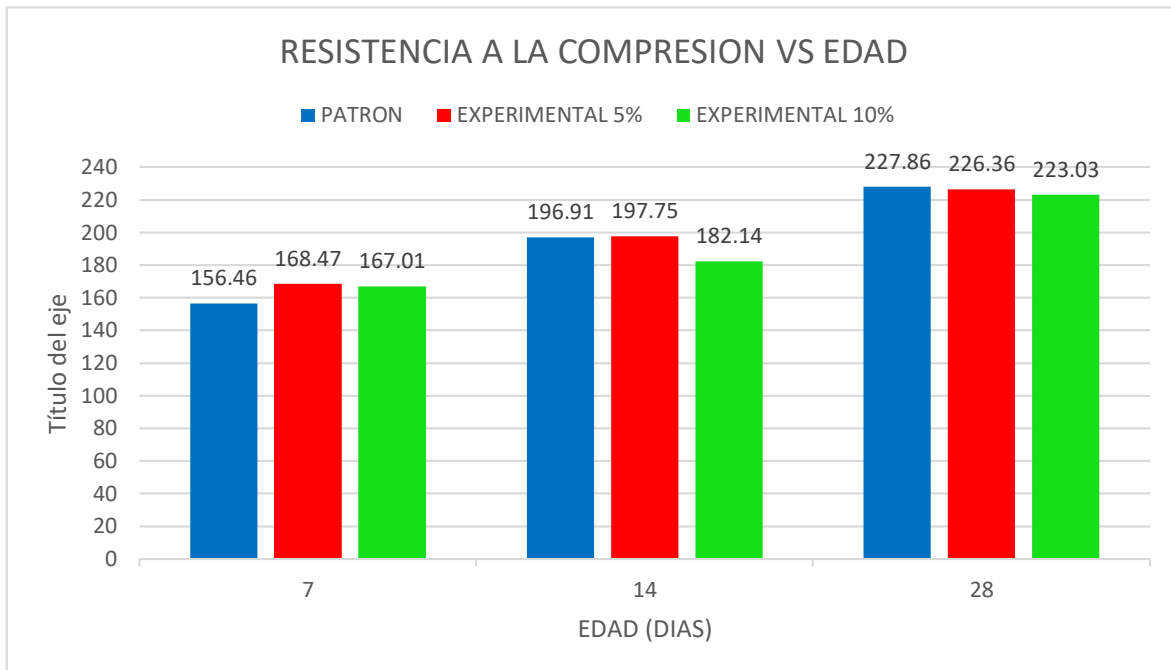
EDAD (días)	PATRON (Kg/cm2)	ARCILLA (5%) (Kg/cm2)	ARCILLA (10%) (Kg/cm2)
7	156.46	168.47	167.01
14	196.91	197.75	182.14
28	227.86	226.36	223.03

Fuente: Prueba de Compresión Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro.



**Figura 7.** Resistencia patron vs experimental al 5% vs experimental al 10%.

**Interpretación:** En los dos casos experimentales estudiados, se observa que el 5%, 10% alcanzan una resistencia de  $F'c=210\text{Kg/cm}^2$  que es la de un concreto convencional, estos resultados que se obtuvieron en el proceso de la elaboración del concreto variaron de acuerdo a su composición química de la arcilla en cada sustitución, pero no logro superar la resistencia del patrón a los 28 días.



**Figura 8.** Comparación patrón vs experimental al 5% vs experimental al 10%.

**Interpretación:** Se evidencia que en ambos casos experimentales estudiados, se observa que en el de 5%, 10% alcanzan la resistencia de  $F'c=210\text{Kg/cm}^2$ , que es de un concreto convencional, por ello los resultados obtenidos en el proceso de la elaboración del concreto variaron de acuerdo a su composición química de la arcilla en cada sustitución, pero no logro superar la resistencia del patrón a los 28 días.



## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

A continuación, se realiza un análisis y discusión de cada resultado obtenido en los diferentes ensayos realizados por las investigaciones evaluadas, que se realizaron en el laboratorio, con la finalidad de constatar la hipótesis de trabajo que se presentó en el capítulo I de la presente tesis.

### **Acerca de los Ensayos**

Al evaluar los ensayos podemos concluir que se ejecutaron bajo la misma normatividad y procedimiento técnico del investigador acompañados de los técnicos y responsables del Laboratorio mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, en la parte de la elaboración de las mezclas de concreto, como para los respectivos ensayos, obteniendo resultados variables, demostrados y certificados.

Para el desarrollo de los ensayos de Laboratorio utilizaron los procedimientos establecidos por la N.T.P. , las Normas ASTM entre otras, los cuales vienen a ser los criterios valoran por encima de los estándares establecido para la elaboración de una mezcla de concreto convencional, por lo que se evaluaron estas mezclas con óptimas.

La calidad de un buen Concreto depende de muchos factores y está directamente vinculada con los agregados por lo que se muestran los valores en el ANEXO.

### **AGREGADO FINO**

- La gradación de las arenas (agregado fino) se verifican que cumplen con pertenecer al intervalo de los límites precisados en las normas (ASTM-C-33), este material no presentaba arcillas o material contaminante.
- Los módulos de finura se encuentran cumpliendo lo solicitado por la norma es decir valores superiores a 2.35 e inferiores a 3.15 requerido, teniendo un promedio de 2.77 las arenas de las investigaciones evaluadas lo que permite inferir que el agregado fino usado es de buena calidad.
- El peso específico del A.F es de  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ , se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango de este PE (2.5-2.8).

## AGREGADO GRUESO

- La gradación de las gravas o piedras, refiere que cumplen con los límites que se establecen en la Norma ASTM-C-33 y se caracteriza por tener una forma sub-angular y superficie rugosa.
- En el ensayo de absorción se obtuvo 0.47% resultado muy bueno, siendo requerido el resultado menor del 1%, respecto a que las rocas presentan poca porosidad.
- Se determinó por ensayo de peso específico del agregado grueso que el valor obtenido 2.87gr/cm<sup>3</sup>, está dentro del rango de peso específico.

## ARCILLA DE ACOPAMPA-CARHUAZ

- Para el ensayo de peso específico obtuvimos 2.91 gr/cm<sup>3</sup>.
- En el ensayo de Limite líquido se obtuvo 45.39%, un Limite plástico se obtuvo 28.26% y un Índice Plástico de 17.13% lo cual podemos inferir que se tiene una buena presencia de arcilla luego del lavado, esto se debe por la alta plasticidad que tiene, lo que es una característica fundamental de la arcilla Caolinita.
- Cuando calcinamos a una temperatura de 540° por un tiempo de 2 hora, se apreció un cambio de color en la arcilla lo cual es una buena señal de que nuestra arcilla no había llegado hasta el punto de cristalizarse, pero por su alto contenido de cuarzo y moscovita se debió haber calcinado a temperaturas más alta para poder activarla completamente nuestra arcilla y poder decir que empleamos una arcilla activada térmicamente en su totalidad.
- En los estudios realizados al pH obtuvimos como resultado:

### Tabla 25 :

*Ensayo de pH de muestra de arcilla de acopampa.*

Ensayo pH	Resultados
Cemento	12.48
Arcilla	7.47
Cemento (95%)+ arcilla (5%)	12.52
Cemento (90%)+ arcilla (10%)	12.55

Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** Podemos apreciar que en las 2 sustituciones que se hizo los exámenes de alcalinidad sus valores de pH no varían mucho con respecto al del cemento, lo cual son buenos resultados por la razón de que el calor de hidratación es moderado o similar a lo que genera un cemento.

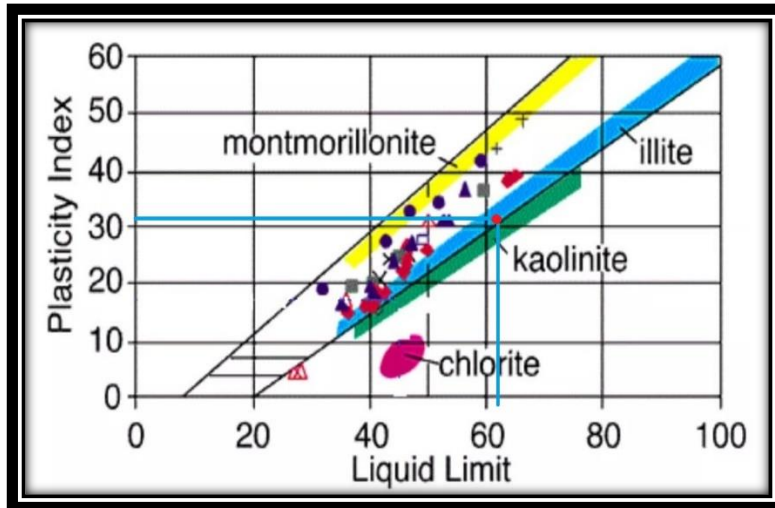
- Como se puede apreciar en el resumen de resultados de los testigos, notamos que la sustitución al 5% aumenta la resistencia a las edades de 7,14 y 28 días de curado, logra superar al patrón en el 7, 14 días pero no logro superar en los 28 dias, y en el caso de la sustitución de 10% aumenta las resistencia a los 7,14 y 28 días de curado pero solo logra superar al patrón en el 7 dias mas no en los 14, 28 dias.

### **Investigaciones evaluadas**

- Nieto Aguirre, Heyner Jerson (2018) “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4%, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari”
- Urrutia Vargas, Segundo Milquisider (2017) “Evaluación del concreto  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituido el cemento en 2% y 4% de arcilla de Cajabamba- Cajamarca”
- Acuña Zuñiga Jherson Jhan pierre (2018), en su estudio: “Resistencia a la compresión de un concreto sustituido el cemento en 5% por arcilla del distrito de Macate”
- Villena Villanueva, James Anthony (2020) “sustitución del cemento en 5%, 10 % por arcilla de Acopampa - Carhuaz”

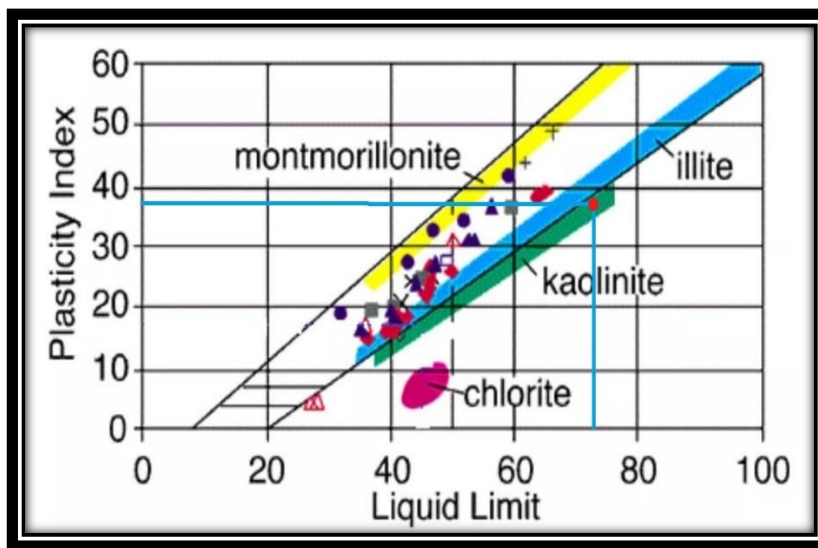
## TIPOS Y PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS UTILIZADAS EN LAS INVESTIGACIONES

**Nieto (2018): límite líquido: 63.0%, índice de plasticidad: 33.24%**, en el diagrama de Holtz y Kovacs nos indica que la arcilla esta próxima a ser entre **caolinita o illita**.



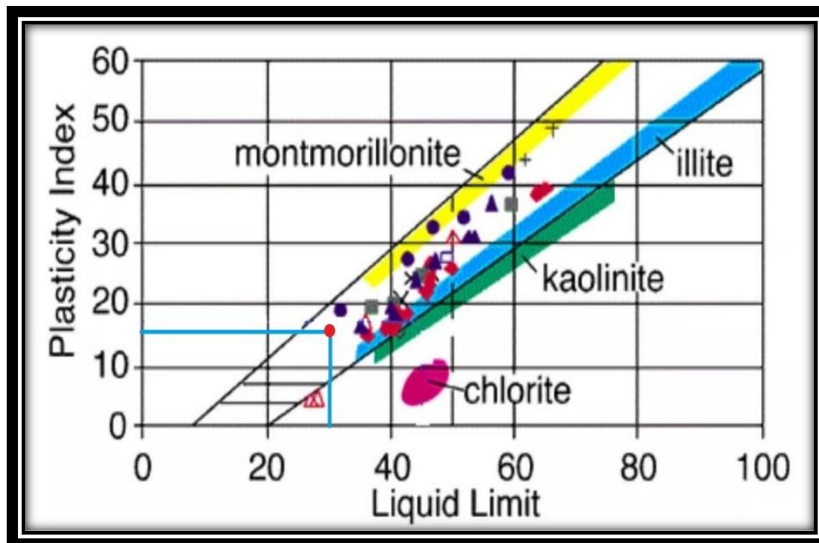
*Figura 9.* Diagrama de Holtz y Kovacs de Nieto (2018).

**Urrutia (2017): límite líquido: 73.25%, índice de plasticidad: 37.95%**, en el diagrama de Holtz y Kovacs nos indica que la arcilla es **caolinita**.



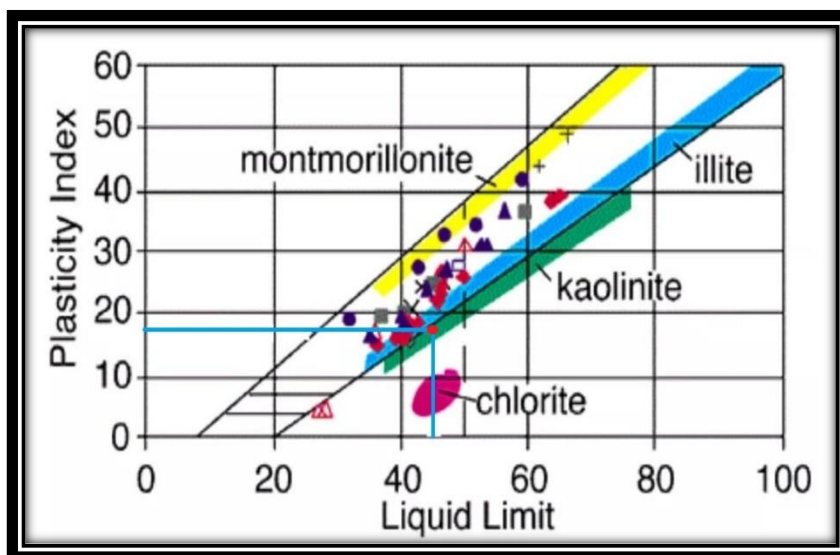
*Figura 10.* Diagrama de Holtz y Kovacs de Urrutia (2017).

**Acuña (2018): límite líquido 30.96%, índice de plasticidad: 14.57%**, en el siguiente diagrama de Holtz y Kovacs nos indica que la arcilla esta próxima a ser entre **illita o Montmorillonita**.



*Figura 11.* Diagrama de Holtz y Kovacs de Acuña (2018).

**Villena (2020): límite líquido 45.39%, índice de plasticidad: 17.13%**, en el diagrama de Holtz y Kovacs nos indica que la arcilla es **caolinita**.



*Figura 12.* Diagrama de Holtz y Kovacs de Villena (2020).

**Tabla 26 :***Tipos de arcilla de las investigaciones de acuerdo al gráfico de Holtz y Kovacs*

<b>INVESTIGACIONES</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>TIPO</b>
<b>Nieto (2018)</b>	63.0	33.24	Caolinita / illita
<b>Urrutia (2017)</b>	73.25	37.95	Caolinita
<b>Acuña (2018)</b>	30.96	14.57	Illita / Montmorillonita
<b>Villena (2020)</b>	45.39	17.13	caolinita

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 27 :***Análisis y comparación relación agua/cemento, análisis térmico diferencial.*

	<b>relación agua/cemento</b>	<b>ATD</b>
	<b>PATRON</b>	
<b>Nieto (2018)</b>	0.714	550°
<b>Urrutia (2017)</b>	0.684	550°
<b>Acuña (2018)</b>	0.684	750°
<b>Villena (2020)</b>	0.699	540°

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 28 :***Análisis y comparación de Ph.*

	LUGAR DE EXTRACCION	ARCILLA	CEMENTO I	MUESTRA	
				Combinaciones %	Valor
<b>Nieto (2018)</b>				4% A + 96% C	12
	HUARI	8.5	12	6% A + 94% C	11.5
				8% A + 92% C	11.5
<b>Urrutia (2017)</b>				2% A + 98% C	13.39
	CAJABAMBA	5.33	13.41	4% A + 96% C	13.37
<b>Acuña (2018)</b>	CUSCUMBE	10.49	12.45	5% A + 95% C	12.36
<b>Villena (2020)</b>				5% A + 95% C	12.52
	ACOPAMPA	11.16	12.70	10% A + 90% C	12.55

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 29 :***Análisis y comparación de Fluorescencia de Rayos X.*

	<b>Nieto (2018)</b>	<b>Urrutía (2017)</b>	<b>Acuña (2018)</b>	<b>Villena (2020)</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	38.674	13.226	39.951	35.778
<b>SiO<sub>2</sub></b>	37.552	41.188	41.123	57.893
<b>K<sub>2</sub>O</b>	8.626	1.25	8.264	2.321
<b>Ca O</b>	5.753	0.58	1.232	0.388
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.812	0.62	0.650	0.118
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	-		0.021	0.005
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-	0.008	-	0.004
<b>MnO</b>	0.206	0.047	0.126	0.021
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	7.795	6.055	8.171	4.760
<b>Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-	0.005	-	0.009
<b>Cu O</b>	-	-	-	0.009
<b>ZnO</b>	0.024	0.008	0.011	0.020
<b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-	-	-	0.004
<b>Rb<sub>2</sub>O</b>	-	0.004	-	0.006
<b>SrO</b>	-	0.010	0.026	0.003
<b>MgO</b>	-	-	-	0.007
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	-	0.13	-	0.006
<b>BaO</b>	-	-	-	0.100
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.069	-	0.055	-
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.489	-	0.369	-

Fuente: elaboración propia.

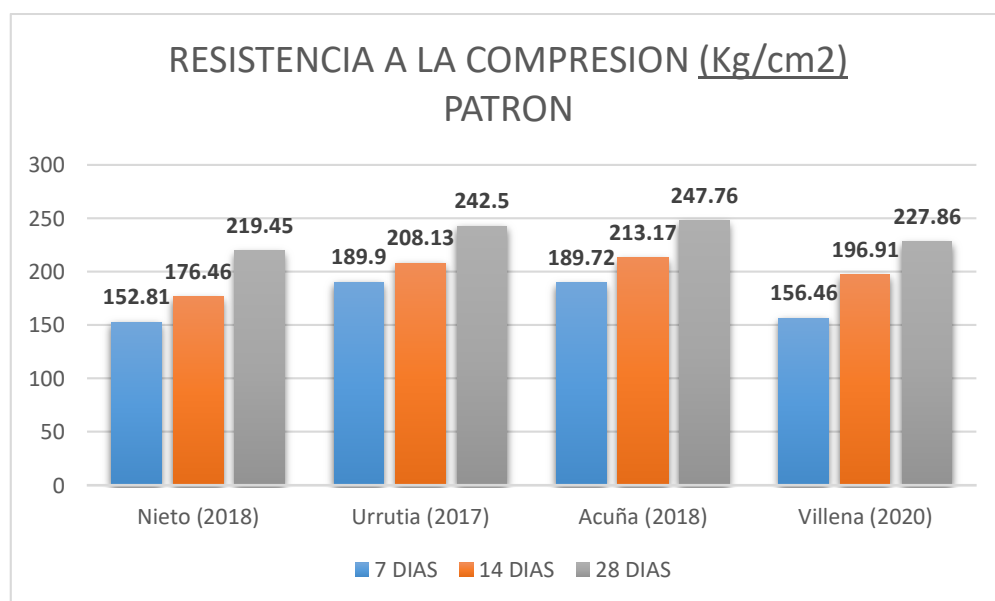


**Tabla 30 :**

*Análisis y comparación de resistencias patrón de las investigaciones.*

INVESTIGACIONES	ELEMENTO	EDAD	F´C (kg/cm2)
<b>Nieto (2018)</b>	PATRON	7	152.81
	PATRON	14	176.46
	PATRON	28	219.45
<b>Urrutia (2017)</b>	PATRON	7	189.9
	PATRON	14	208.13
	PATRON	28	242.5
<b>Acuña (2018)</b>	PATRON	7	189.72
	PATRON	14	213.17
	PATRON	28	247.76
<b>Villena (2020)</b>	PATRON	7	156.46
	PATRON	14	196.91
	PATRON	28	227.86

Fuente: elaboración propia.

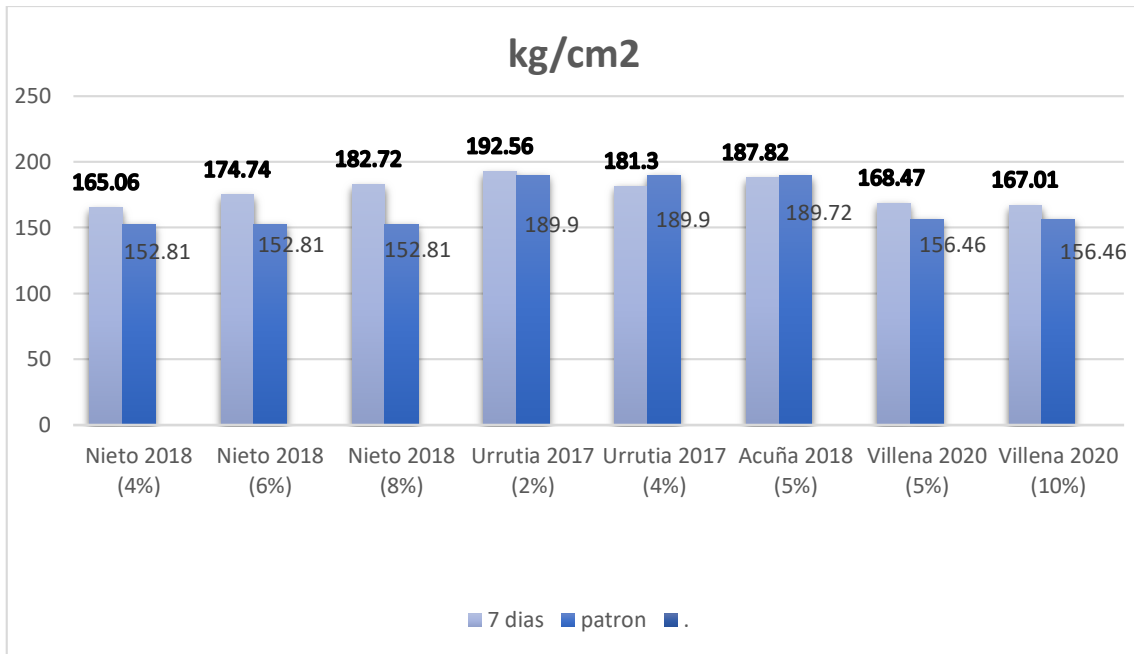


**Figura 13.** Comparación de resistencias patrón de las investigaciones.

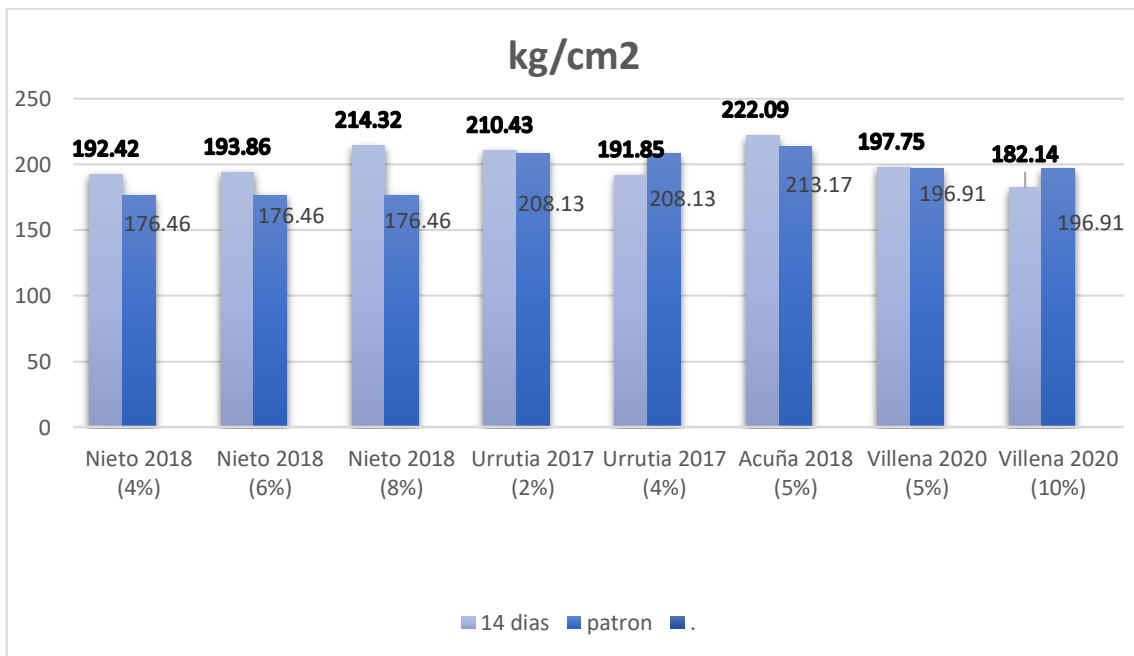
**Tabla 31 :***Análisis de resistencias experimentales de las investigaciones.*

INVESTIGACIONES	ELEMENTO	EDAD	F´C (kg/cm2)
<b>Nieto (2018)</b>	EXPERIMENTAL 4%	7	165.06
		14	192.42
		28	225.79
	EXPERIMENTAL 6%	7	174.74
		14	193.86
		28	238.28
	EXPEMIMENTAL 8%	7	182.72
		14	214.32
		28	248.33
<b>Urrutia (2017)</b>	EXPERIMENTAL 2%	7	192.56
		14	210.43
		28	223.49
	EXPEMIMENTAL 4%	7	181.30
		14	191.85
		28	211.00
<b>Acuña (2018)</b>	EXPERIMENTAL 5%	7	187.82
		14	222.09
		28	239.77
<b>Villena (2020)</b>	EXPERIMENTAL 5%	7	168.47
		14	197.75
		28	226.36
	EXPERIMENTAL 10%	7	167.01
		14	182.14
		28	223.03

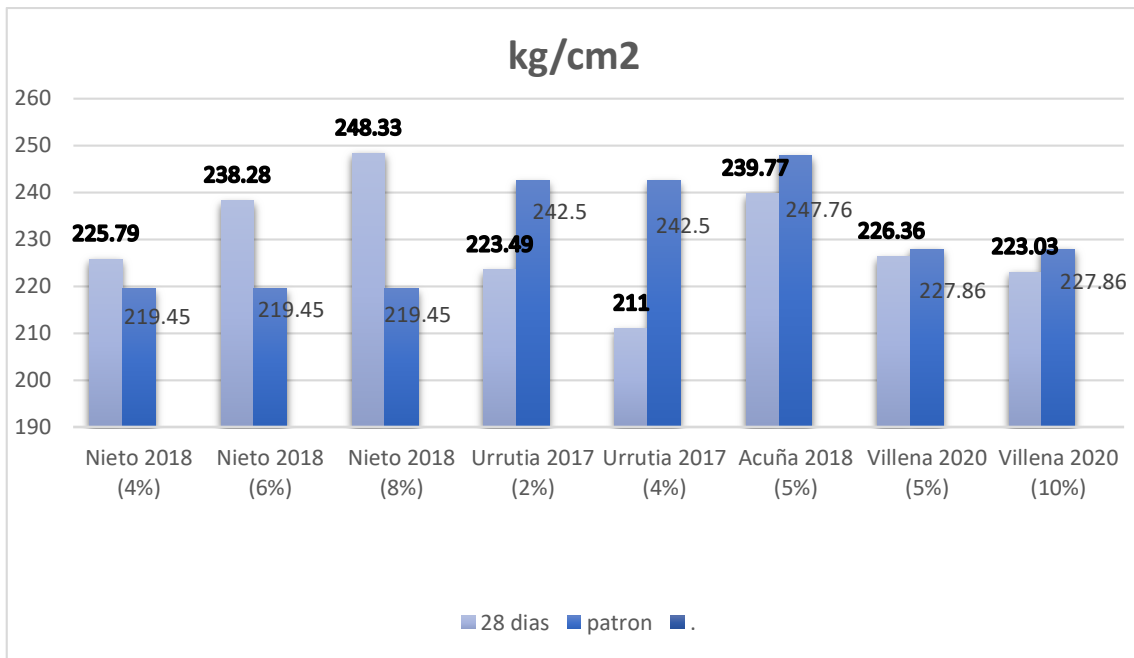
Fuente: elaboración propia.



**Figura 14.** Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 7 días.



**Figura 15.** Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 14 días.



**Figura 16.** Comparación de resistencias experimentales de las investigaciones a los 28 días.

## CONCLUSIONES

- En la elaboración de las probetas patrón se obtuvo una relación  $a/c = 0.684$ , Cuando se sustituyó el cemento por arcilla al 5% se obtuvo una relación  $a/c = 0.699$ , Cuando se sustituyó el cemento por arcilla al 10% se obtuvo una relación  $a/c = 0.760$ , con las siguientes medidas de slump patrón = 3.5", experimental 5% = 3" y experimental 10% = 3"
- La arcilla activada térmicamente tiene los principales componentes químicos como Calcio (0.083%), Sílice (57.059%), Aluminio (35.26%) y Hierro (4.69%) pero las proporciones, no están a nivel de un Cemento Portland Tipo I; lo cual ocasionó que la resistencia a la compresión llegase a decaer. El Potencial Hidrogeno (pH) de la combinación es altamente alcalino con un valor de 12.52 para la sustitución de un 5% y 12.55 para la sustitución de un 10% a nivel de un Cemento Portland Tipo I.
- Mediante el análisis de espectrometría de fluorescencia de Rayos X aplicados a la arcilla, se pudo identificar los diferentes componentes químicos como son, el óxido de Silicio y óxido de calcio están presentes en las arcillas tratadas térmicamente y están por encima del 70% de su composición por lo que se le puede considerar material puzolánico.
- Evaluando las investigaciones donde se utiliza arcilla como material cementicio suplementario se tiene resultados favorables para su uso a los 7,14 y 28 días, las resistencias a la compresión de las investigaciones superan a las resistencias de diseño, siendo la investigación de Nieto (2018), con arcilla extraída de yacya- huari, la que obtuvo mayor resistencia a la compresión con respecto a las otras investigaciones

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en consideración que la distribución granulométrica tiene mucha significancia en las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión.
- Se recomienda realizar estudios de PH y análisis químicos con otros materiales con alto contenido de calcio que puedan servir de ayuda en la elaboración de un mejor concreto.
- Se recomienda que cada vez que se haga nuevas combinaciones de porcentajes, realizar el ensayo de peso específico y hacer un nuevo diseño de mezcla.
- Para realizar la comprobación y saber si es un material que gana resistencia, se recomienda poder alargar las edades de curado en las sustituciones en 60, 120, 150 días, etc.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero le doy gracias a Dios ya que sin el nada sería posible y muy agradecido a mis padres por su comprensión y sobre todo por su amor y dedicación que me brindaron, sus buenas costumbres y su apoyo incondicional han generado en mí persona sabiduría haciendo que hoy en día tenga el conocimiento necesario para poder lograr una de las muchas metas que me he propuesto en la vida. De igual manera a mi asesor y docentes que siempre han estado brindando su apoyo en todo momento. Ha revisado y corregido esta investigación y me dio la posibilidad de mejorarlo. Tengo que agradecer tanto sus comentarios, direcciones, sugerencias y las correcciones con la que he podido elaborar una adecuada memoria de todo el trabajo realizado durante este tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Acosta E. (2017):** *“Influencia del caolín como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a compresión axial del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Cajamarca-2017”*

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13481>

**Alegre J. (2018):** *“Resistencia de un concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento en un 3% y 5 % con bloques residuales de arcilla, huaraz-2018”*

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8041?show=full>

**Cabanillas S. (2017):** *“Resistencia de morteros con cemento sustituido en 5% y 7% por arcilla de la provincia de San Marcos –Cajamarca, Chimbote-2017”*

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10392>

**Martínez E. (2017):** *“Evaluación de las arcillas rojas de Centeno para su utilización como material cementicio suplementario, Moa-2018”*

<http://200.14.55.73/handle/123456789/2554>

**Nuñez K. (2019):** *“Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto, Cajamarca-2019, chimbote-2019”*

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14775>



# **ANEXOS**



Trujillo, 25 de junio del 2020

**INFORME N° 07 - JUN-20**

**Solicitante:** Villena Villanueva James Anthony – Universidad San Pedro  
**RUC/DNI:** 46261683  
**Supervisor:** .....

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

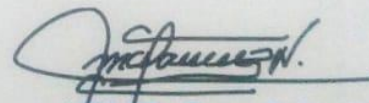
N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-7J	39.8 mg	Acopampa-Carhuaz

**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: 39.8 mg.

  
V<sup>B</sup> MSc. Danny Chávez N.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa



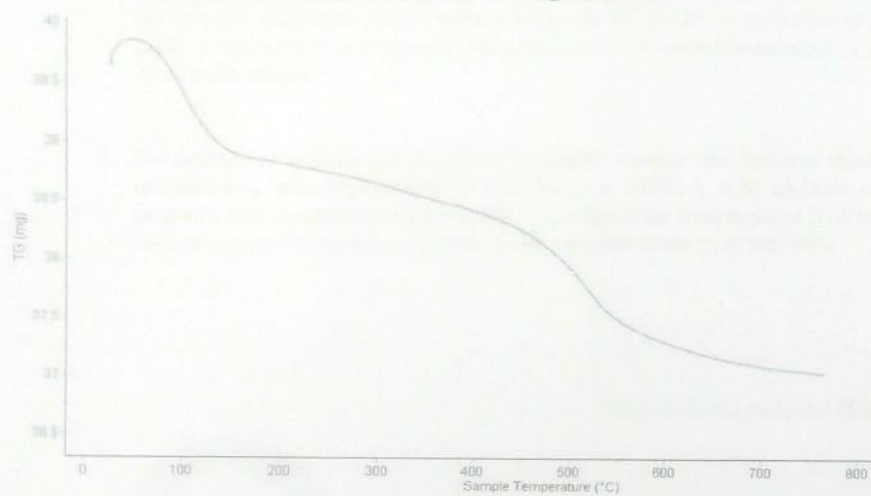
  
VºBº MSc. Danny Chávez N.

Trujillo, 25 de junio del 2020

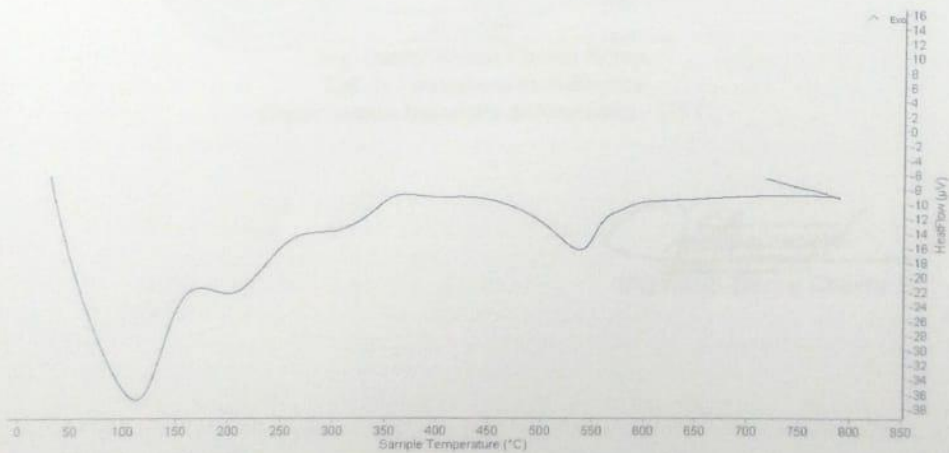
INFORME N° 07 - JUN-20

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termogravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 25 de junio del 2020

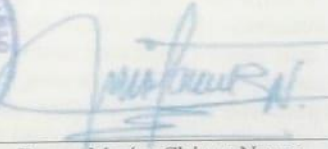
**INFORME N° 07 - JUN-20**

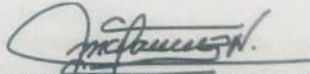
**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caída del material, la primera entre un rango de 70°C hasta 130°C, posteriormente se muestra una caída más intensa entre el rango de 450 y 530° posteriormente la caída es más leve, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 11 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 120, luego a 200°C y más adelante un pequeño pico a aproximadamente 540 °C, todas estas temperaturas podrían indicar cambio estructural y cambio en las características en el material.

Trujillo, 25 de junio del 2020



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

  
V°B°/MSc. Danny Chávez N.



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

Informe N°045-LAQ/2020

#### Análisis de una muestra de arcilla de Carhuaz por FRXDE

##### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla de Carhuaz a pedido del Sr. Villena Villanueva, James Anthony, DNI 46261683, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis para titulación:

“Análisis del Uso de Arcillas como Material Cementicio Suplementario en Mezcla de Concreto.”

La muestra 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  $\mu$ A. El espectro se acumuló durante un intervalo neto de 400 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. 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 5610 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 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 los elementos que contiene la muestra.

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

El análisis elemental de las muestras 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.



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Laboratorio de Arqueometría

#### Resultados.

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra de arcilla de Carhuaz en línea roja en escala semi-logarítmica. La línea azul representa el espectro simulado. 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. A pesar que las concentraciones de Al y Si son relativamente altas, sus picos característicos son débiles debido a su bajo número atómico y la baja energía de sus rayos-X característicos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de la muestra de arcilla. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos de los elementos presentes y normalizadas al 100%. Pero debe de recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos. La suma de las concentraciones de los óxidos es ligeramente mayor que 100% indicando que presenta una deficiencia en la calibración del instrumento. Merece mencionar que esta muestra contiene más  $Al_2O_3$  que una muestra típica de arcilla.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de arcilla de Huaraz en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
$Al_2O_3$	35.778	35.261
$SiO_2$	57.893	57.058
$K_2O$	2.321	2.287
$CaO$	0.388	0.383
$TiO_2$	0.118	0.116
$V_2O_5$	0.005	0.005
$Cr_2O_3$	0.004	0.004
$MnO$	0.021	0.021
$Fe_2O_3$	4.760	4.692
$Ni_2O_3$	0.009	0.009
$CuO$	0.009	0.009
$ZnO$	0.020	0.019
$Ga_2O_3$	0.012	0.012
$As_2O_3$	0.004	0.004
$Rb_2O$	0.006	0.005
$SrO$	0.003	0.003
$ZrO_2$	0.006	0.005
$MoO_2$	0.007	0.007
$BaO$	0.100	0.099
Totales	101.464	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Archeometría

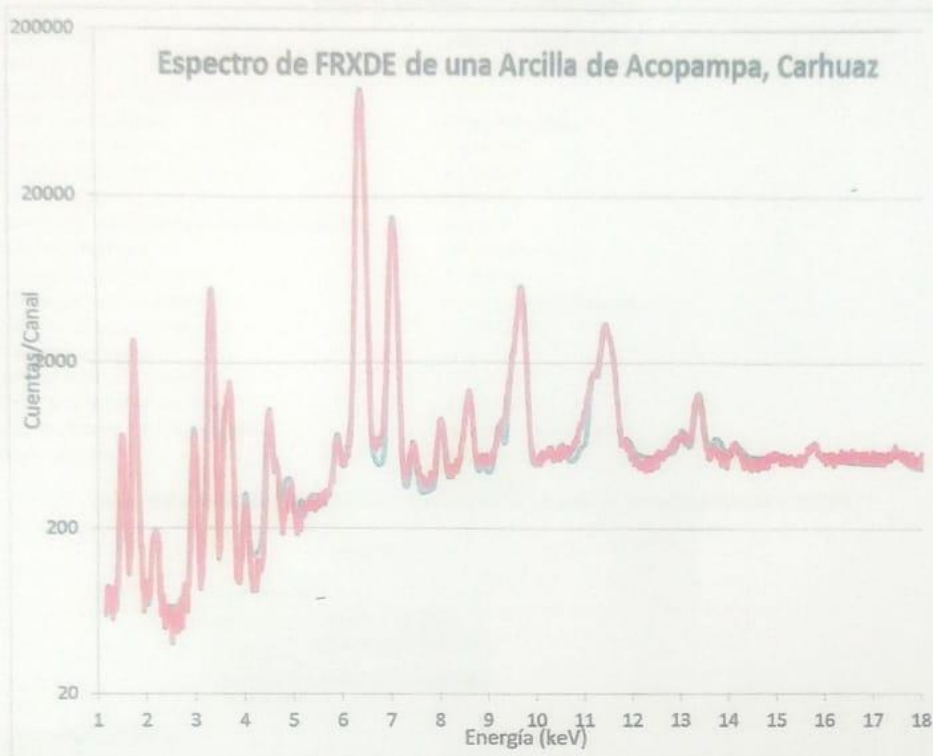


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de arcilla de Acopampa en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul representa el espectro simulado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Archeometría

Lima, 26 de junio del 2020





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° 20211118-001**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **JAMES VILLENA VILLANUEVA**  
 DIRECCIÓN : Enrique Melggs 1190 Chimbote  
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CUENTE : NO APLICA  
 PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADOS**  
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-11-18  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-11-18  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-11-18  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
 CÓDIGO COLECBI : **SS 211118-1**

**RESULTADOS**

**"ANÁLISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO EN MEZCLA DE CONCRETO"**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CEMENTO TIPO I	12,48
ARCILLA DE ACOPAMPA - HUARAZ	7,47
COMBINACIÓN DE CEMENTO TIPO I 90% ARCILLA 10%	12,52
COMBINACIÓN DE CEMENTO TIPO I 90% ARCILLA 10%	12,55

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Noviembre 19 del 2021.  
GVR/jms

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

*A. Gustavo Vargas Ramos*  
Encargado de Laboratorio  
COLECBI S.A.C.

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

FIN DEL INFORME

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

**COLECBI S.A.C.**

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





### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : VILLEN A VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 24/02/2021

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1485	1480
TARA + SUELO SECO (gr)	1480	1475
PESO DEL AGUA (gr)	5	5
PESO DE LA TARA (gr)	208	208
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1272	1267
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.39	0.39
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.39	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Mg. Miguel Solar Jara



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

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 24/02/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	655.00	655.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm <sup>3</sup>	955.00	955.00
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	845.00	845.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	110.00	110.00
F	Peso de material seco en estufa	gr.	296.50	296.50
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.50	106.50
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.695	2.695
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.727	2.727
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.784	2.784
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		1.18	1.18

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.695  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.727  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.784  
Absorción (%) : 1.18

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Los Hornos de Santa Elena 44 Moquegua  
Mg. Miguel Sola Jara  
JEFE



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

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 24/02/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1085.00	1045.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	709.30	681.30
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	375.70	363.70
D	Peso de material seco en estufa	1080.00	1040.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	370.70	358.70
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.875	2.859
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.888	2.873
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.913	2.899
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.46	0.48

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.867  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.881  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.906  
Absorción (%) : 0.47

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Salar Jara  
JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : VILLEN A VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 24/02/2021

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra			
Peso de molde	18670	18555	18490
Peso de muestra	5085	5085	5085
Volumen de molde	13585	13470	13405
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	9354	9354	9354
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1452	1440	1433
CORREGIDO POR HUMEDAD		1442	
		1436	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra			
Peso de molde	19750	19675	19765
Peso de muestra	5085	5085	5085
Volumen de molde	14665	14590	14680
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	9354	9354	9354
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1568	1560	1560
CORREGIDO POR HUMEDAD		1566	
		1559	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : VILLEN A VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 24/02/2021

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7685	7695	7990
Peso de molde	3310	3310	3310
Peso de muestra	4375	4385	4680
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1569	1573	1679
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1607	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1594	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8325	8324	8370
Peso de molde	3310	3310	3310
Peso de muestra	5015	5014	5060
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1799	1798	1815
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1804	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1790	

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Los Incentivos, Quito y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



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

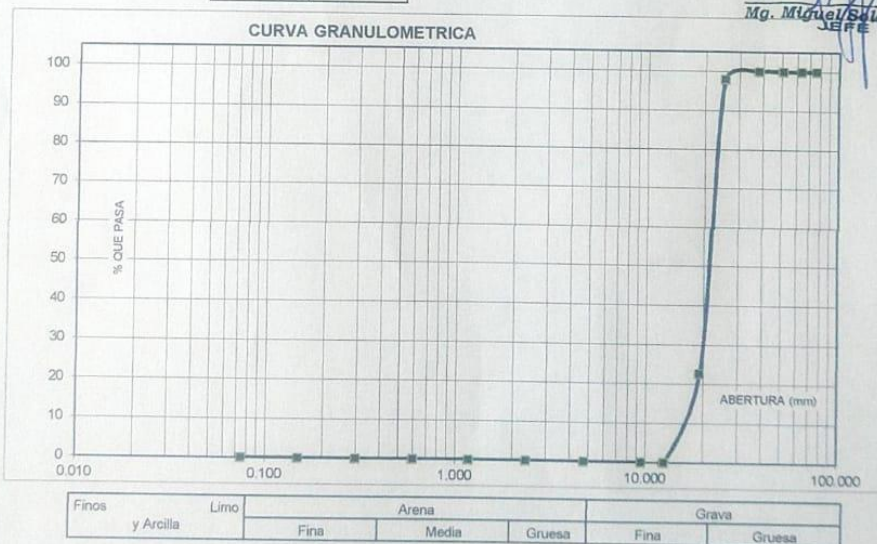
SOLICITA : VILLENIA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANÁLISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 24/02/2021

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	27.0	2.1	97.9
3/4"	19.100	945.0	75.2	77.4
1/2"	12.500	284.0	22.6	100.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL		1256.0	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Huso	N° 5
	Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.

*Mg. Miguel Salar Jara*  
 JEFE





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

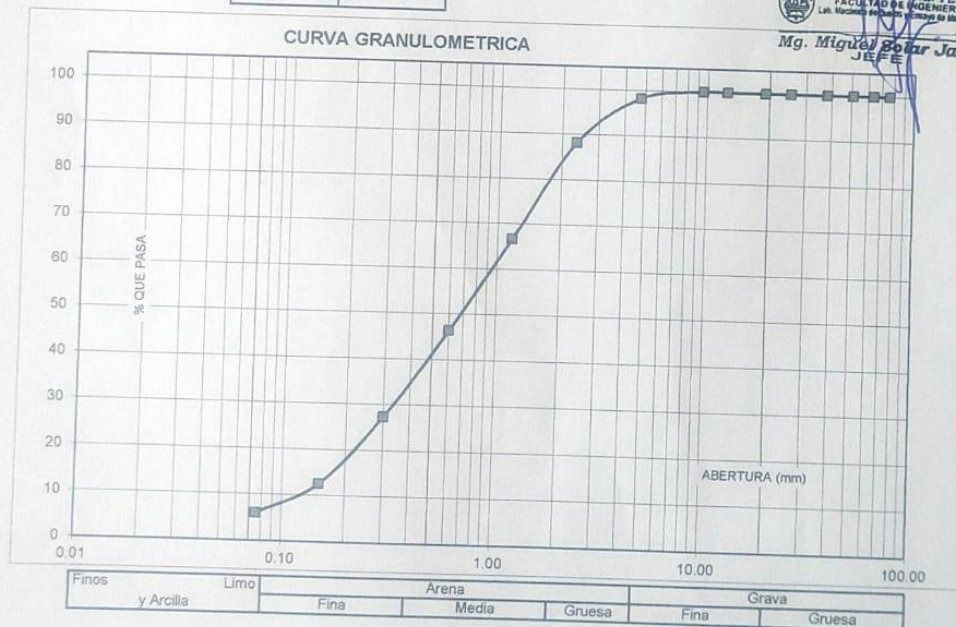
SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANÁLISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 24/02/2021

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	15.5	1.7	1.7	98.3
N° 8	2.36	89.0	10.0	11.8	88.2
N° 16	1.18	191.5	21.5	33.3	66.7
N° 30	0.60	180.5	20.3	53.6	46.4
N° 50	0.30	169.0	19.0	72.6	27.4
N° 100	0.15	131.5	14.8	87.4	12.6
N° 200	0.08	58.5	6.6	94.0	6.0
PLATO	ASTM C-117-04	53.5	6.0	100.0	0.0
TOTAL		<b>889.0</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.60

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Lta. Mercedes Pezo de la Cruz s/n - Chimbote  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE





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

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 MATERIAL : ARCILLA  
 LUGAR : ACOPAMPA - CARHUAZ  
 FECHA : 24/02/2021

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	43.30	51.70	45.50	19.70	22.80	19.70
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	34.70	40.10	35.50	18.60	21.90	18.65
PESO DE LA TARA (gr.)	14.80	14.60	14.60	14.80	18.75	14.80
PESO DEL AGUA (gr.)	8.60	11.60	10.00	1.10	0.90	1.05
PESO SUELO SECO (gr.)	19.90	25.50	20.90	3.80	3.15	3.85
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	43.22	45.49	47.85	28.95	28.57	27.27
Nro. DE GOLPES	30	26	18	28.26		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 45.39

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 28.26

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 17.13

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Las Secretarías de Gestión y Control de Calidad  
 Mg. Miguel Salar Jara  
 JEFE





### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

( ASTM D-2216)

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 24/02/2021

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1210	1110
TARA + SUELO SECO (gr)	1200	1105
PESO DEL AGUA (gr)	10	5
PESO DE LA TARA (gr)	205.5	205.5
PESO DEL SUELO SECO (gr)	994.5	899.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.01	0.56
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.78	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Mg. Miguel Salazar Jara*  
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : VILLEN A VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 24/02/2021

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo 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 especifico ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1594 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1790 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 1.18 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 1"
- Tamaño Máximo Nominal
- Peso especifico de masa 2.87
- Peso unitario suelto 1436 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1559 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.39 %
- Absorción 0.47 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Estar Jara  
 JEFE



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.....	197.349	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	884.764	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1080.248	kg/m <sup>3</sup>

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{884.764}{282.16} : \frac{1080.25}{282.16}$$

$$1 : 3.14 : 3.83 : 29.73 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.93 : 3.98 : 29.73 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Mg. Miguel Solár Jara  
JEFE



**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 24/02/2021

**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 ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1594 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1790 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 1.18 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.87
- Peso unitario suelto 1436 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1559 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.39 %
- Absorción 0.47 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Los Huacapistas de Surco / Encaya de Matarazo  
*Mg. Miguel Salar Jara*



**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 0.699

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.086
5% POR ARCILLA DE ACOPAMPA .....	(m <sup>3</sup> )	0.005
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.193
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.326
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.375
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.015
		1.000 m <sup>3</sup>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	256.77	kg/m <sup>3</sup>
5% POR ARCILLA DE ACOPAMPA.....	14.108	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	193.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	877.91	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1076.01	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	256.77	kg/m <sup>3</sup>
5% POR ARCILLA DE ACOPAMPA.....	14.108	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	199.87	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	884.76	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1080.25	kg/m <sup>3</sup>

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Las Huacanchas de Arequipa y Campus de Materales

Mg. Miguel Salar Jara  
JEFE

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$\frac{256.77}{256.77} : \frac{14.108}{256.77} : \frac{884.76}{256.77} : \frac{1080.25}{256.77}$$

$$1 : 0.05 : 3.45 : 4.21 \quad 29.73 \text{ lts / bolsa}$$



**DISEÑO DE MEZCLA**

( 10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : VILLEN A VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 24/02/2021

**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 ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1594 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1790 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.78 %
- Absorción 1.18 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.87
- Peso unitario suelto 1436 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1559 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.39 %
- Absorción 0.47 %

  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Los Estudios de Ingeniería y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE



**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 0.760

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.082
10% POR ARCILLA DE ACOPAMPA.....	(m <sup>3</sup> )	0.009
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.193
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.326
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.375
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.015
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	256.77	kg/m <sup>3</sup>
10% POR ARCILLA DE ACOPAMPA.....	28.216	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	193.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	877.91	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1076.01	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	256.77	kg/m <sup>3</sup>
10% POR ARCILLA DE ACOPAMPA.....	28.216	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	200.46	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	884.76	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1080.25	kg/m <sup>3</sup>

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
*Mg. Miguel Salar Jara*  
DE PE

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$\frac{256.77}{256.77} : \frac{28.216}{256.77} : \frac{884.76}{256.77} : \frac{1080.25}{256.77}$$

$$1 : 0.11 : 3.45 : 4.21 \quad 30.19 \text{ lts / bolsa}$$



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : VILLENNA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 24/02/2021

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

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/F' C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	3,5	20/07/2020	27/07/2020	7	160.83	76.59
02	PATRON	3,5	20/07/2020	27/07/2020	7	159.56	75.98
03	PATRON	3,5	20/07/2020	27/07/2020	7	148.99	70.95
04	PATRON	3,5	20/07/2020	03/08/2020	14	194.10	92.43
05	PATRON	3,5	20/07/2020	03/08/2020	14	202.73	96.54
06	PATRON	3,5	20/07/2020	03/08/2020	14	193.91	92.34
07	PATRON	3,5	20/07/2020	17/08/2020	28	221.41	105.43
08	PATRON	3,5	20/07/2020	17/08/2020	28	235.64	112.21
09	PATRON	3,5	20/07/2020	17/08/2020	28	226.54	107.88

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  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : VILLENA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
EN MEZCLA DEL CONCRETO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 24/02/2021

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

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	30/07/2020	7	170.48	81.18
02	EXPERIMENTAL	3,1	23/07/2020	30/07/2020	7	166.58	79.32
03	EXPERIMENTAL	3,2	23/07/2020	30/07/2020	7	168.36	80.17
04	EXPERIMENTAL	3,3	23/07/2020	06/08/2020	14	198.66	94.60
05	EXPERIMENTAL	3,4	23/07/2020	06/08/2020	14	198.53	94.54
06	EXPERIMENTAL	3,5	23/07/2020	06/08/2020	14	196.08	93.37
07	EXPERIMENTAL	3,6	23/07/2020	20/08/2020	28	221.93	105.68
08	EXPERIMENTAL	3,7	23/07/2020	20/08/2020	28	228.02	108.58
09	EXPERIMENTAL	3,8	23/07/2020	20/08/2020	28	229.14	109.11

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  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%**

SOLICITA : VILLENNA VILLANUEVA JAMES ANTHONY  
 TESIS : ANALISIS DEL USO DE ARCILLAS COMO MATERIAL CEMENTICIO SUPLEMENTARIO  
 EN MEZCLA DEL CONCRETO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 24/02/2021

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

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/F' C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	30/07/2020	7	164.66	78.41
02	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	30/07/2020	7	170.31	81.10
03	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	30/07/2020	7	166.06	79.08
04	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	06/08/2020	14	179.93	85.68
05	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	06/08/2020	14	181.68	86.51
06	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	06/08/2020	14	184.81	88.00
07	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	20/08/2020	28	219.88	104.70
08	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	20/08/2020	28	227.71	108.43
09	EXPERIMENTAL	3,0	23/07/2020	20/08/2020	28	221.49	105.47

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  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Belar Jara**  
 JEFE