

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el  
cemento por la combinación de arcilla y ceniza de  
huarango-Cajamarca-2021**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

**Autor:**

Padilla Campos Neftali Benji

Código ORCID: 0000-0002-0618-0896

**Asesor:**

Solar Jara, Miguel Ángel

Código ORCID: 0000-0002-8661-418X

**Chimbote-Perú**

**2021**

**Palabras clave:**

**Tema** Resistencia a la compresión del concreto

**Especialidad** Tecnología del concreto

**Key words:**

**Topic** Compressive strength of concrete

**Specialization** Concrete technology

**Línea de investigación:**

---

<b>Línea</b>	Construcción y gestión de la construcción
<b>Área - OCDE</b>	Ingeniería y tecnología
<b>Sub área - OCDE</b>	Ingeniería civil
<b>Disciplina - OCDE</b>	Ingeniería civil

---

## **TÍTULO**

Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento  
por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-  
2021

## Resumen

El siguiente estudio tuvo como objetivo general Determinar cómo influye la combinación de la arcilla y la ceniza del Huarango en la resistencia a compresión de un concreto convencional de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La investigación fue de enfoque cuantitativo, de orientación aplicada, y de nivel explicativo; se planteó un diseño experimental. Las técnicas que se utilizó para la recolección de datos fueron la observación directa, análisis documental y los ensayos de laboratorio. El estudio consistió en realizar ensayos de resistencia a compresión de un concreto convencional de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando la combinación de 7% de arcilla y ceniza de huarango.

Cuando se realizó la activación física, mecánica y térmicamente de la arcilla y la ceniza de huarango fue un adecuado procedimiento de activación por su alto porcentaje en silicio y calcio, en cuanto al porcentaje de combinación escogido de estos dos materiales fue el más óptimo porque se obtuvo un resultado positivo en lo que es resistencia a la compresión

El resultado de la resistencia a la compresión aumentó después de 28 días superando en un 8.68% en comparación con el concreto convencional, finalmente podemos concluir que al agrégale 7% de la combinación de arcilla y ceniza de huarango mejora resistencia a la compresión.

## **Abstrac**

The following study had the general objective of determining how the combination of clay and ash from Huarango influences the compressive strength of a conventional concrete of design  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . The research was of a quantitative approach, applied orientation, and explanatory level; an experimental design was proposed. The techniques used for data collection were direct observation, documentary analysis, and laboratory tests. The study consisted of carrying out compressive strength tests of a conventional concrete of design  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  adding the combination of 7% clay and huarango ash.

When the physical, mechanical and thermal activation of the clay and huarango ash was carried out, it was an adequate activation procedure due to its high percentage of silicon and calcium, as for the percentage of combination chosen of these two materials it was the most optimal because they were obtained a positive result in what is compressive strength

The result of compressive strength increased after 28 days, exceeding by 8.68% compared to conventional concrete, finally we can conclude that adding 7% of the combination of clay and huarango ash improves compressive strength.

## Índice General

Palabras Clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Introducción	1
Metodología	37
Resultados	43
Análisis y Discusión	58
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias Bibliográficas	62
Anexos	69

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Componentes químicos del cemento portland tipo I</i> .....	6
<b>Tabla 2.</b> <i>Requisitos para el agua de mezcla</i> .....	8
<b>Tabla 3.</b> <i>Requisitos granulométricos para el agregado fino</i> .....	10
<b>Tabla 4.</b> <i>Características principales de los agregados</i> .....	11
<b>Tabla 5.</b> <i>Tolerancia permisible por edad de ensayo</i> .....	21
<b>Tabla 6.</b> <i>Propiedades y valores para la obtención de un concreto "impermeable"</i> ..	25
<b>Tabla 7.</b> <i>Conceptuación y operacionalización de las variables</i> .....	34
<b>Tabla 8.</b> <i>Cantidad de probetas cilíndricas para la prueba de resistencia a compresión</i> .....	39
<b>Tabla 09.</b> <i>Resumen de la elaboración de probetas a ensayar</i> .....	40
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos de la Usp</i> ..	43
<b>Tabla 11.</b> <i>Composición Química de la Arcilla</i> .....	46
<b>Tabla 12.</b> <i>Composición Química del Huarang</i> .....	46
<b>Tabla 13.</b> <i>Resultados de la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> patrón</i> .....	49
<b>Tabla 14.</b> <i>Promedio de la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> patrón</i> .....	50
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados de la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> experinmetal</i> .....	51
<b>Tabla 16.</b> <i>Promedio de la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> experimental</i> .....	52
<b>Tabla 17.</b> <i>Comparación entre diseño patrón y diseño experimental por la combinacion de arcilla natural activada y ceniza de huarango en sustitución del cemento <math>f'c= 210</math> kg/cm<sup>2</sup> según medidas estadísticas y tiempo de ruptura</i> .....	54

## Índice Figuras

<b>Figura 1.</b> Descripción gráfica de la prueba a compresión.(ASTM C39/C39M, 2010).....	21
<b>Figura 2.</b> Diagrama trifásico de las arcillas.....	27
<b>Figura 3.</b> Resultado de límites de consistencia de la arcilla.....	43
<b>Figura 4.</b> Pérdida de masa de la arcilla.....	44
<b>Figura 5.</b> Curva de intersección de la arcilla.....	44
<b>Figura 6.</b> Pérdida de masa de la ceniza de huarango.....	45
<b>Figura 7.</b> Curva de intersección de la ceniza de huarango.....	45
<b>Figura 8.</b> Promedio de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días de curado del patrón.....	50
<b>Figura 9.</b> Promedio de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días de curado del experimental.....	52
<b>Figura 10.</b> Comparación de la resistencia a la compresión de 7,14 y 28 patrón VS experimental.....	53
<b>Figura 11.</b> Extracción de la arcilla.....	72
<b>Figura 12.</b> Vista de la planta de huarango.....	72
<b>Figura 13.</b> Madera de huarango seco listo para pre quemado.....	73
<b>Figura 14.</b> Realizando el prequemado de la madera de huarango.....	73
<b>Figura 15.</b> Después del prequemado se obtienen las cenizas de huarango listo para la activación.....	74
<b>Figura 16.</b> Finalmente se obtiene la arcilla y las cenizas de huarango.....	74
<b>Figura 17.</b> Moldeando la arcilla para realizar los límites de consistencia.....	75
<b>Figura 18.</b> Finalizando los límites de consistencia.....	76

<b>Figura 19.</b> Coordenadas de la cantera Besique proveedor del agregado fino.....	77
<b>Figura 20.</b> Traslado del añadido delgado de la cantera Besique.....	77
<b>Figura 21.</b> Coordenadas de la cantera Comincal, proveedor del añadido espeso.....	78
<b>Figura 22.</b> Traslado del agregado grueso desde la cantera Comincal .....	78
<b>Figura 23.</b> Tamizaje del añadido delgado para hallar el modelo de sutileza.....	79
<b>Figura 24.</b> Pesaje del añadido delgado.....	79
<b>Figura 25.</b> Muestras pasantes del tamizaje del añadido espeso y delgado .....	80
<b>Figura 26.</b> Humedeciendo el añadido.....	80
<b>Figura 27.</b> Agregados en el horno para hacer el ensayo.....	81
<b>Figura 28.</b> Realizando la prueba del cono del agregado fino .....	81
<b>Figura 29.</b> Agregando el agregado fino dentro de la fiola .....	82
<b>Figura 30.</b> Llenado con agua la fiola.....	82
<b>Figura 31.</b> Absorbiendo los vacíos del fondo de la fiola. ....	83
<b>Figura 32.</b> Cuarteo del añadido espeso para la prueba de P.U. compactado y seco..	83
<b>Figura 33.</b> Pesaje del añadido espeso para la prueba de P.U. compactado y seco...	84
<b>Figura 34.</b> Muestras del agregado fino en la tara.....	84
<b>Figura 35.</b> Cuarteo de ellos agregados fino y grueso listo para el ensayo.....	85
<b>Figura 36.</b> Vaciado del agregado fino al trompo.....	85
<b>Figura 37.</b> Vaciado del agregado grueso al trompo.....	86
<b>Figura 38.</b> Vaciado de concreto a las probetas.....	86
<b>Figura 39.</b> Chuseado del concreto para el concreto.....	87
<b>Figura 40</b> Golpes a la probeta con el martillo de goma.....	87

<b>Figura 41.</b> Dejando las probetas de concreto para su tiempo de fragua.....	88
<b>Figura 42.</b> Desencofrando las probetas al dia siguiente de su vaciado.....	88
<b>Figura 43.</b> Realizando el ensayo a la compresión de las probetas de concreto endurecido patrón.....	89
<b>Figura 44.</b> Realizando el ensayo a la compresión de las probetas de concreto endurecido experimental.....	89
<b>Figura 45.</b> preparando las muestras para realizar el peso especifico del cemento, de la ceniza de huarango, de la arcilla y de la combinacion .....	90
<b>Figura 46.</b> Se perocedio a realizar el ensayo de peso especifico del cemento, de la ceniza de huarango, de la arcilla y de la combinacion.....	90

## Introduccion

Preentamos los siguientes antecedentes **Urrutia, S. (2017)**, en su trabajo de investigación titulada sustituido el cemento en 2% y 4% de arcilla de Cajabamba – Cajamarca” “Evaluación del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Se determinó la resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  del concreto estándar y se comparó con el porcentaje de otro cemento que sería reemplazado por una arcilla natural activada con antelación (lavada con agua a temperatura ambiente) como 2 % y 4 % para dar a este hormigón la mejor resistencia.

Se observa que la sustitución de arcilla Cajabamba por 2% y 4% de cemento - hormigón experimental Cajamarca aumenta la resistencia a la compresión del hormigón convencional con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , pero el experimento con 2% de hormigón de sustitución es el de los mejores resultados.

**Luis,A (2015)**. estudió el efecto de la arcilla Pontezuela calcinada sobre la lechada Portland. Se realizaron pruebas reológicas y de fluido libre a lechadas de CP que contenían ACP y lechadas de zeolitas del yacimiento San Andreas al 5, 10, 20 y 30% de reemplazo de CP. Asimismo, se estableció una resistencia mecánica de la lechada de ACP a los porcentajes de reemplazo de cemento descritos precedentemente. Pudo apreciarse una mengua del fluido libre, se incrementó del punto de ritmo, de la viscosidad plástica y de la resistencia mecánica mientras se reemplazaba el cemento por ACP. Al mismo porcentaje de reemplazo, la ACP exhibe valores de viscosidad plástica y de fluido libre más bajos en comparación con la zeolita, mientras que una mayor resistencia a las uniones y geles. Al 10% de reemplazo de cemento de arcilla calcinada de Pontezela, el menor valor de resistencia mecánica se logró 5% y 20% de resistencia mecánica fueron similares, el más elevado se obtuvo al sustituir de 1 30% de ACP.

**Vivas, K. (2016)** Él cree que en su proyecto investigó el concreto liviano hecho con (CM) como reemplazo de los agregados finos, comenzando con un concreto diseñado con una resistencia a la compresión de  $180 \text{ kg/cm}^2$  y agregando CM como agregado. Reposición parcial de agregado fino, se agregará 0, 30, 50 a 70% para verificar la

densidad total y resistencia a compresión del hormigón al endurecerse para establecer las propiedades mencionadas en su código de conducta, la adquisición manual de CM se realizará mediante un proceso con una temperatura media entre 580 y 600 °C, utilizando este agregado en parte, se buscará que tenga propiedades diferentes al concreto tradicional, con algunas propiedades especiales del concreto liviano, entre las cuales se puede destacar que su Densidad debe ser menor a los 2.000 kg/m<sup>3</sup> para aislamiento térmico, acústico y resistencia al fuego. Este tipo de concreto constituirá una buena alternativa constructiva para la ingeniería civil en general, será más económico y conveniente para nuestro país por su bajo peso y aprovechamiento de residuos de madera, resolviendo el problema actual del costo de la vivienda, por lo que se podrá ahorrar material, el área de la sección transversal puede reducirse y las estructuras pueden erigirse en terrenos con poca capacidad de soporte, lo que contribuye a una mayor innovación en ingeniería.

**Sepulcre, A. (2005)** Concluye que en cuanto al efecto de añadir puzolana al mortero de reparación, creo que la ventaja del mortero de cal hidráulica sobre el mortero de cal y cemento es discutible. En los casos estudiados se demostró que a la llamada cal hidráulica natural se le añadía al menos una proporción considerable de cemento Portland blanco. Dada la importancia de este producto en el campo de la restauración, este producto debe ser estudiado con mayor profundidad por su variedad y su efecto sobre el comportamiento del mortero resultante.

**Orrala y Gómez (2015)** Señala que su disertación desarrolló las bases teóricas y prácticas necesarias para justificar el uso de concreto puzolánico a base de cenizas de la calcinación de cultivos de maíz. Esta es un material eficaz para sustituir parcialmente al CP, avalado por reglas y estudios que garantizan la puzolana resultante. La técnica de calcinación vigilada para la quema de restos de cosecha de maíz expuesto en el Cap III es suficiente porque se obtiene una materia puzolánica compuesta. Se pueden cumplir los requisitos de 500 °C, 600 °C y 700 °C continuos con menos del 91 % de pérdida debido a la exposición al fuego. La ceniza del rastrojo de maíz usada como reemplazo parcial del cemento al optimizar las características de compresión del concreto sin cambiar el proceso de su adquisición. De esta forma, surge

un posible producto de comercio, teniendo en cuenta que el residuo de la cosecha de maíz es un producto renovable, no lo mismo que los materiales usados para producir el cemento Portland (CP).

### **Concreto**

El Comité ACI 116, establece que es un material compuesto que principalmente se trata de un medio aglutinante en el que hay partículas de agregado; habitualmente una composición de agregados finos y gruesos, en el hormigón de (CP) el agente aglutinante es un silicato, una combinación de cemento y agua. Por supuesto, el compuesto puede eventualmente contener aditivos para mejorar algunas de sus propiedades.

Abanto (2000) lo describe como una composición de (CP), agregado fino, agregado grueso, aire y agua en cantidades específicas para lograr características predeterminadas, fundamentalmente la resistencia. La reacción química entre el cemento y el agua une los fragmentos de agregado para formar una mezcla heterogénea. En ocasiones se agregan algunos aditivos para mejorar o cambiar ciertas características del hormigón.

También puede ser llamado un producto mezclado hecho por el hombre que consta de un medio aglutinante llamado pasta (mezcla de agua y cemento) en el que se incrustan partículas de varias dimensiones (agregados). (SENSICO, 2014).

De esta última afirmación se define:

**La pasta:** que resulta de la unión química de la materia de cemento con el agua. Es la etapa sucesiva concreta, porque siempre está unida a algo de sí a través de toda su colección. (Rivva, 2000).

**El agregado:** fase discontinua del hormigón porque sus muchos componentes no se encuentran unidos ni en relación entre sí, sino que están apartadas por diferentes grosores de lechada dura. (Rivva, 2000).

## **Tipos de concreto**

- **Concreto Estructural:** Todo hormigón para fines estructurales, incluido el hormigón simple y reforzado, con resistencia no inferior a 170 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Concreto Arquitectónico:** Se trata de un diseño en hormigón hecho para ofrecer un abanico de opciones estéticas en terminados y tonos en función de los requerimientos del ingeniero y de la construcción en sí.
- **Concreto Autocompactable:** El hormigón creado para ser colocado sin vibradores en todo tipo de componente.
- **Concreto Ligero:** Elemento secundario para edificios que requieren aligeramiento para disminuir cargas muertas o verter elementos para rellenar que no soportan cargas de la estructura.
- **Concreto Alta Resistencia:** conseguir un valor de  $f'c$  entre 500 y 1000 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Concreto no estructural:** Se utilizan para formar estructuras de materiales resistentes como aceras, bordillos, rellenos. Caracterizados por una resistencia mínima de 150 kg/cm<sup>2</sup>.

## **Composición del concreto**

Se compone por 3 elementos: cemento, agua y áridos, a los que se añade un cuarto elemento, normalmente un añadido.

### **Cemento Portland**

Puede entenderse como un cemento, que es una sustancia aglutinante que puede combinar partículas o bloques de materia y combinarlos en un todo. (Hewlett, 2004).

Otra definición establece que los cementos inorgánicos son materia prima en polvo que, al reaccionar con un elemento líquido (generalmente agua o una solución acuosa de algún reactivo apropiado), empiezan a sufrir reacciones químicas relacionadas con una cierta relación líquido/sólido para formar un todo sólido.

La norma ASTM-C-219 precisan el CP como un material hidráulico producido por la molienda de clínker, que consta de al menos  $\frac{2}{3}$  de la masa de  $3CaOSiO_2$  y  $2CaOSiO_2$ , y el resto tiene alúmina ( $Al_2O_3$ ) y ( $Fe_2O_3$ ). (ASTM C219-14, 2014). Por

lo general, tiene una o más formas mineralógicas de  $\text{CaSO}_4$  como aditivo de pulverización. (Taylor, 1997).

En algunas lechadas, el endurecimiento ocurre solo al contacto con el aire y está relacionado con la merma de agua libre y/o la reacción con el  $\text{CO}_2$  que hay en el aire. Dichos ligantes se denominan no hidráulicos, a diferencia de los ligantes hidráulicos, en los que se endurece asimismo se puede realizar bajo el agua y está relacionado con la hidratación.

Las propiedades químicas de los cementos inorgánicos se transforman abundantemente. En ocasiones pueden contener solo una fase, pero más a menudo tienen más de una fase. Algunos se consideran agregados de dos o más componentes, donde uno solo puede convertirse en un material hidráulicamente activo cuando los otros componentes están presentes. (Odler, 2000).

Los materiales o componentes que reaccionan naturalmente con el agua para hacer que la mezcla original se solidifique y endurezca se consideran hidráulicamente activos. Estos materiales suelen presentar características hidráulicas.

El cemento Portland se logra de la pulverización de alta finura del clínker Portland y puede usarse solo o generalmente, combinado con  $\text{CaSO}_4$ , que se usa como modificador del forjado.

**Tabla 7**

*Componentes químicos del cemento portland tipo I*

ÓXIDOS	CONTENIDO (%)
Óxido de calcio (CaO)	60-67
Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	17-25
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-8
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.5-6
Óxido de Magnesio (MgO)	0.1-4.0
Álcalis	0.2-1.3
Óxido de Sílice (SO <sub>3</sub> )	1-3

Fuente: Concreto Simple (Rivera, 2010).

### **Clasificación del cemento Portland**

Se elaboran en 5 tipos cuyas características han sido estandarizadas de acuerdo a la Especificación Estándar ASTM para Cemento Portland. (ASTM C150-07, 2003)

- **TIPO I:** generalmente utilizado en obras de hormigón, pero no es específico el uso de este tipo.
- **TIPO II:** de uso general en construcciones de hormigón y que están mostradas al ejercicio moderado de los sulfatos o requieren calor medio de hidratación.
- **TIPO III:** cemento original de resistencia elevada. El hormigón elaborado con cemento Tipo III tendrá la misma resistencia en 3 días que el concreto hecho con cemento Tipo I o II en 2 días.
- **TIPO IV:** del cual se demanda bajo calor de hidratación.
- **TIPO V:** demanda alta resistencia a la acción de los sulfatos. Se aplica con frecuencia en estructuras hidráulicas expuestas a agua altamente alcalina y construcciones expuestas al mar.

### **Agua**

Es el componente esencial del hormigón que se ubica en segundo lugar y su calidad es de suma importancia para no modificar cómo se hidrata el cemento, que la superficie no tenga manchas, retrasar el fraguado y el endurecimiento, ni reducir su resistencia ni afectar su durabilidad, por este motivo evalúa su idoneidad para mezclar y curar el concreto como lo requiere la NTP 339.088, preferentemente potable (NTP 339.008, 2006).

Además, este componente proporciona fluidez a la mezcla y por lo tanto suficiente trabajabilidad durante la etapa de hormigonado. Este ingrediente constituye del 14% al 18% en volumen de la mixtura. En los hidratos parciales de pasta, el agua se presenta en dos formas diferentes, agua hidratada y agua evaporable (Torre, 2004).

La NTP 339.008 (2006) diferencia 4 tipos de agua aprovechable para el hormigón:

- Agua mezclada, que resulta de la mezcla simultánea de más fuentes de agua previo o al momento de incluirla en la composición.
- No potable, procedente de una fuente no apta para ser ingerida por personas, o que contenga sustancias que la decoloren o hagan desagradable su olor o sabor.
- Agua producida en operaciones de producción de concreto, recuperada del proceso de producción de concreto de CP ; agua de precipitación recolectada en contenedores en plantas de producción de hormigón; o agua que contiene componentes sustanciales de hormigón.
- Agua potable.

**Tabla 8***Requisitos para el agua de mezcla*

<b>Sustancias disueltas</b>	<b>Valor máximo admisible (partes por millón)</b>
<b>Cloruros</b>	300
<b>Sulfatos</b>	300
<b>Sales de Magnesio</b>	150
<b>Sales Solubles</b>	150
<b>PH</b>	Mayor a 7
<b>Sólidos en suspensión</b>	1500
<b>Materia Orgánica</b>	10

Fuente: Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland (NTP 339.008, 2006).

**Agregados**

Los áridos, también conocidos como áridos, son materias granulares de origen natural o artificial que tienen importancia ya que constituyen alrededor de las tres  $\frac{3}{4}$  partes del volumen del hormigón, entre el 59% y el 76%.

Al principio, se pensó que el agregado era un material inerte y económico que se dispersaba en lechadas de cemento para producir grandes cantidades de concreto. De hecho, el agregado no es inactivo, ya que sus características físicas, de temperatura y, ocasionalmente, químicas logran afectar las propiedades del concreto, como mejorar su durabilidad. (Neville & Brooks, 1998).

Los agregados bien graduados con tamaños máximos más grandes poseen menos vacíos que los agregados con dimensiones máximas más pequeños; consecuentemente, si la dimensión máxima de los agregados en una composición de hormigón aumenta, para un encogimiento dado, la cantidad de cemento y agua se reducirá. En general, el tamaño más grande de añadido debe ser el tamaño más grande ahorrativamente disponible y proporcional al tamaño de la estructura. (Torre, 2004).

Las partículas de árido esbeltas y planas tienen un impacto negativo en la maquinabilidad, por lo que es necesario diseñar mezclas ricas en finos, requiriendo así

el uso de cantidades más grandes de cemento y agua. Se cree que, aquí, el árido perfilado angularmente tiene un gran comprendido de huecos y por tanto requiere un mayor porcentaje de mortero que los áridos redondos.

Según Torre (2004) el perfil de la partícula en sí no indica que la capacidad del agregado para generar resistencia esté por encima o por debajo del promedio.

Por su tamaño, los agregados se clasifican en:

**Agregados Gruesos:** Grava, Piedra.

**Agregados Finos:** Arena fina y gruesa.

**Agregado conocido como Hormigón:** Correspondiente a una composición natural de grava y arena, este árido se usa para elaborar hormigones de baja calidad, como hormigones para cimientos rodadas, falsos suelos, falsos cimientos, cimentaciones, etc. Su uso debe ser autorizado por el diseñador y debe cumplir con las especificaciones técnicas del CNEN E.060.(Norma E.060 , 2009).

Los agregados deben cubrir con los requerimientos de la NTP 400.037 (2014) especificaciones NAC, que serán complementadas con Especificaciones de Trabajo.

### **Agregado Fino**

Se dice que los agregados finos provienen de la desintegración natural o artificial de la roca, pasan por una malla de 3/8 de pulgada (9,52 mm) y alcanzan los términos instaurados en las NTP 400.037 o ASTM C33.

No obstante, el MEM (2016) del MTC, fundamentado en la norma ASTM C136 y ha sido adaptado a nuestra situación actual a nivel de implementación. Se establece que para una mezcla de agregados gruesos y finos: La muestra se pasará a través de una malla de 4,75 mm (No. 4) en dos tamaños.

Los agregados finos no deben poseer cantidades perjudiciales de polvo, grumos, esquisto, esquisto, álcalis, compuestos orgánicos, sales u otras partículas nocivas.

Se recomienda considerar los siguientes puntos:

- La determinación del tamaño de partícula seleccionada es preferiblemente continua y el valor debe pasar malla 4 (4,75 mm) como se especifica en ASTM C33 y NTP 400.037 y retener en malla 200 (0,075 mm).
- La retención de agregados no deberá exceder el 45% en cualquiera de los dos tamices consecutivos.
- Comúnmente, el tamaño de partícula recomendado está en el siguiente rango.

**Tabla 9**

*Requisitos granulométricos para el agregado fino*

<b>Tamiz estándar</b>	<b>Límites</b>
<b>9.5mm (3/8 pulg)</b>	<b>100</b>
<b>4.75mm (N°4)</b>	<b>95 a 100</b>
<b>2.36mm (N°8)</b>	<b>80 a 100</b>
<b>1.18mm (N°16)</b>	<b>50 a 85</b>
<b>600µm (N°30)</b>	<b>25 a 60</b>
<b>300µm (N°50)</b>	<b>05 a 30</b>
<b>150µm (N°100)</b>	<b>0 a 10</b>

Fuente: Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (*NTP 400.037, 2014*).

### **Agregado Grueso**

Es aquel de (4.75 mm) almacenado en la malla No. 4, derivado de la desintegración natural o mecánica de la roca, y cubre los términos especificados en NTP 400.037 o ASTM C33.

Deben poseer estabilidad química y libertad de incrustaciones, sucio, polvo, limo, humus, incrustaciones en la superficie, elementos orgánicos, sal u otras partículas nocivas. (NTP 400.037, 2014).

En el hormigón el tamaño máximo se basa en el aspecto financiero y está dado por la apertura de la malla directa que es mayor que la apertura del agregado grueso tamizado que retiene el 15% o más.

El calibrador de partículas seleccionado no debe poseer más del 5% del agregado que queda en la malla de 1 ½” y no mayor del 6% traspasando la malla de ¼”.

Además, nunca el tamaño debe ser superior a:

- Una quinta parte de la dimensión mínima entre las caras de la plantilla.
- 1/3 de altura de la losa.
- 3/4 de espacio libre entre barras o alambres particulares, tendones, cables o tubos pretensados.

Las principales propiedades del árido y su correspondiente comportamiento con el hormigón (recién endurecido) son las que más influyen en él, véase la tabla 1 a continuación.(Abanto, 2008).

**Tabla 10**

*Características principales de los agregados*

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>	<b>CONCRETO FRESCO</b>	<b>CONCRETO ENDURECIDO</b>
Granulometría	Manejabilidad	Resistencia mecánica
	Requerimiento de agua	Cambios volumétricos
	Sangrado	Economía
Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables)	Requerimientos de agua	Durabilidad
	Contracción plástica	Resistencia mecánica
		Cambios volumétricos
Densidad	Peso Unitario	Peso Unitario
Sanidad	Requerimiento de agua	Durabilidad
Absorción y porosidad	Pérdida de revenimiento	Durabilidad
	Contracción plástica	Permeabilidad
Forma de partículas	Manejabilidad	Resistencia mecánica
	Requerimiento de agua	Cambios volumétricos
	Sangrado	Economía

Textura superficial	Manejabilidad	Durabilidad
	Requerimiento de agua	Resistencia la desgaste
Tamaño máximo	Segregación	Resistencia mecánica
	Peso unitario	Cambios volumétricos
	Requerimiento de agua	Peso unitario
Reactividad con los álcalis		Durabilidad
		Durabilidad
Módulo de elasticidad		Módulo de elasticidad
		Cambios volumétricos
Resistencia a la abrasión		Resistencia a la abrasión
		Durabilidad
Resistencia mecánica (por aplastamiento)		Resistencia mecánica
Partículas friables y terrones de arcillas	Contracción plástica	Resistencia a la abrasión
		Durabilidad
Coefficiente de expansión		Propiedades térmicas

Fuente: Tecnología del concreto - Teoría y problemas (Abanto, 2008).

## Ensayos de laboratorio de los agregados

### Ensayo de granulometría

Las partículas se tamizan mediante un conjunto de tamices con aberturas conocidas, y el material retenido se pesa y se expresa como un porcentaje de su peso total. Esto se llama estudio de tamaño de partícula, que es el tamaño indicativo más pequeño de la distribución de volumen de la partícula. (NTP 400.012, 2013)

### Tamaño máximo nominal

Corresponde a la serie de tamices que produjeron en la primera cernida. Tu relación de retención se encuentra entre el 5% y el 10%. (NTP 400.012, 2013)

### **Contenido de Humedad**

Cantidad de agua superficial detenida por los fragmentos de agregado en un instante dado. Esta es una propiedad importante ya que ayuda a incrementar el agua de amasado en el hormigón, por lo que se considera junto con la absorción para hacer los arreglos apropiados al crear la mezcla. (NTP 339.185, 2013)

### **Peso unitario**

La unidad o peso aparente es su peso real, es decir contiene los vacíos entre los fragmentos, este peso varía de acuerdo a la capacidad o humedad, también se determina con la dimensión, forma y granulometría del agregado. Es importante conseguir el peso unitario del agregado porque este valor se usa para cuantificar la suma de material en la composición y cambiar el volumen en peso e inversamente. (NTP 400.017, 2011)

### **Peso específico**

Indica la calidad del agregado. Un valor elevado indica un buen rendimiento del material y un valor bajo indica un agregado débil y una buena absorción de agua. Es la relación de la masa de agua destilada por unidad de volumen sin gas a una temperatura constante. (NTP 400.022, 2013)

### **Porcentaje de Absorción**

Medimos la absorción como la cantidad de agua absorbida por el agregado posteriormente de sumergirse en él durante 24 horas, expresada en porcentaje en peso. Esto es importante porque refleja la reducción del agua de amasado en el hormigón, lo que afecta la resistencia y trabajabilidad, por eso se necesita realizar las correcciones necesarias teniendo en cuenta esto. (NTP 400.022, 2013)

### **Módulo de fineza**

Es un indicador de la delicadeza del agregado, porque mientras más elevado es el módulo, con más grosor que el agregado. (NTP 400.012, 2013)

### **Aditivos**

El ACI 212 (2010) definido como materiales distintos del agua, los áridos y los cementos hidráulicos utilizados como componentes del hormigón y el mortero, añadidos a las mezclas inmediatamente antes o durante la mezcla..

Puede ser utilizado por razones económicas o en el tiempo para mejorar ciertas características del hormigón en estado fresco o duro: disminuir el calor de hidratación, incrementar la resistencia al inicio o al fin, etc.

Los aditivos se clasifican en (ACI 212, 2010):

#### **Acelerantes**

El propósito es aumentar significativamente el progreso originario de la  $f'_{c}$  y/o disminuir la duración de forjado. Deben cubrir los requerimientos de la NTP 339.086 o 339.087.

#### **Incorporadores de aire**

Su propósito es optimizar la conducta del hormigón durante el proceso de congelación-descongelación que se produce en sus poros cuando el hormigón está saturado y sometido a temperaturas inferiores a 0°C. Estos aditivos deben cumplir con los requerimientos de la NTP 339.086.

#### **Reductores de agua y reguladores de fragua**

Se utilizan para disminuir el agua consumida de la composición deseada, para originar hormigones con cierto asentamiento, permitiendo una menor relación agua-cemento o un mayor asentamiento; los reductores de H<sub>2</sub>O disminuyen la cantidad de agua del 5% al 10%; Para rango alto, reduzca el contenido de agua de 12% a 30% (superplastificante). Deben cubrir los requerimientos de la NTP 339.086.

#### **Aditivos minerales**

Ya sean cementosos o puzolánicos, el propósito es optimizar las características del estado fresco careciendo de la composición de fragmentos muy finos y, algunas veces, aumentar la resistencia final del hormigón. La ceniza volcánica y la ceniza deben cubrir los requerimientos de la ASTM C-618. La molienda fina de la escoria de alto horno en microsílíce debe cubrir los requerimientos de la ASTM C-989.

### **Impermeabilizantes**

Están diseñados para ayudar a controlar la filtración de grietas y reducir la penetración de agua en el concreto no saturado del lado húmedo al lado seco. Los repelentes de agua disminuyen la tasa de transmisión de agua a presión atravesando el concreto. Una de las mejores formas de aumentar la resistencia al agua incluye ampliar la cuantía de cemento y disminuir la correlación agua/cemento por debajo de 0,5.

### **Ligantes**

Su único objetivo es mejorar las características adhesivas de la mezcla por medio de polímeros orgánicos. Es decir, consiste en una emulsión acuosa de materiales orgánicos, incluidos C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl, acrílicos, copolímeros de estireno butadieno y otros polímeros.

### **Diseño de mezcla de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> propuesto por ACI**

Es la selección proporcional del material que componen una m<sup>3</sup> de hormigón, se puntualiza como el proceso de elección de los componentes más apropiados y la combinación más ventajosa y barata , para conseguir un producto que posea las propiedades deseadas, esencialmente maquinabilidad y consistencia, en estado no templado, y que, en estado templado, cumpla con los requerimientos instituidos por el diseñador o mostrados en el plan de trabajo y especificación. (Abanto, 2000).

La elección de la relación de mezcla depende de:

- Las propiedades que debe tener el hormigón endurecido, ya sean exigidas por el proyectista o especificadas en el pliego de condiciones.
- Propiedades del hormigón en estado bruto, según el tipo y naturaleza de la obra y la técnica utilizada en la colocación del hormigón.
- Costo por m<sup>3</sup> de hormigón.

Si se consideran estos razonamientos, se puede conseguir un acercamiento primario de las proporciones de los materiales que forman un elemento cúbico de hormigón. Sin embargo, independientemente del procedimiento utilizado para determinar estas relaciones, siempre deben considerarse como valores de prueba, sujetos a estudio y ajuste en función de los resultados del laboratorio y el campo.

## **Procedimiento del Diseño de mezclas del concreto – ACI 211**

Se seguirá el enfoque del comité ACI 211 y, se usarán los estos pasos:

- Elegir la resistencia media de la  $f_c$  detallada, que en este trabajo es de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Elección del tamaño máximo nominal del árido grueso.
- Seleccione asentamiento (en pulgadas) o asentamiento.
- Elección de la unidad de volumen para el diseño del contenido de agua y aire.
- Elección de la correlación agua-cemento para una mayor resistencia y durabilidad
- Determinar el factor cemento.
- Valor del contenido de árido grueso.
- Determinar la suma de volumen absoluto.
- Determinar el volumen absoluto de árido fino.
- Establecimiento del peso seco de áridos finos.
- Determinar el valor de diseño del cemento.
- Valores de diseño corregidos por humedad y absorción de áridos.
- Establecimiento de la relación de peso.

### **Curado del concreto**

Harmsen (2005), en “Diseño de estructuras de concreto”, señala es el procedimiento de tratar de mantener el hormigón saturado hasta que las zonas de cemento fresco que inicialmente se llenaron con agua sean suplidos por los efectos de la hidratación del cemento. El curado está diseñado para controlar la variación térmica y humedad dentro y fuera del hormigón. Asimismo trata de evitar la retracción por fraguado hasta que el hormigón alcance la resistencia mínima que le posibilite aguantar los esfuerzos que éste provoca. La falla en el curado del hormigón puede reducir en gran medida su resistencia.

Al curar el concreto, se entiende que se mantiene suficiente contenido de humedad y temperatura en una etapa temprana para que el concreto pueda desempeñar las

propiedades de la mezcla diseñada; es relevante empezar a curar el concreto tan pronto como fragüe. (Loya, 2017)

Según el Comité ACI-308 (2010), tan pronto como el hormigón esté en peligro de secado prematuro y este secado lo deteriore o dificulte el desarrollo de las propiedades deseadas, se deben tomar medidas de curado inmediato.

Neville y Brooks (1998) El objetivo principal de nuestro curado es obtener la suficiente resistencia manteniendo el hormigón saturado, ya que la hidratación del hormigón se consigue solo en los capilares llenos de agua, por ello se evita una vaporización en exceso. Las pruebas de laboratorio que se efectuadas demostraron que el hormigón en condiciones secas puede perder hasta un 50 % de su resistencia potencial en comparación con un hormigón similar en condiciones húmedas.

La temperatura del agua de curado no debe provocar un choque térmico en el hormigón durante la construcción, ya que puede agrietarse. Se sugiere que la temperatura del agua no sea inferior a 11 °C por debajo de la temperatura del cuerpo del hormigón. El agua de curado del concreto debe estar libre de contaminantes. (Comité ACI-308, 2010).

### **Normas con respecto al curado**

- ASTM C31/C31M-03 (2003) “Method of making and curing concrete test specimens in the field”.
- ASTM C192/C192M-02 (2003) “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory”
- ASTM C156-02 (2002) “Method for Water Retention by Concrete Curing Materials”.

### **Propiedades principales del concreto fresco**

Según Rivva (2000), Las propiedades del hormigón fresco incluyen la consistencia, la trabajabilidad, la cohesión, el contenido de aire, la segregación, el sangrado del color, el tiempo de fraguado, el calor de hidratación, el peso unitario, la consistencia y la trabajabilidad.

### **Consistencia**

La humedad de la mezcla se define por lo fluida que es, se piensa que cuanto más húmeda sea la composición, más fácil será que fluya el concreto en la colocación. (Rivva, 2000)

Es la capacidad que tienen los morteros y hormigones frescos de fluir, es decir, de adquirir la forma del encofrado que los contiene. (Instituto del concreto, 1997).

### **Trabajabilidad**

Es esta característica del hormigón la que determina que pueda manipularse, transportarse, colocarse y reforzarse correctamente con el mínimo esfuerzo y la máxima uniformidad, y sin separación alguna. Se puede dividir en bajo, medio y alto según la postura sentada combinada. (Rivva, 2000).

### **Propiedades principales del concreto endurecido**

Según Rivva (2000), las de mayor relevancia en estado endurecido poseen la resistencia mecánica, la durabilidad, las propiedades elásticas, el cambio de volumen, la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión, a la cavitación, las características térmicas y acústicas y la apariencia.

### **Resistencia**

Es la propiedad más significativa para cumplir con los requisitos estructurales y, por lo tanto, a menudo se considera la propiedad más valiosa del hormigón; no obstante, debe tenerse presente que en muchos casos son más importantes otras propiedades como la durabilidad y la permeabilidad. (Estrada & Paéz, 2014)

El hormigón resiste los esfuerzos de compresión, tracción y flexión; tiene la mayor resistencia al esfuerzo de compresión, unas 10 veces la de tracción, y es el de mayor interés para determinarlo porque en la mayoría de las aplicaciones del hormigón aprovecha esta resistencia porque, por otro lado, la resistencia a la presión es una métrica muy fácil para establecer la magnitud de muchas otras propiedades idénticas. Generalmente, las descripciones del hormigón demandan que la resistencia a la presión se determine luego de 28 días, obtenida de manera sencilla mediante ensayos de presión. (Estrada & Paéz, 2014)

### **Resistencia a la compresión del concreto**

El valor de  $f_c$  se usa a menudo como indicador de la calidad del hormigón. Obviamente, puede haber otras métricas más importantes dependiendo de la tensión y función del factor estructural. Las reglas o signos vinculan muchas de las propiedades mecánicas del hormigón con los valores  $f_c$ .

La resistencia a la presión se establece mediante pruebas de laboratorio de muestras estándar atribuidas axialmente. Esta prueba se usa para monitorear la resistencia del hormigón para controlar calidad y la aprobación del hormigón fabricado. La preparación y las pruebas de las muestras están especificadas por las normas ASTM. (Ottazzi, 2004)

En resumen, para determinar de la resistencia a la compresión se deben probar muestras representativas de concreto que fallan a una tasa de carga de 25 t/min, por lo que se considera un ensayo destructivo, así como en la Fig 1. Estos se basan en que la elevación del cilindro es el doble del diámetro, o en algunos países europeos se usa la forma más cúbica, y las muestras se hacen en forma de cilindro. (Morales, 2015).

En la práctica, se utiliza como tamaño estándar un cilindro de 150 x 300 mm; dado que la muestra está sujeta a una carga axial, su superficie inferior debe ser paralela y perpendicular al eje de la carga axial. Teniendo en cuenta el alto porcentaje de su resistencia potencial que debe alcanzar el hormigón, los cilindros se ensayan durante un determinado periodo de tiempo; de forma estandarizada, edades 7, 14, 28, 91 y 180 días, con determinados intervalos para la estudios requeridos. La prueba se ejecuta según la norma. (ASTM C39/C39M, 2010).

Para calcular la  $f_c$  se usa:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f_c$  = Esfuerzo máximo a compresión, Kg/cm<sup>2</sup>

$P$  = Carga máxima, Kg

$A =$  Área de la sección transversal,  $\text{cm}^2$

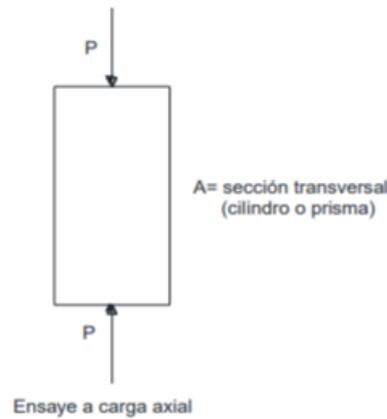


Figura 2. Descripción gráfica de la prueba a compresión. (ASTM C39/C39M, 2010)

### Tabla 11

Tolerancia permisible por edad de ensayo.

Edad del ensayo (días)	Tolerancia permisibles
1	$\pm 0,5h$
3	$\pm 2h$
7	$\pm 6h$
28	$\pm 20h$
90	$\pm 48h$

Fuente: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034, 2008)

### Evolución de la resistencia a compresión del concreto

El aumento de la resistencia del hormigón es más elevada en las etapas iniciales, ralentizando el transcurso con el período mientras se afianza. Usualmente basado en la resistencia a los 28 días de edad, se ha alcanzado una gran proporción de la resistencia total a esa edad.. (Valcuende, Marco, Jardón, & Gil, 2009)

Los principales elementos que influyen en la tasa de endurecimiento del hormigón son las propiedades del cemento, el curado y el uso de añadidos. (Valcuende, et al., 2009)

Según el Código Modelo (CEB-FIP, 1993), la evolución de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo se establece de manera aproximada, mediante la siguiente fórmula.

$$f'_{c(d)} = K_{(d)} * f'_{c_{28}}$$

Donde  $K_{(d)}$  es un coeficiente que se expresa de la siguiente manera:

$$K_{(d)} = e^{(s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{d}}\right))}$$

Siendo:

$f'_{c(d)}$  = Resistencia a compresión del concreto a la edad “d”.

$f'_{c_{28}}$  = Resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

S = Coeficiente que depende del tipo de cemento y que acoge los valores:

0,2 para cementos de endurecimiento rápido y de alta resistencia.

0,25 para cementos de endurecimiento normal o rápido.

0,38 para cementos de endurecimiento lento.

D = Edad teórica o equivalente del concreto a temperatura de 20°C.

La evolución de la resistencia del hormigón igualmente obedece a la temperatura de almacenamiento, cuanto mayor sea la temperatura, más rápida será la evolución ya que funciona como catalizador de la reacción de hidratación del cemento. Para vincular la evolución de la resistencia a la temperatura se usa la madurez: dos hormigones de la misma dosificación pero de diferente edad, si poseen igual madurez, poseen igual resistencia. (Valcuende, et al., 2009). La madurez "m" es el resultado de temperatura y tiempo de exposición. La afirmación anterior se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$m = \sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i]$$

Donde:

$T_i$  = Temperatura de conservación del concreto.

$t_i$  = Tiempo de actuación de la temperatura de  $T_i$  en días.

Aquí específicamente al ensayar el concreto por "d" días a una temperatura continua de 20°C, la expresión sería:

$$m = 30 d$$

Equiparando las dos expresiones previas y despejando "d", se logra:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i]}{30}$$

Esta "d" es la edad teórica o equivalente del hormigón y es el tiempo que debe mantenerse el hormigón a una temperatura referencial de 20°C para conseguir la misma madurez (y resistencia) que si estuviera en su día real. (Valcuende, Marco, Jardón, & Gil, 2009)

### **Durabilidad**

El concepto está relacionado con su capacidad para mantener el servicio durante el diseño de la construcción a la que pertenece. En otros tiempos se consideraba que el hormigón poseía una buena estabilidad, pero en la actualidad se nota limitada por razones ambientales (heladas, ataque de sulfatos del suelo) o internas (reacción alcalino-áridos). (Estrada & Paéz, 2014)

El concreto duradero es un concreto que logra soportar, satisfactoriamente, las consecuencias de las circunstancias en las que se usa. (Rivva, 2000)

### **Impermeabilidad**

El hormigón impermeable se puede considerar como un elemento de hormigón en el que un lado está en contacto con un líquido, como el agua, mientras que el otro lado permanece seco. Realmente, este no es concreto impermeable, puede usar concreto muy permeable donde el otro lado en contacto con el agua permanece seco ya que tiene decenas de metros de espesor.

En otras palabras, el caudal cero o el caudal de agua muy bajo difícilmente pueden atravesar paredes delgadas de hormigón con poca permeabilidad, o se puede lograr igual caudal a través de paredes muy gruesas con hormigón de alta permeabilidad. (Hermida G. , 2013).

Asimismo, una estructura de hormigón con la misma geometría construida con igual masa de concreto puede ser penetrada o no por agua, obedeciendo a la presión y área de contacto. Como hemos visto, la analítica, la presión del agua y el área donde se contactan son variables externas de la materia, vinculadas con la construcción y su medio.

Al definir concreto impermeable, solo se define el material dejando de considerar un aspecto de la estructura o si habrá agua en el otro lado de la estructura.

La definición de hormigón impermeable se parece a la de alta resistencia. Debido a que se definen las propiedades del elemento en sí, no su trabajo dentro de la construcción. El hormigón de alta resistencia posee una resistencia a la presión mayor a 60 MPa, independientemente de su tiempo. Si el hormigón se utiliza para formar una columna de sección escasa o sobrecargada, la columna fracasará y el hormigón perderá su alta resistencia. El hormigón "impermeable" en realidad debería llamarse hormigón de baja permeabilidad porque la definición de "impermeable" puede estar vinculada al concepto de "irrompible". Entonces, el concreto conocido hoy como "impermeable" no es lo suficientemente grueso o está lo suficientemente estresado como para que el agua pueda pasar a través de ellos (Hermida G. , 2013).

En el lenguaje arquitectónico, el nombre de hormigón impermeable (irrompible) es difícil de descartar, por lo que puede adoptarse con la comprensión de que es una características de la materia más que de la obra.

**Tabla 12**

*Propiedades y valores para la obtención de un concreto "impermeable"*

CRITERIOS DE DESEMPEÑO PARA UN CONCRETO IMPERMEABLE		
Ensayo	Valor	Norma
Absorción capilar (qw)	< 6 g/m <sup>2</sup> /h	SIA 262/1 Anexo A
Penetración de agua	< 30 mm	EN 12390 Parte 8
Retracción por secado	< 0.07 %	ASTM C157

Fuente: Concreto Impermeable, Una mirada reciente (Hermida G. , 2013)

### **Arcilla**

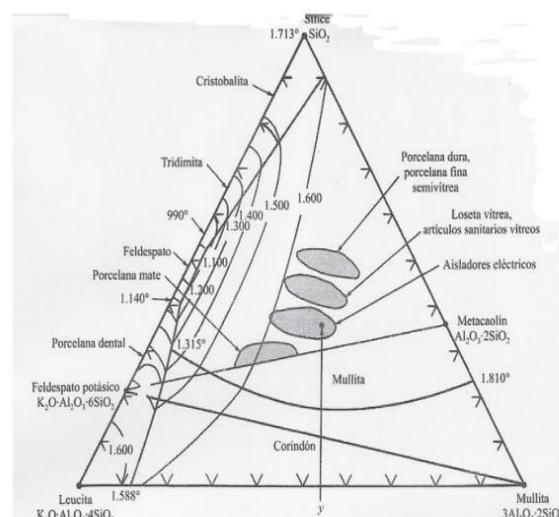
Es una roca sedimentaria descompuesta compuesta de añadidos de  $Al_2(SO_4)_3$  hidratado formados por la desintegración de rocas que tienen feldespato como el granito. Desde la perspectiva del inicio, la arcilla no posee un significado único, puede ser sedimento, también puede ser resultado de meteorización, hidrotermal o sintético. Las arcillas se definen como rocas terrosas que son productos secundarios de la destrucción de viejos materiales de silicato y aluminio (Del Rio, 1975). Las arcillas son agregados de minerales y sustancias coloidales formados por la descomposición química de las rocas de alúmina. Esto se obtiene a través del proceso geológico del envejecimiento de la Tierra. Dado que el proceso de envejecimiento es constante y sucede en cualquier parte de la Tierra, se considera un material común y muy cuantioso. Mayormente de las rocas que componen la corteza terrestre están hechas de feldespato, puesto que el mineral más usual en la Tierra. (Rhodes, 1990).

**Composición de la arcilla:** en su estado natural consiste en uno o generalmente diferentes minerales arcillosos. Estos son esencialmente  $Al_2(SO_4)_3$ , pero también hay resultados de hidratación provenientes de la desintegración de rocas y  $Al_2(SO_4)_3$ , también fragmentos de roca, óxidos hidratados, álcalis y sustancias coloidales. (Del Rio, 1975). Las arcillas ocurren en el entorno natural, ya sea concisamente de la desintegración natural de rocas ígneas o feldespatos o de depósitos aluviales o eólicos. (Gallegos, 2005). Las arcillas de mayor pureza son aquellas que tienen un contenido

elevado de sílice y alúmina. Estas arcillas tienden a tener niveles más bajos de hierro y otras impurezas. El caolín y las arcillas plásticas son ejemplos de dichas arcillas. La constitución química de los diversas tipologías de arcilla es amplia.

### Características físicas de la arcilla:

Varía lo complejo y las proporciones de sus elementos constituyentes (Besoin, 1985). La distribución granulométrica es una variable muy importante, ya que de ella dependerá el grado de empaquetamiento de los fragmentos y, por ello, las características físicas y mecánicas de los componentes de arcilla, como porosidad, permeabilidad, resistencia a la flexibilidad, etc. etc Dado que la dimensión de las partículas de arcilla cambia según el tipo al que se refiera, las características físicas de la arcilla igualmente variarán.



**Figura 2.** Diagrama trifásico de las arcillas.

Fuente: schaffer.

Hay un número elevado de arcillas con un porcentaje alto de fragmentos de menos de una micra (0,001 mm) de diámetro. La forma es fina, plana y alargada. La arcilla tiene un área superficial muy grande por m<sup>3</sup> y es el resultado de una mezcla de dimensión y la forma de sus fragmentos. La dimensión considerablemente pequeña de los polvos de arcilla es resultado de la descomposición de la roca por colisiones entre los fragmentos de roca. Sin embargo, combinado con algunas partículas diminutas de

arcilla, se mezclan piezas más grandes. Estas partículas más grandes suelen ser feldespato, cuarzo o algún otro mineral inalterado incorporado a la arcilla por transporte o deposición. Propiedades de la arcilla: Las características de la arcilla dependen de su contexto geológico, fundamentalmente del medio donde se formaron los sedimentos. (ONU, 1970). Estas características dependen de su mineralogía, estado físico e geología, se cambian con relativa facilidad, y su uso generalizado está en función de sus propias propiedades y las asociadas a otras sustancias. (Pablo., 1964). Para comprender mejor el comportamiento de las arcillas utilizadas para formar mezclas de ladrillos, seguidamente se precisan algunas de las características más notorias de las arcillas.

**Plasticidad:** es la característica primordial de la arcilla que la hace apta para la elaboración de ladrillos y referida a la capacidad de esta para mantener casi cualquier forma al combinarse con una suma de agua específica.

**Contracción:** Propiedades de la arcilla, lo que resulta en una reducción del tamaño de la moldura debido a la pérdida de humedad. Durante el moldeado, la arcilla está húmeda y tiene un contenido elevado de agua, y durante el secado, la mezclanza pierde la humedad contenida en ella, reduciendo el tamaño de la moldura. Se producen dos tipos de contracciones:

- Contracción por aire, que ocurre después de que se forma el dispositivo, pero antes del secado.
- Retracción por fuego que se produce durante la combustión.

**Refractariedad:** Propiedades de la arcilla, referidas a la resistencia a temperatura elevada. Todas poseen esta propiedad, pero algunas son mayores. La variación de la refractariedad de una arcilla a otra ocurre por la composición química de la alúmina y la sílice. Esta propiedad será mayor si el porcentaje de estos compuestos en la arcilla es elevado.

**Porosidad:** varía de un tipo a otro. Obedece a la dimensión de partícula de la arcilla. Si la arcilla posee una dimensión de partícula grande, la porosidad será mayor que con un tamaño de partícula pequeño. Cuando se moldea y compacta la mezcla utilizada para hacer la unidad de mampostería, las arcillas con partículas pequeñas se unen más estrechamente entre sí. Esto impide que se amontone demasiada agua entre ellos, y cuando la pieza esté cocida, habrá menos huecos por evaporación del agua.

**Color:** vienen en una variedad de colores, los más puros son blancos, pero generalmente son grises, en ocasiones azul o negro, y comunmente amarillo, rojo o marrón (Del Rio, 1975). Los múltiples tonos obedecen a su estructura química, pero en esta ocasión no está determinada por la cantidad de sílice y alúmina, sino que la causa está determinada por contaminaciones de origen mineral y orgánico, esencialmente:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  y  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ .

**Clasificación de las arcillas:** establecida por diferentes autores que tienen en cuenta determinados elementos, como origen, constitución o capacidad para absorber agua.

**Según su origen:** a) **Arcillas primarias o residuales:** se forman en el mismo sitio que su roca madre. Las arcillas provienen llanamente de la desintegración natural de rocas ígneas o feldespatos (Gallegos, 2005). Es por esto que las arcillas en estos depósitos brindan el producto más puro, pero rara vez se hallan (Del Rio, 1975). Estas no son trasladadas por el agua, el viento o los glaciares, suelen ser más puras. Esto se debe a que las partículas con más impurezas son las que transporta el viento o el agua. Se pueden encontrar fragmentos de roca intactos en la mayoría de los depósitos de arcilla primaria. Dado que la arcilla no ha pasado por el procedimiento de elección de partículas suspendidas en agua, las partículas grandes y pequeñas se mezclan. Las playas de arcilla primaria tienden a ser de grano grueso y poco plástico.

Características de las arcillas primarias:

- Alta refractariedad al fundirse a temperaturas ligeramente inferiores a 1750°C.
- Relativamente puros por su alto contenido en sílice y alúmina y óxido de hierro bajo y otras contaminaciones en su estructura química.
- Tono blanco posteriormente a la cocción debido al poco contenido de contaminaciones.
- Menos plasticidad al moldear, ya que no mantiene su forma después del moldeado.

**Arcillas secundarias o sedimentarias:** producto del traslado de arcilla por el agua, el viento o el hielo. Las arcillas de estos sedimentos se encuentran entre las más abundantes de la Tierra (Del Rio, 1975). Las secundarias son tipos de arcilla que no se encontraron en el mismo sitio donde ocurrió la descomposición de su lecho rocoso y que han sido transportadas a otra zona. El medio más común para transportar tales partículas de arcilla es el agua, pero la brisa y los glaciares siempre pueden servir como vehículos para el traslado de estas. La arcilla transportada por agua sufre dos procesos en el traslado. Las partículas en principio disminuyen su dimensión por el desgaste por fricción entre fragmentos, y luego, al alcanzar aguas tranquilas, se someten a un procedimiento de elección.

Durante esta fase de elección, los fragmentos más grandes se apartan por sedimentación de los fragmentos más pequeños, que quedan suspendidos en el agua. Estas arcillas son menos puras que las arcillas primarias porque las secundarias son una mixtura de grandes cantidades de productos de erosión de varias zonas. Por ello, en la composición química de estas arcillas se suelen encontrar porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas. Es difícil, pero no improbable, hallar secundarias de mayor pureza que la mayoría de tales arcillas. Estas arcillas se denominan "arcillas bola" y son muy ventajosas para aumentar la plasticidad de las arcillas nativas sin perturbar su color blanco. Un ejemplo de esta tipología de arcilla es el llamado "caolín secundario", que es relativamente bajo en hierro.

### **Las principales características de las arcillas secundarias son:**

- Altamente maleables ya que tienen granos más pequeños
- Tras la cocción toma diferentes tonos, desde el blanco hasta el marrón oscuro, debido al contenido elevado de impurezas.
- Su punto de fusión está generalmente entre 1150°C y 1500°C.

### **Según su capacidad de absorción de agua:**

Según (Del Busto, 1991) y (Kohl & Bastian, 1975) clasifican las arcillas por su poder para absorber agua:

**Grasas:** Son demasiado plásticas para la arcilla, incluso con poca humedad. Su composición contiene grandes cantidades de minerales arcillosos y bajas concentraciones de arenas silíceas. También contienen muchos ingredientes en estado coloidal, pueden absorber mucha agua y al secarse sufren una contracción excesiva. Este tipo se moldea de forma sencilla, pero su buena adherencia imposibilita que el producto acabado se desprenda de manera correcta.

**Magras:** Absorben menos agua y poseen baja plasticidad. Al secarse, no se encogen tanto. se une con mucha arena.

### **HUARANGO**

Árbol espinoso muy invasivo (*Prosopis pallida*) con altura de hasta 10 m. Su madera noble se utiliza para fabricar mobiliarios y suelos de parquet. La corteza se utiliza para curtir cuero. La resina del tronco se usa para teñir. Tiene alta infectividad y capacidad de actualización. Esto es muy complicado. Posee flores de color verde amarillo y legumbres cubiertas de pequeñas semillas de color marrón. Es una planta de propagación invasiva muy exitosa porque es capaz de reproducirse de dos formas: produce una gran cantidad de semillas muy ligeras que se dispersan fácilmente y se clona para producir muchas plantas nuevas (reproducción asexual) que se comunican con las plantas cercanas. compiten para imponer sus sombras. Gracias a sus raíces extremadamente largas, puede soportar bien la sequedad extrema.

### **Uso como desecho**

Especie que se ha introducido en muchos ambientes debido a su rápida tasa de crecimiento, buenas propiedades de sombra y una madera ideal para usar como leña. Además es ventajoso para la erosión, pero una vez establecidos, los árboles a menudo se apoderan del hábitat. Las semillas son alimento para el ganado, las flores son atrayentes para las abejas.

**La justificación** de este proyecto tiene como objetivo determinar, a través de este trabajo teórico, el efecto de una combinación de 3% y 4% de arcilla de huarango y ceniza en reemplazo del cemento sobre la resistencia de probetas de concreto con el fin de hallar materiales alternativos para sus aplicaciones en la ingeniería civil. campo Es justificada en el ámbito social ya que se intenta aplicar aplicaciones a la búsqueda de nuevos materiales encaminados a solucionar y reducir problemas constructivos, en este sentido, en zonas como el valle de Puruhuay, este material cementante es desechado donde puede ser utilizado en la misma. es muy importante en este sentido utilizarlo en un sustituto adecuado sin ningún inconveniente para desarrollar una buena resistencia.

Los constructores, desde tiempos antiguos se han centrado en perfeccionar las características del hormigón. En la Roma antigua se añadían aditivos a los hormigones de cal y puzolana utilizados en la época. La creencia es que los primeros aditivos al hormigón fueron la sangre y la clara de huevo.

La tecnología del hormigón de los últimos años ha hecho progresos enormes en cuanto a resistencia. Un estudio mencionó que el concreto debe considerar tres criterios para funcionar bien: material y costo de construcción, durabilidad y buen desempeño ambiental. (Instituto Mexicano del cemento y del Concreto, 2000)

Los avances tecnológicos del hormigón han hecho obligatorio mejorarlo y, mientras se generaliza su uso, el material necesita cumplir con los servicios necesarios. Tanto es así que ha surgido un nuevo ingrediente: los aditivos. Estos son convenientes, o

incluso esenciales, en muchos casos. Por ejemplo, para una dosis dada, la forma de hacer una mezcla más trabajable es agregar agua, pero el agua adicional puede causar una reducción en la calidad del concreto endurecido. Lo que indica que en menor resistencia mecánica, mayor retracción al secado, mayor permeabilidad y por ello menor resistencia al ataque de elementos agresores. (Vidaud, 2014)

En la actualidad, en el concreto, el uso de aditivos es casi indispensable, sin embargo, la mayoría son aditivos químicos procesados, los cuales son costosos en la ejecución del proyecto; pero no aditivos naturales acordes con el mundo actual: económicos y ecológicos. En ocasiones, se han agregado añadidos orgánicos, que pueden fabricarse partiendo de materiales vegetales como fibras naturales, como alternativa a la infraestructura y la construcción de residencias de bajo coste. La utilización de estos añadidos a nivel industrial traerá valor agregado y nuevas opciones de comercialización a los fabricantes.

### **Planteamiento del Problema**

¿Cuál es el efecto de la sustitución la combinación 3% y 4% de cemento por Arcilla y ceniza de Huarango en la resistencia de probetas de concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  Cajamarca 2021.?

**Tabla 7**

*Conceptuación y operacionalización de las variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente:</b> Arcilla y ceniza de Huarango	<b>Arcilla</b> Es una roca sedimentaria descompuesta compuesta de agregados de silicato de aluminio hidratado formados a partir de la descomposición de rocas que contienen feldespato.	La arcilla tiene porcentaje de cilicio que es parte de un componente del cemento mejorando sus propiedades.	Propiedades químicas	ATD
	<b>Huarango</b> Es un árbol espinoso invasor (Prosopis pallida) de hasta 10 m de altura. Su madera dura se utiliza para fabricar muebles y suelos de parquet. La corteza se utiliza para curtir cuero. La resina del tronco se usa para teñir. Tiene una alta capacidad de infestación de renovales.	El la ceniza de huarango tiene un porcentaje de calcio mejorando las resistencia del concreto		Arcilla y ceniza de Huarango

<b>Variable Dependiente:</b> resistencia a compresión del concreto.	La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. La resistencia a la compresión depende directamente con los materiales de la mezcla, del porcentaje de vacíos del esfuerzo de compactación. Se determina de acuerdo con la norma ASTM C39. (Instituto del Cemento y del Concreto, A.C., 2008)	La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión y se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de kg/cm <sup>2</sup> (Unidades del SI).	Esfuerzo a la compresión	0%= 202 a 206 kg/cm <sup>2</sup>
				20%= 210 a 277 kg/cm <sup>2</sup>
				35%= 223 a 304 kg/cm <sup>2</sup>
				50%= 226 a 334 kg/cm <sup>2</sup>
				65%= 195 a 258 kg/cm <sup>2</sup>
				Curado
	7 días			
	14 días			
	21 días			
	28 días			

**Fuente:** Elaboración Propia.

**La hipótesis es:** La sustitución de cemento en la combinación 3% y 4% por Arcilla y ceniza de Huarango aumentara la resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> Cajamarca 2021.

**El objetivo general es:** Determinar la resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo el cemento en la combinación 3% y 4% por Arcilla y ceniza de Huarango en Cajamarca 2021.

**Y como objetivos específicos:**

- Determinar el rango de activación de la arcilla y la ceniza de Huarango mediante la activación térmica Diferencial.
- Determinar la composición química de la arcilla y la ceniza de Huarango mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x.
- Determinar la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.
- Interpretar y comprobar los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental, mediante la validez estadística.

## **Metodología**

### **Tipo y diseño de investigación:**

#### **Tipo de investigación**

#### **Según el enfoque**

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el “Los métodos cuantitativos utilizan la recopilación e investigación de información para dar respuesta a cuestionamientos y probar hipótesis instauradas con anterioridad, y fundamentados en mediciones numéricas.” (p. 5).

Según lo mencionado anteriormente, la presente investigación será cuantitativa ya que utiliza métodos estadísticos para procesar los resultados obtenidos en laboratorios especializados, todos los cuales son el resultado de la manipulación de las variables anteriores.

#### **Según la orientación**

La investigación será aplicada, con el fin de adquirir nuevos conocimientos destinados a encontrar soluciones para comprender los efectos del uso de la arcilla y la ceniza de Huarango en concretos y una comparación de resistencia a compresión y permeabilidad entre el concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y concretos con aditivo natural.

#### **Según el nivel**

Para Hernández, Fernández, & Baptista (2014), “la investigación explicativa busca establecer la causa del hecho, evento o fenómeno estudiado, expresar por qué ocurre y en qué circunstancias se manifiesta, o por qué se vinculan dos o más variables.” (p. 95).

Por tanto, es explicativa porque el aditivo natural (de la arcilla y la ceniza de Huarango) influir en la resistencia a la compresión del hormigón y establecer una relación causal.

## **Diseño de investigación**

Referido a un estudio en el que una o más variables independientes (presuntas causas - antecedentes) son intencionalmente manipuladas para examinar las consecuencias de la manipulación sobre una o más variables dependientes (presuntos efectos - resultados), bajo control del investigador. Esta definición puede parecer complicada, sin embargo, a medida que se analicen sus componentes, se irá aclarando su significado.” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El diseño corresponde a una investigación experimental, ya que se tendrá como objetivo manipular, calcular y valorar las variables: la arcilla y la ceniza de Huarango (Variable independiente), la resistencia a la compresión del concreto (Variable dependiente). Gran parte del estudio se ejecutará en el laboratorio y los resultados se observarán y discutirán.

### **Población y muestra:**

**Población.-** Hernández, Fernández, & Baptista (2014, p. 174), indica que la población “Está formado por un grupo de similares características y servirá como estudio de investigación”.

La población estará compuesta por el total de probetas cilíndricas de concreto realizadas según el estándar de construcción establecidos, usando como patrón el  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Muestra.-** Por otro lado, Hernández, Fernández, & Baptista (2014, p. 172), define a la muestra como “Partes de muestras utilizadas para el desarrollo de proyectos o experimentos, algunas veces pueden ser finitos o pequeños, y cuando esto sucede no se seleccionan las muestras y se toma todo lo que pueda modificar la autenticidad de los resultados”.

En este estudio la muestra se compone por 18 probetas cilíndricas como se detalla a continuación.

Para probar la prueba de  $f_c$  la muestra estará conformada 18 probetas cilíndricas, de medidas de 15cm de diámetro y 30cm de altura, de acuerdo a la Norma E.060 (2009) esto indica que la prueba de resistencia a la compresión debe ser el promedio de la resistencia de tres muestras cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o la edad de la prueba determinada para determinar  $f_c$ .

En este caso, según norma, se realizarán 9 probetas de cada hormigón (Concreto  $f_c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> y con adición en distintos porcentajes de la arcilla y la ceniza de Huarango) y por tiempo de ensayo (7 días, 14 días y 28 días). Por tanto, tenemos lo siguiente:

**Tabla 13**

*Cantidad de probetas cilíndricas para la prueba de resistencia a compresión.*

<b>Edad de Concreto</b>	<b>Concreto Patrón <math>f_c</math>= 210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Con adición de la combinación de 3% de arcilla y 4% ceniza de Huarango</b>
<b>7 días</b>		
<b>14 días</b>		
<b>28 días</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

En resumen, se tiene:

**Tabla 9**

*Resumen de la elaboración de probetas a ensayar.*

Dosificación	Ensayo		Número de especímenes
	Slump	Resistencia a compresión	
Concreto patrón 210 Kg/cm <sup>2</sup>	2	9	11
Concreto 210 Kg/cm <sup>2</sup> combinación de 3% de arcilla y 4% ceniza de Huarango	2	9	11
Probetas cilíndricas en total			22

Fuente: Elaboración Propia

### **Técnica de evaluación**

Se utilizará como técnicas la observación directa, el estudio documental y los exámenes de laboratorios.

**Observación directa:** La tecnología se aplicará directamente a las pruebas que se realizarán en este levantamiento, las cuales cumplen con los estándares instituidos por la ACI y las Normas Técnicas Peruanas.

**Análisis documental:** Este estudio utilizará las siguientes fuentes: papers (internacionales, nacionales y locales), normas (ACI, NTP y ASTM C), libros y artículos científicos; las mismas que se citan en la bibliografía de este estudio.

**Ensayos de laboratorio:** Los ensayos que se realizarán serán: Ensayos para la de la arcilla y la ceniza de Huarango la tales como: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX); Ensayos para el concreto: Ensayos de agregados finos y grueso según lo especificado en N.T.P. 400.012, N.T.P. 400.017, N.T.P. 400.021, N.T.P. 400.022.

Para las probetas cilíndricas se realizan pruebas de fc a los 7, 14, 21 y 28 días según lo especificado en la N.T.P.

### **Instrumentos:**

Para Hernández, Fernández, & Baptista (2014), el “es un recurso que se usa para registrar información o datos sobre la variable que se está considerando.” (p. 199).

Los instrumentos empleados para esta investigación serán los siguientes: Fluorescencia de Rayos X (FRX), prensas para pruebas de fc, balanzas, fichas técnicas, fichas de ensayo, fichas técnicas para observación y control de laboratorio, etc. Estos archivos son formatos estandarizados de acuerdo con ASTM C39, ASTM C293 y ACI 522R-10.

En cuanto a la validez, al ser documentos estandarizados por las normas ASTM, y al ser realizados por profesionales capacitados en la materia, los resultados serán creíbles, sin verificación, y sin necesidad de determinar confiabilidad.

### **Análisis de información**

Para la presente investigación se usará como técnicas la observación directa, el estudio documental y los ensayos de laboratorios.

**Observación directa:** se aplicará directamente a las pruebas que se realizarán en este levantamiento, las cuales alcanzan los estándares instituidos por el ACI y las NTP.

**Análisis documental:** Este estudio utilizará las siguientes fuentes: papers (internacionales, nacionales y locales), normas (ACI, NTP y ASTM C), libros y artículos científicos; las mismas que se citan en la bibliografía de este estudio.

**Ensayos de laboratorio:** Los ensayos que se realizarán serán: Ensayos para la de la arcilla y la ceniza de Huarango la tales como: Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX); Ensayos para el concreto: Ensayos de agregados finos y grueso según lo especificado en N.T.P. 400.012, N.T.P. 400.017, N.T.P. 400.021, N.T.P. 400.022.

Para las probetas cilíndricas se realizan pruebas de fc a los 7, 14, 21 y 28 días según lo especificado en la N.T.P.

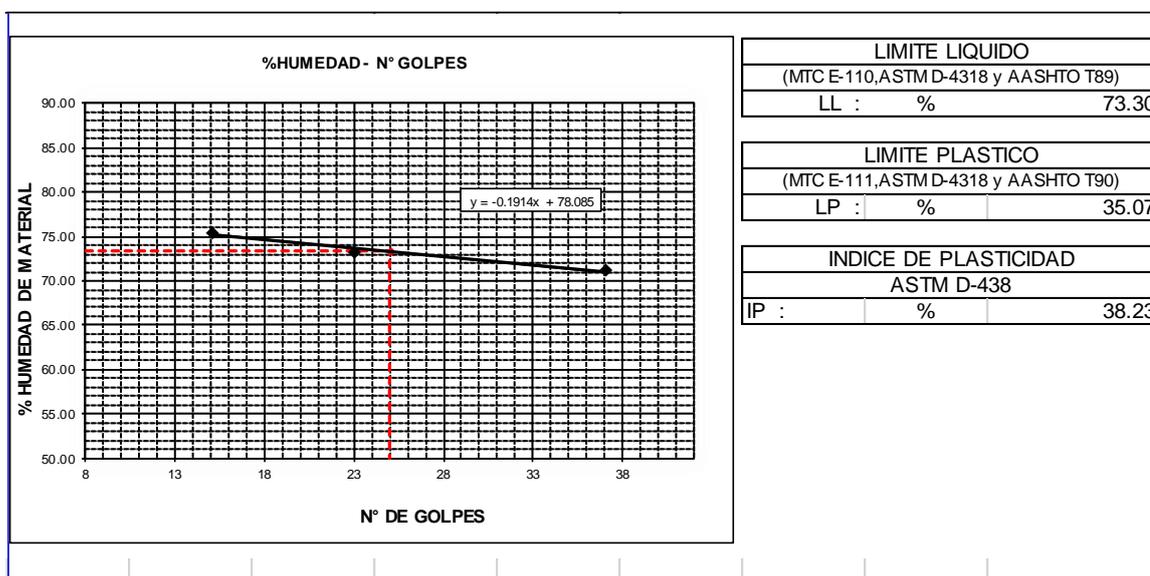
## RESULTADOS

**Tabla 10**

*Resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP*

LIMITES DE CONSISTENCIA	
<b>Límite líquido</b>	<b>= 73.30</b>
<b>Límite plástico</b>	<b>= 35.07</b>
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>= 38.23</b>

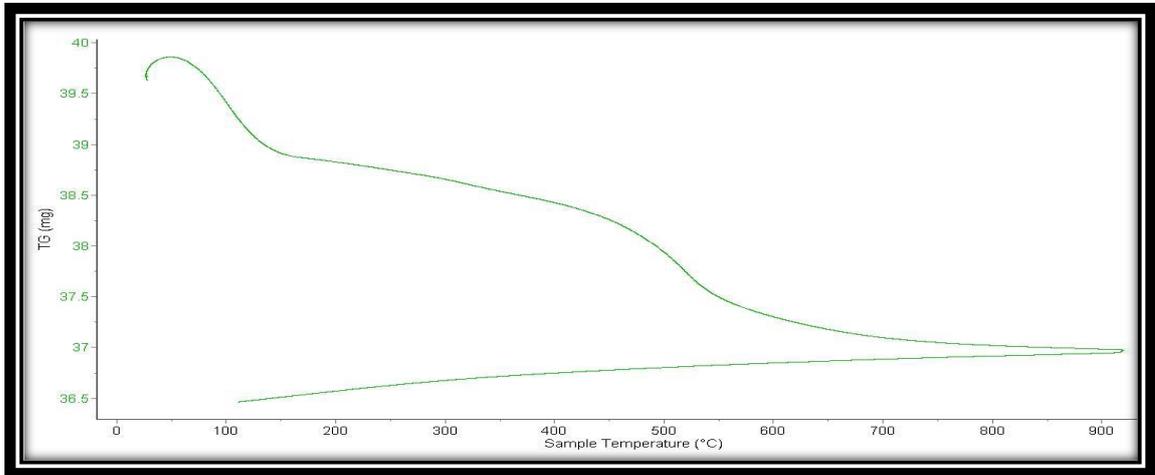
### Ensayo de límites de atterberg



**Figura 3.** Resultado de límites de consistencia de la arcilla.

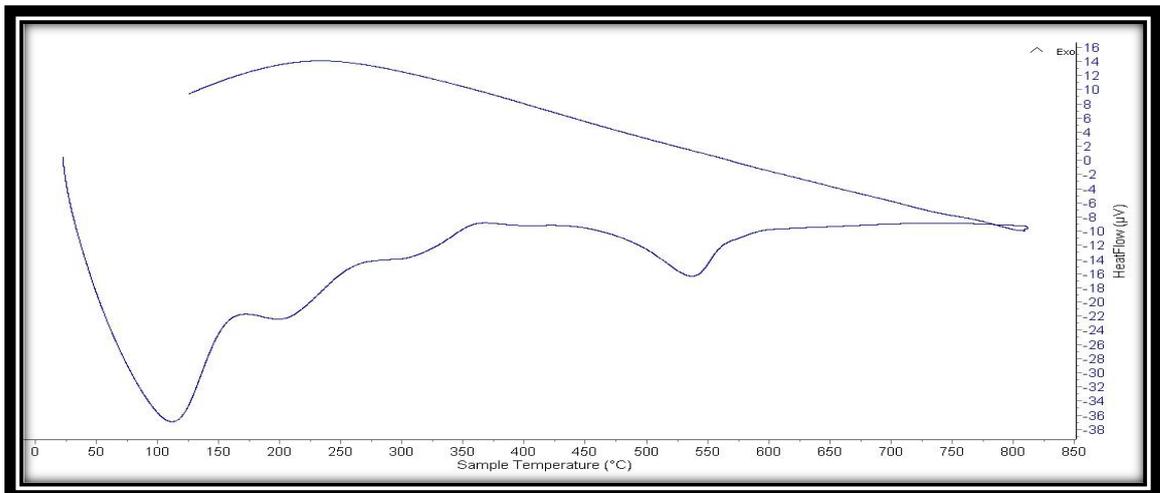
### Resultados del ensayo de análisis térmico referencial (ATD) de la arcilla

De acuerdo con el análisis Termo gravimétrico se perciben 2 relevantes descensos de la masa, el primero entre 70 y 130 °C y el segundo entre 450 y 530°C, posteriormente del cual la pérdida de masa se vuelve lento hasta lograr los 900°C que pierde un aproximado del 10% de su masa inicial.



**Figura 4.** Pérdida de masa de la arcilla

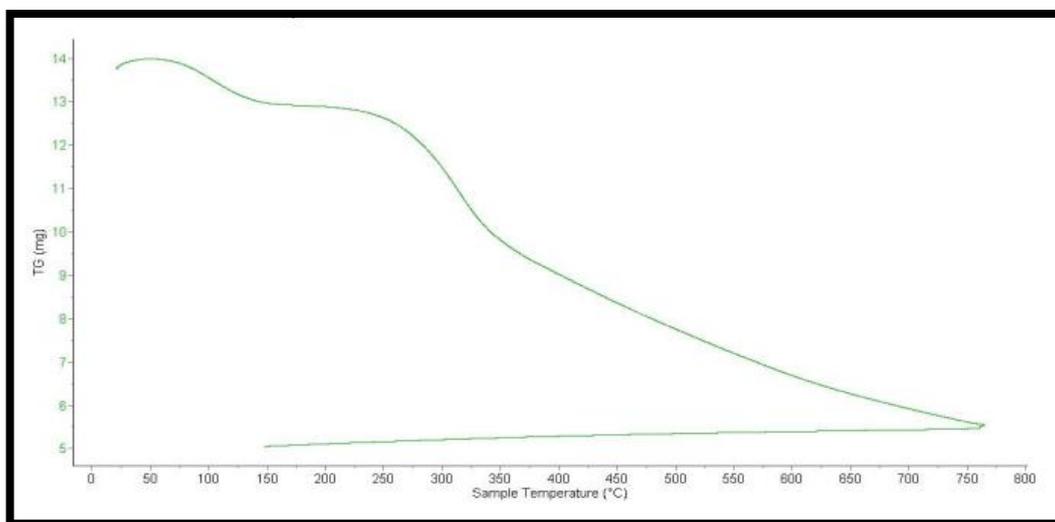
Según el análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a un aproximado de 120°C, luego a 200°C y posteriormente un pequeño pico de aproximadamente 540°C. todas estas temperaturas pueden advertir un cambio estructural y cambios en las características del material.



**Figura 5.** Curva de intersección de la arcilla

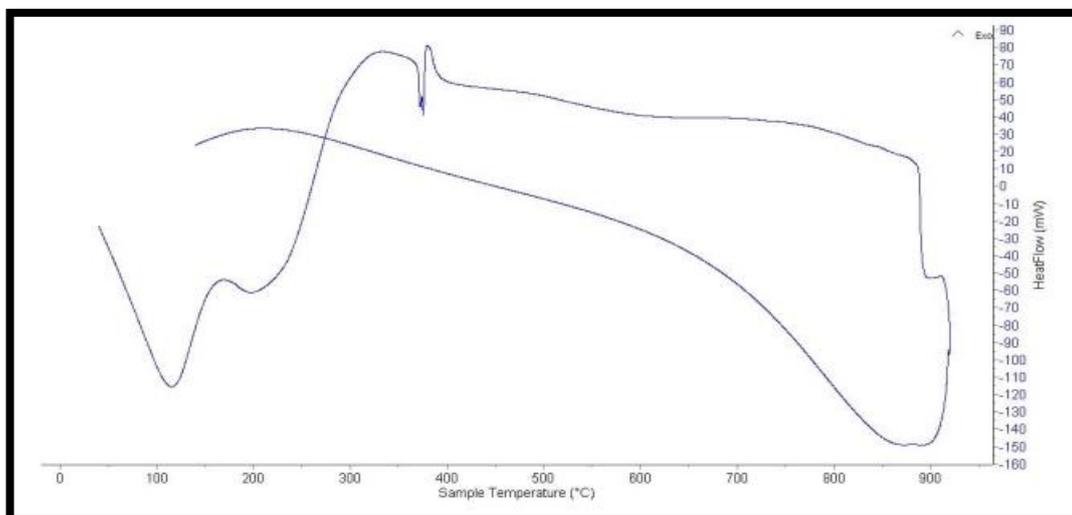
### Resultados del ensayo de análisis térmico referencial (ATD) del huarango.

Según el análisis Termogravimétrico se exponen una gran estabilidad térmica del material, indicando que la primera pérdida es 85 a 120 °C y la segunda entre 230 y 350 °C, lo que representa una pérdida de 64% cuando se consigue la máxima temperatura de ensayo.



**Figura 6.** Pérdida de masa de la ceniza de huarango

Según el análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico de absorción térmica a aproximadamente 100 °C y un (1) pico menos intenso a 220 °C. Otro pico más intenso a 380°C, con alta posibilidad de cambios en la estructura y propiedades del material.



**Figura 7.** Curva de intersección de la ceniza de huarango

**Tabla 11***Composición Química de la Arcilla*

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>	<b>RESULTADO (%)</b>	<b>METODO UTILIZADO</b>
Óxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	34.598 %	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Óxido de Aluminio (AlO <sub>3</sub> )	31.654 %	
Óxido de Calcio (CaO)	16.806 %	
Óxido de Hierro (FeO)	8.310 %	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	7.354 %	
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.537 %	
Óxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.477 %	
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.185 %	
Óxido de zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.057 %	
Óxido de zinc (ZnO)	0.019 %	
Óxido de bario (BaO)	0.003 %	

**Tabla 12***Composición Química del Huarang.*

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>	<b>RESULTADO (%)</b>	<b>METODO UTILIZADO</b>
Óxido de Calcio (CaO)	48.502 %	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	24.966 %	
Óxido de Magnesio (MnO)	18.964 %	
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.928 %	
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	2.335 %	
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.127 %	
Óxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.714 %	
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.625 %	
Óxido de zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.045 %	
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	0.074 %	
Óxido de estroncio (SrO)	0.691 %	
Óxido de molibdeno (MoO <sub>3</sub> )	0.024 %	

### **Diseño de mezcla por el método ACI**

Atendiendo a la información de los ensayos se efectuó el diseño de mezcla para 18 probetas en 2 tandas, cada tanda con mezcla para 9 probetas con el onjetivo de no esforzar la mezcladora.

### **Ensayos realizados y la relación agua cemento para el diseño de mezcla**

A través del análisis detallado de la tabla que proporcionaremos a continuación, podemos reiterar que se ha realizado suficiente desempeño técnico profesional en el campo de la preparación y ensayo del hormigón en el laboratorio de mecánica de suelos; verificar y acreditar satisfactoriamente los resultados logrados.

#### **Agregado fino**

- El tamaño de partícula del agregado fino está dentro del rango señalado en la norma ASTM C-33, por lo que creemos que es el mejor tamaño de partícula excepto por la ausencia de mica y arcilla.
- El módulo de finura es 2,70, que es aceptable ya que el módulo de finura que se procesa es mayor que el mínimo solicitado. (2.35 – 3.15).
- El peso específico de A.F es de 2.65 gr / cm<sup>3</sup>, que puede clasificarse como agregado ordinario porque se encuentra dentro de su alcance PE. (2.5-2.8).

#### **Agregado grueso**

- El tamaño de partícula de la roca agregado grueso atiende a los límites constituidos por la norma ASTM C-33 y se caracteriza por sus subformas. Los bordes son afilados y rugosos.
- En la prueba de absorción, 0,71% es un resultado muy bueno, el resultado requiere menos del 1%, porque la porosidad de la roca es muy pequeña.
- El valor determinado probando la gravedad específica del agregado grueso es de 2,84 gr / cm<sup>3</sup> dentro del rango de gravedad específica.

### **Para un diseño de Concreto Patrón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$**

Pesos de los Materiales para un molde a Ensayar:

- **cemento:** 1.931 kg
- **agua:** 1.368 lt
- **agregado grueso:** 6.429 kg
- **agregado fino:** 5.673 kg

✓ **Relación a/c para el diseño del concreto patrón = 0.70**

Se obtuvo un material trabajable con una consistencia muy buena con un Slump de 3.6", que se ubica en un Rango bueno Permisible para que sea trabajable.

### **Para un diseño de Concreto experimental $f'c = 210\text{kg/cm}^2$**

Pesos de los Materiales para un molde a Ensayar:

- **cemento:** 1.796 kg
- **3% de Arcilla:** 0.058 kg
- **4% de ceniza de Huarango:** 0.077 kg
- **agregado grueso:** 6.429 kg
- **agregado fino:** 5.673 kg

✓ **Relación a/c para el diseño del concreto patrón = 0.71**

Se obtuvo un material trabajable con una consistencia muy buena con un Slump de 3.8", que se ubica en un Rango bueno Permisible para que sea trabajable.

### **Resultados de PH de los componetes del concreto**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>
CEMENTO	12.40
CEMENTO +CDH+ARCILLA	12.48
CENIZA DE HAURANGO	13.37
ARCILLA	6.10

**Tabla 13**

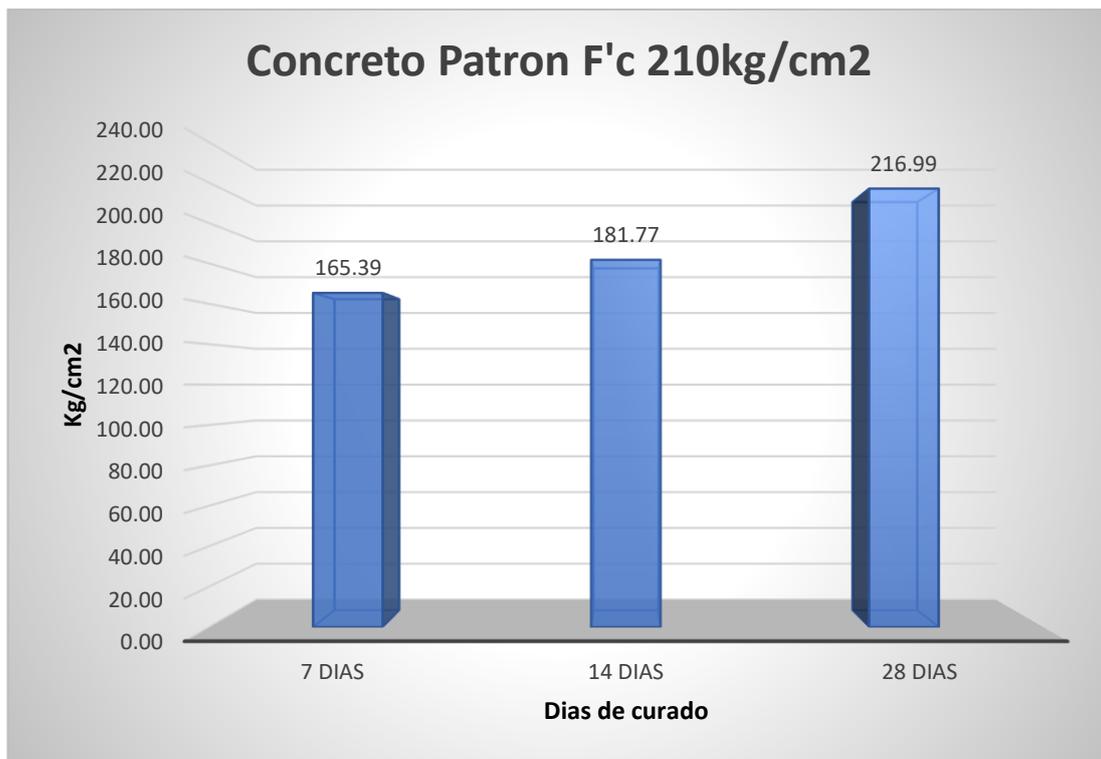
*Resultados de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> patrón.*

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	164.95	78.55
02	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	163.70	77.95
03	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	167.53	79.78
04	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	184.17	87.70
05	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	180.99	86.19
06	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	180.14	85.78
07	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	215.41	102.57
08	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	218.97	104.27
09	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	216.61	103.15

**Tabla 14**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> patrón.*

CONCRETO PATRON -----> 7 DIAS			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	164.950552	192.88	198.8
PORCENTAJE	164.950552	163.696956	167.529303
<b>PROMEDIO</b>	<b>165.39</b>		
CONCRETO PATRON -----> 14 DIAS			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	219.44	213.73	214.92
PORCENTAJE	184.171286	180.991032	180.141322
<b>PROMEDIO</b>	<b>181.77</b>		
CONCRETO PATRON -----> 28 DIAS			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	233.11	238.23	246.8
PORCENTAJE	215.40684	218.965353	216.606575
<b>PROMEDIO</b>	<b>216.99</b>		



**Figura 8.** Promedio de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días de curado del patrón.

**Tabla 15**

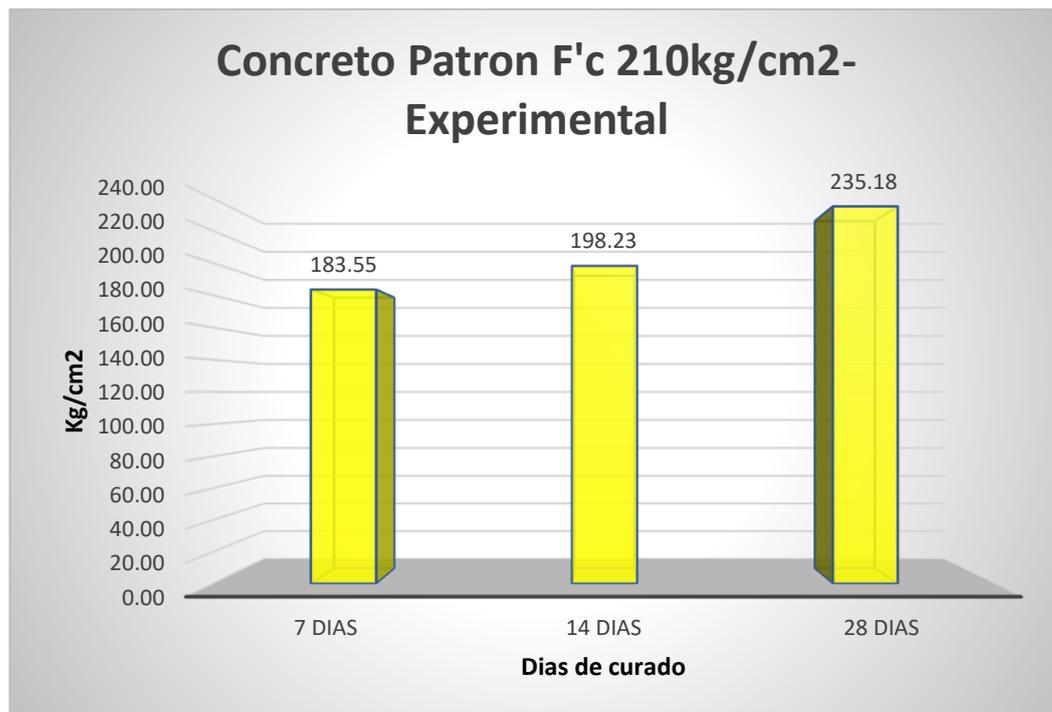
*Resultados de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> experimental.*

N°	TESTIGO	SLUM P (“)	FECHA		EDA D DIAS	FC Kg/Cm 2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDE O	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	10/12/202 1	7	186.36	88.74
02	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	10/12/202 1	7	180.12	85.77
03	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	10/12/202 1	7	184.17	87.70
04	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	17/12/202 1	14	197.48	94.04
05	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	17/12/202 1	14	202.27	96.32
06	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	17/12/202 1	14	194.94	92.83
07	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	31/12/202 1	28	231.77	110.37
08	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	31/12/202 1	28	239.72	114.15
09	EXPERIMENTAL	-	03/12/202 1	31/12/202 1	28	234.06	111.46

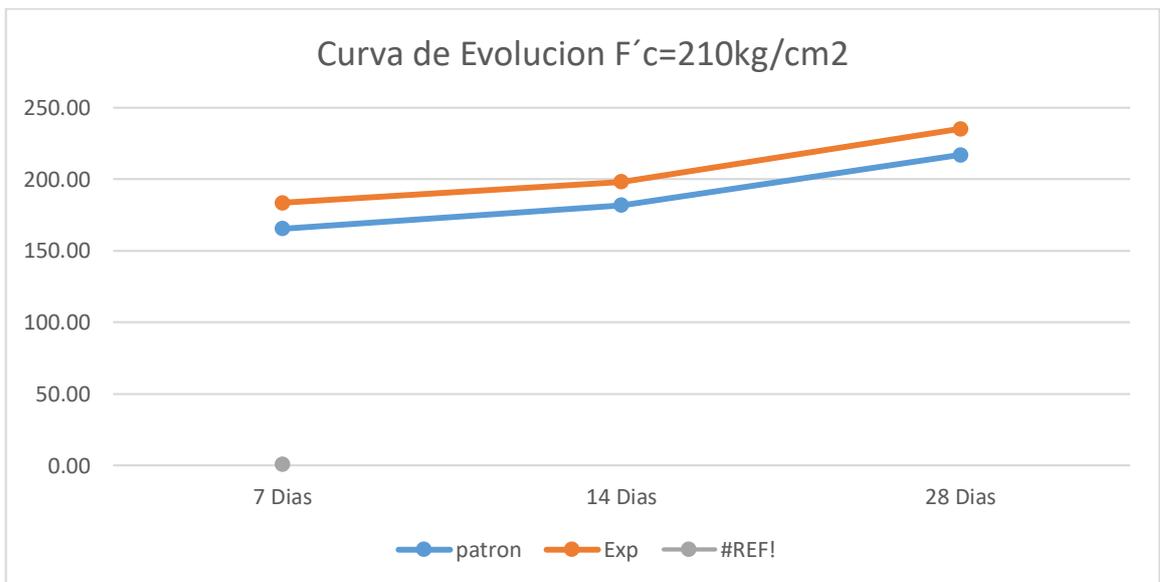
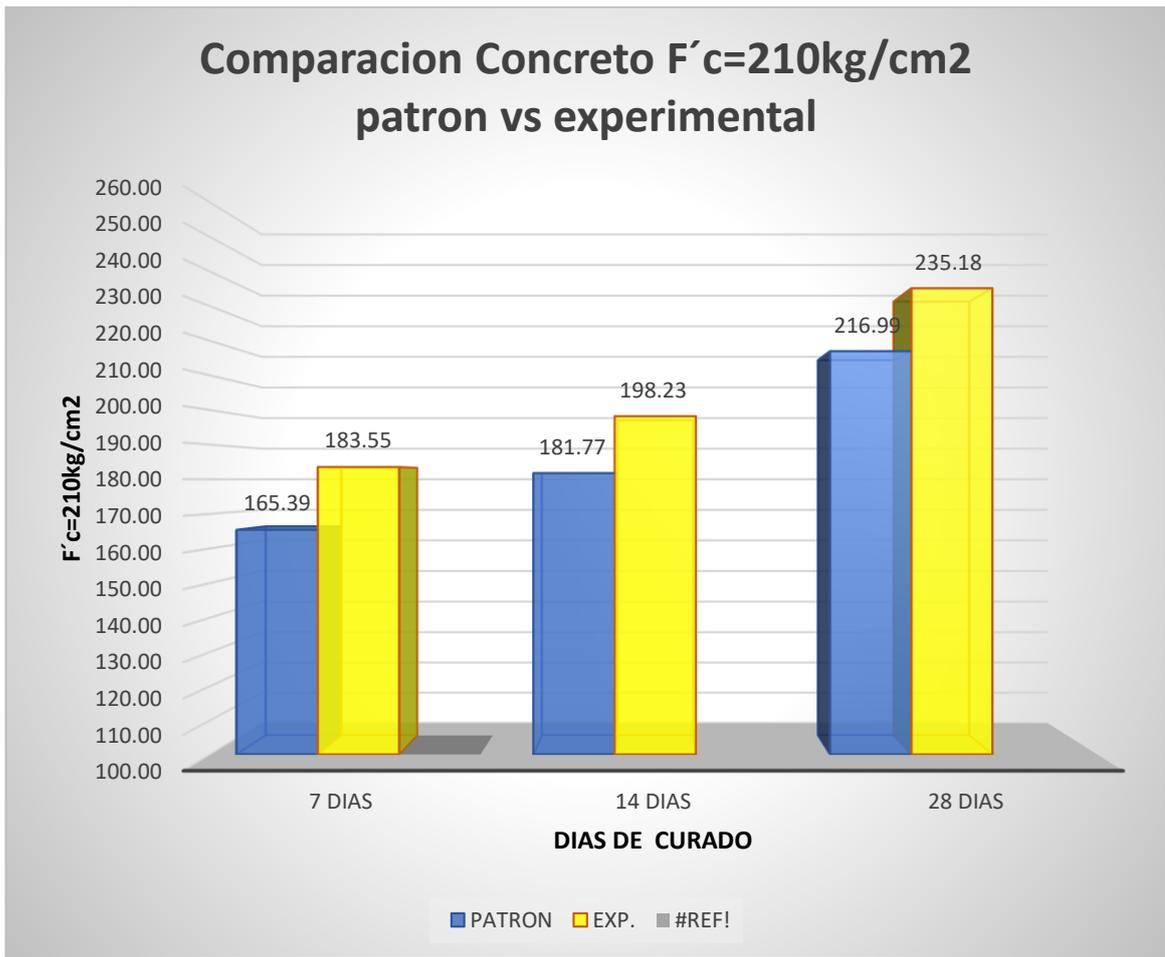
**Tabla 16**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  experimental.*

<b>CONCRETO PATRON -----&gt; 7 DIAS</b>			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	186.358444	192.88	198.8
PORCENTAJE	186.358444	180.1214	184.171286
<b>PROMEDIO</b>		<b>183.55</b>	
<b>CONCRETO PATRON -----&gt; 14 DIAS</b>			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	219.44	213.73	214.92
PORCENTAJE	197.484873	202.268203	194.939229
<b>PROMEDIO</b>		<b>198.23</b>	
<b>CONCRETO PATRON -----&gt; 28 DIAS</b>			
PROBETA	A	B	C
KG/CM2	233.11	238.23	246.8
PORCENTAJE	231.766853	239.715187	234.057255
<b>PROMEDIO</b>		<b>235.18</b>	



**Figura 9.** Promedio de resistencia a la compresión de 7,14 y 28 días de curado del experimental.



**Figura 10.** Comparacion de la resistencia a la compresión de 7,14 y 28 patron VS experimental

## Inferencia estadística

**Tabla 17**

*Comparación entre diseño patrón y diseño experimental por la combinación de arcilla natural activada y ceniza de huarango en sustitución del cemento  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  según medidas estadísticas y tiempo de ruptura*

MEDIDAS ESTADÍSTICAS	DISEÑO PATRON			DISEÑO EXPERIMENTAL 7% combinación de arcilla natural activada y ceniza de huarango		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
<b>MEDIA ARITMETICA</b>	165.39 Kg/cm <sup>2</sup>	181.76 Kg/cm <sup>2</sup>	216.99 Kg/cm <sup>2</sup>	183.55 Kg/cm <sup>2</sup>	198.23 Kg/cm <sup>2</sup>	235.18 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>VARIANZA</b>	2.543 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	3.008 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	2.187 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	6.682 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	9.236 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	11.165 (Kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>	1.594 Kg/cm <sup>2</sup>	1.734 Kg/cm <sup>2</sup>	1.478 Kg/cm <sup>2</sup>	2.584 Kg/cm <sup>2</sup>	3.039 Kg/cm <sup>2</sup>	3.341 Kg/cm <sup>2</sup>

### Cálculo medidas estadísticas: diseño patron

**I.- PARA 7 DIAS:**

**1.- MEDIA ARITMETICA:**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{496.18}{3} = 165.39 \text{ kg/cm}^2$$

**2.- VARIANZA:**

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(164.95 - 165.39)^2 + (163.70 - 165.39)^2 + (167.53 - 165.39)^2}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(0.20 + 2.867 + 4.57)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 2.543 \%$$

$$S(x) = 1.594 \%$$

II.- PARA 14 DIAS:

1.- MEDIA ARITMETICA:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{545.30}{3} = 181.76 \text{ kg/cm}^2$$

2.- VARIANZA:

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(184.17 - 181.76)^2 + (180.99 - 181.76)^2 + (180.14 - 181.76)^2}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(5.78 + 0.603 + 2.65)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 3.008 \%$$

$$S(x) = 1.734 \%$$

III.- PARA 28 DIAS:

1.- MEDIA ARITMETICA:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{650.99}{3} = 216.99 \text{ kg/cm}^2$$

2.- VARIANZA:

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(215.41 - 216.99)^2 + (218.97 - 216.99)^2 + (216.61 - 216.99)^2}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(2.52 + 3.894 + 0.15)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 2.187 \%$$

$$S(x) = 1.478 \%$$

## Cálculo medidas estadísticas: diseño experimental

### I.- PARA 7 DIAS:

#### 1.- MEDIA ARITMETICA:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{550.65}{3} = 183.55 \text{ kg/cm}^2$$

#### 2.- VARIANZA:

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(186.36 - 183.55)^2 + (180.12 - 183.55)^2 + (184.17 - 183.55)^2}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(7.90 + 11.765 + 0.38)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 6.682 \%$$

$$S(x) = 2.584 \%$$

### II.- PARA 14 DIAS:

#### 1.- MEDIA ARITMETICA:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{594.69}{3} = 198.23 \text{ kg/cm}^2$$

#### 2.- VARIANZA:

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(197.48 - 198.23)^2 + (202.27 - 198.23)^2 + (194.24 - 198.23)^2}{3}$$

3

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(0.56 + 16.322 + 10.82)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 9.236 \%$$

$$S(x) = 3.039 \%$$

### III.- PARA 28 DIAS:

#### 1.- MEDIA ARITMETICA:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i}{n} = \frac{705.55}{3} = 235.18 \text{ kg/cm}^2$$

#### 2.- VARIANZA:

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(X1-\bar{X})^2 + (X2-\bar{X})^2 + (X3-\bar{X})^2}{n}$$

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(231.77 - 235.18)^2 + (239.72 - 235.18)^2 + (234.06 - 235.18)^2}{3}$$

3

$$V(x) = S_x^2 = \frac{(11.65 + 20.581 + 1.26)}{3}$$

$$V(x) = S_x^2 = 11.165 \%$$

$$S(x) = 3.341 \%$$

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Según el índice de plasticidad y límite líquido, se indica que se encuentra en una arcilla inorgánica medianamente plástica. Podemos observar que tenemos un índice de plasticidad bajo según la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, pero se encuentra en el rango de las arcillas inorgánicas, y gracias a ellas podemos interpretar que las arcillas se aproximan a una especie de arcilla mormonita, debido al alto porcentaje de ligamento (73.30%).

En cuanto al análisis térmico diferencial efectuado, se evidencia en la fig. 4, el procedimiento que pasa la arcilla previo a transformarse en óxidos, en un rango de 70°C y 130 °C, en el cual se pierde masa de agua, en el tramo 450 y 530°C inicia un cambio de fase, pasando de elementos a óxidos, generándose óxidos primordiales, como en el caso del (SiO<sub>2</sub>) y el (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Examinando los resultados de la Fig. 5, se aprecia un cambio en la estructura del material, a causa de un ligero pico endotérmico a 540°C, siendo el punto donde ocurre la activación del óxido del material, la temperatura de calcinación de la arcilla es de 540 ° C durante 60 minutos;

para la ceniza de huarango, ver Fig. 6, atendiendo al análisis Termo gravimétrico se observa una gran estabilidad térmica del material, indicando indicando que la primera perdida es 85 a 120 °C y la segunda entre 230 y 350 °C, lo que representa una perdida de 64% cuando se consigue la máxima temperatura de ensayo. Cuando se alcanzó la temperatura de prueba más alta y se analizaron los resultados de la Fig. 7. Según el estudio calorimétrico, la curva muestra un (1) pico de absorción térmica cerca de 100°C y una (1) de menor intensidad a 220°C. y otro pico mas intenso a 380°C, con gran posibilidad de existir cambio estructural y en las características del material. Para la activación de la ceniza de huarango durante 60 minutos en la mufla.

Como puede verse en los resultados de la Tabla 11, Obtenidos de la Difracción de Rayos X para el estudio de la composición estructural de las arcillas naturales activadas, que evidencia los porcentajes más significativos hallados, que son el (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y (SiO<sub>2</sub>). Los resultados muestran que tenemos un material con estupenda capacidad absorbente. Respecto a la Tabla 12, se muestra que las cenizas de huarango

, son la composición química obtenida en el experimento de combustión en condiciones de operación, muestra que el CaO es el componente primordial con un valor de alrededor del 48.502%, en masa seguido del K<sub>2</sub>O (24.966%), MnO (18.964).%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(2.928%) entre otros componentes.

En cuanto a la resistencia a la compresión se observa que los 7 días iniciales de curado la mayor resistencia consigue la sustitución del cemento por la mezcla de arcilla y ceniza de huarango , seguido del diseño patrón.

Observamos que a los 14 días de curado, del cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango alcanzó la máxima resistencia, seguido del diseño estándar , el sustituto de 28 días alcanzó la máxima resistencia de la combinación de arcilla y ceniza de huarango en base al patrón.

También encontramos que estadísticamente al emplear la prueba de hipótesis de diferencia de medias, hay una diferencia significativa entre las medias de las resistencias de las pruebas que fueron sometidas a ruptura a los 28 días, es decir cuando se sustituye un porcentaje del 7% de cemento de la combinación de arcilla natural activada y ceniza de huarango en un cemento  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , lo que implica que se logra una mayor resistencia a la compresión considerando un nivel de confianza del 5% respectivamente.

## CONCLUSIONES

AL realiza el análisis térmico diferencial de la arcilla se activa térmicamente a 540 ° C y la ceniza de huarango se activa térmicamente a 380 ° C. Esta es la temperatura ideal, a causa del cambio de fase, generando óxidos que son beneficiosos para tener el material absorbente requerido durante 60 minutos, Para la activación de la ceniza de huarango durante 60 minutos en la mufla.

Por medio de los ensayos de fluorescencia de Rayos X de la Universidad Nacional de San Marcos, la arcilla incluye (SiO<sub>2</sub>) con 34.598% y de (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con 31.654%, se concluye que el gran porcentaje de silicio ayudo a mejorar la resistencia del concreto y las cenizas de huarango por si alto porcenta de (CaO) con 48.502% muestran una gran combinacion con el calcio par mejora la resistencia del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/Cm}^2$ .

Luego de ejecutar los ensayos básicos para diseño de la mezcla método ACI según el diseño, se procedio a realizar el especifico que es de cemento de 3.12, en cuanto a la muestra experimental de 3.01 bajambdo el peso especifico acercando a un peso especifico de un cemento tipo V que es de mejor calidad, después se procedio a calcular los diseño de mezcla, que fueron dos un patrón y un experimental solamente un experimental porque es la combinacion 3% de arcilla y 4% de ceniza de huarango, tambien se realizo el PH del cemento obteniendo un 12.40% y la combinación de muestra experimental 12.48% obteniendo en la muetra experimental un material mas alcalino, después se determino la relación agua-cemento, siendo está 0.70, con la cual obtuvimos un SLUMP de la muestra patrón 3.60", la muestra experimental al suplir el cemento por la combinacion de arcilla y ceniza de huarango se obtiene un SLUMP de 3.80" con una relación agua y cemento de 0.71.concluyendo que la muestra experimental se hace mas trabajamble, la resistencia a la compresión aumentó después de 28 días superando en un 8.68% en comparacion con el concreto convencional, finalmente podemos concluir que al agrégale 7% de la combinacion de arcilla y ceniza de huarango mejora resistencia a la compresión.

Según la interpretación estadistia, podemos concluir que no existe dispercion porque no exede el 10% de la desviación standars en la muestras patrón y experimental.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar el estudio aumentando el tamaño de la muestra para una precisión estadística mejor, más precisa y más fiable.
- Se recomienda realizar estudios más detallados para conocer más a profundidad sobre la arcilla ya que dieron buenos resultados y superando así a la de un concreto convencional.
- Se recomienda utilizar porcentajes con decimales de la ceniza de guarango y la arcilla para ver la curva de descenso en el comportamiento del concreto
- Se recomienda innovar otras cenizas todo su proceso de análisis para verificar diferencias de resistencia a través de pruebas de compresión.
- Se recomienda reemplazar el cemento por ceniza, en combinación lo más homogénea posible para que la composición se distribuya de forma eficaz y se eviten equivocaciones futuras.

### Referencias bibliográficas

- Abanto, F. (2000). *Tecnología del concreto*. Lima-Perú: Edición: San Marcos.
- Abanto, F. (2008). *Tecnología del concreto - Teoría y problemas*. Lima-Perú: San Marcos.
- Absalón, V. M., & Salas, R. A. (2008). *Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el estado de Mérida*. Venezuela: Universidad de los Andes-Facultad de Ingeniería.
- Aburto, Z. (2017). *Influencia del aloe vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural*. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo-Facultad de Ingeniería.
- ACI 212. (2010). *Informe sobre Aditivos Químicos*. Farmington Hills-Michigan: American Concrete Institute.
- ACI 212.3R-10. (2010). *Report on Chemical Admixtures for Concrete*. EE.UU.: American Concrete Institute.
- ACI 318-14. (2015). *Requisitos de Reglamento para concreto Estructural*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI 350. (2001). *Código de Requerimientos para estructuras de concreto de ingeniería ambiental*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Ahlawat, K., & Khatkar, B. (2011). Procesamiento, aplicaciones alimentarias y seguridad del aloe vera. *Journal of Food Science and Technology*, 525-533.
- Aloe Vera Las Coronas. (2017). *Propiedades del Aloe Vera*. Obtenido de Aloe Vera Las Coronas: <https://aloeveralascoronas.com/es/>
- ASTM C150-07. (2003). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. West Conshohocken: ASTM International.

- ASTM C156-02. (2002). *Método de prueba estándar para la retención de agua por materiales de curado de concreto*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C192/C192M-02. (2003). *Práctica normalizada para la preparación y curado de las muestras de ensayo de Hormigón en el laboratorio*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C219-14. (2014). *Terminología estándar relacionada con el cemento hidráulico*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C31/C31M-03. (2003). *Práctica estándar para hacer y curar especímenes de prueba de concreto en el campo*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM C39/C39M. (2010). *Método de ensayo normalizado para resistencia a la Compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. West Conshohocken: Annual Book of ASTM Standards.
- Cabello, S., Zapata, P., Campuzano, L., Espinoza, J., & Sanchez, C. (2015). Concreto Poroso. *Revista Científica: CUMBRES*, 64-69.
- Carrodegua, A. (20 de Mayo de 2016). *Naturaleza Tropical*. Obtenido de Conoce y cultiva de la mejor forma a tu Sábila, Aloe Vera: <https://naturalezatropical.com/cultivo-sabila-aloe-vera/>
- Castañeda, M. (2016). *Resistencia y permeabilidad de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de mucílago de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*)*. Chimbote: Universidad San Pedro-Facultad de Ingeniería.
- CEB-FIP. (1993). *CEB-FIP MODEL CODE 1990: Design Code*. Comité Euro-Internacional del Hormigón y la Federación Internacional del pretensado.
- Chandra, S., Eklund, L., & Villarreal, R. (1998). Uso del cactus en morteros y concretos. *Cement and Concrete Research*, 41-51.
- Comité ACI-308. (2010). *Curado del concreto*. Farmington Hills-Michigan: American Concrete Institute.

- Domínguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderón, G., . . . Gutiérrez, G. (2012). EL gel de Aloe Vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Científica*, 24-25.
- Estrada, C. G., & Paéz, R. (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. México: Universidad Veracruzana-Facultad de Ingeniería.
- Fernandez, R., & Navas, A. (2011). *Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Ferraro, G. (2009). Revision de la Aloe vera (Barbadensis Miller) en la dermatología actual. *SCielo - Revista argentina de dermatología*. Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-300X2009000400004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2009000400004&lng=es&tlng=es)
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto*. Lima-Perú: Fondo Editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú.
- Hermida, G. (2013). *Concreto Impermeable, Una mirada reciente*. México: Sika Informaciones Técnicas.
- Hermida, G. (2014). *Concreto impermeable*. Colombia: Boletín de Sika.
- Hernández, F. (2018). *Materiales Basados en Cemento*. Oaxaca-México: Agencia informativa Conacyt.
- Hernández, J. B., & Serrano, G. (2003). *Uso del mucílago en la industria de la construcción*. México: Actas IX Mexicanas y VII Congreso Internacional sobre conocimiento y uso de Nopal.
- Hernandez, O., & Mendoza, C. (2005). *Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico*. México: División Estudios de Postgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Interamericana Editores.
- Hewlett, P. (2004). *Chemistry of cement and concrete* (Cuarta ed.). Elsevier Science & Technology Books.
- Huerto, W. (2018). *Comparación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c=450$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando el 4% y 6% de mucílago de tuna y superplastificante sika n290 al cemento*. Huaraz-Perú: Universidad San Pedro-Facultad de Ingeniería.
- Instituto del Cemento y del Concreto, A.C. (2008). Concreto Permeable. *Revista construcción y Tecnología*, 9.
- Instituto del concreto. (1997). *Manual de Tecnología y Propiedades*. Colombia: Asociación colombiana de productores de concreto-ASOCRETO.
- Instituto Mexicano del cemento y del Concreto. (2000). *Avances en la Tecnología del concreto*. México: IMCYC.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois-USA: Portland Cement Association.
- Loya, L. (2017). *Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de Yanacancha, Pasco-2017*. Cerro de Pasco-Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Manvitha, K., & Bidya, B. (2014). Aloe vera: a wonder plant its history, cultivation and medicinal uses. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 85-88.
- Mathieu, G., & Sari, J. (1994). *Estudio de torres de agua, embalses, tanques y cuencas: Condiciones y la impermeabilidad*. Niza-Francia: CANMET/ACI International Conference.

- Mattio, M. (2014). *La permeabilidad al agua como parámetro para evaluar la durabilidad del hormigón*. Córdoba-Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Morales, V. (2015). *Estudios de concretos de alta durabilidad*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Moreno, Á., Viridiana, H., Báez, E., Báez, G., & León, A. (2017). *Formacion del mucílago de Aloe vera*. México: Universidad Autónoma Indígena de México.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima-Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- Mujica, A., & Plasencia, O. (2018). *Características mecánicas de un concreto premezclado en seco "concreto rápido"  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y su costo comparativo (Tesis de Pregrado)*. Trujillo-Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1998). *Tecnología del concreto*. EE. UU.: Trillas.
- Niño, J. (2010). *Tecnología del concreto*. Bogotá-Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO.
- Norma E.060 . (2009). *Concreto Armado*. Lima-Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- NTP 339.008. (2006). *Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.

- NTP 339.185. (2013). *Contenido de humedad de los agregados*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 400.012. (2013). *Ensayo de granulometría, módulo de fineza y tamaño máximo nominal de los agregados*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 400.017. (2011). *Peso unitario de los agregados*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 400.021. (2013). *Peso específico y Porcentaje de absorción del agregado grueso*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 400.022. (2013). *Peso específico y Porcentaje de absorción del agregado fino*. Lima-Perú: NTP 400.022.
- NTP 400.037. (2014). *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- NTP 400.201. (2013). *Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado Grueso*. Lima-Perú: Norma Técnica Peruana.
- Odler, I. (2000). *Cementos inorgánicos especiales* (Primera ed.). E&FN Spon.
- Ottazzi, G. (2004). *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Peña, J. (2018). *Resistencia a la compresión de mortero con Cemento sustituido al 7% y 10% por mucílago de Aloe Vera (Sábila) (Tesis de grado)*. Chimbote-Perú: Universidad San Pedro-Facultad de Ingeniería.
- Risco, E. (2017). *Comportamiento de la trabajabilidad y Resistencia a la Compresión del concreto adicionado con extracto de Sábila, Ciudad de Barranca-2016 (Tesis de Grado)*. Huaraz-Perú: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Rivera, G. (2010). *Concreto Simple*. Universidad del Cauca.

- Rivva, L. E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima-Perú: ACI Perú.
- Sanjuan, M., & Castro, P. (2001). Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto. *Revista IMCYC*, 1.
- Sarmiento, J. (2006). *Proceso de extraccion y concentracion del mucílago de sábila*. Bogotá-Colombia: Ingeniería y Tecnología de procesos.
- Schweizer, M. (1994). Aloe Vera: La planta que cura. *APB Nouvelle imprimerie laballery*, 37-42.
- SENSICO. (2014). *Manual de Preparación, colocación y cuidados del concreto*. Lima-Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Capacitación.
- Taylor, H. F. (1997). *Quimica del cemento* (Segunda ed.). Escocia: Editorial Thomas Telford.
- Torre, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Torres, A., Celis, C., Martínez, W., & Lomelí, M. (2010). *Mejora en la durabilidad de materiales a base de cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Valcuende, M., Marco, E., Jardón, R., & Gil, A. (2009). *Evolución de la resistencia del hormigón con la edad y la temperatura*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Vidaud, E. (2014). *Aditivos químicos y su impacto en el medio ambiente*. México: Construcción y tecnología en concreto.

# **ANEXO**

## Matriz de consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables
<p>¿Cuál es el efecto de la sustitución la combinación 3% y 4% de cemento por Arcilla y ceniza de Huarango en la resistencia de probetas de concreto de <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> Cajamarca 2021.?</p>	<p>La sustitución de cemento en la combinación 3% y 4% por Arcilla y ceniza de Huarango aumentara la resistencia del concreto de <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> Cajamarca 2021.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>La sustitución de cemento en la combinación 3% y 4% por Arcilla y ceniza de Huarango aumentara la resistencia del concreto de <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup> Cajamarca 2021.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el rango de activación de la arcilla y la ceniza de Huarango mediante la activación térmica Diferencial.</li> <li>- Determinar la composición química de la arcilla y la ceniza de Huarango mediante el ensayo</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente.</b></p> <p>Resistencia a compresión del concreto.</p> <p><b>Variable independiente.</b></p> <p>Arcilla y ceniza de Huarango</p>

		<p>de fluorescencia de rayos x.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Determinar la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.</li><li>- Interpretar y comprobar los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón y experimental, mediante la validez estadística.</li></ul>	
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--



Figura 11. Extracción de la arcilla.

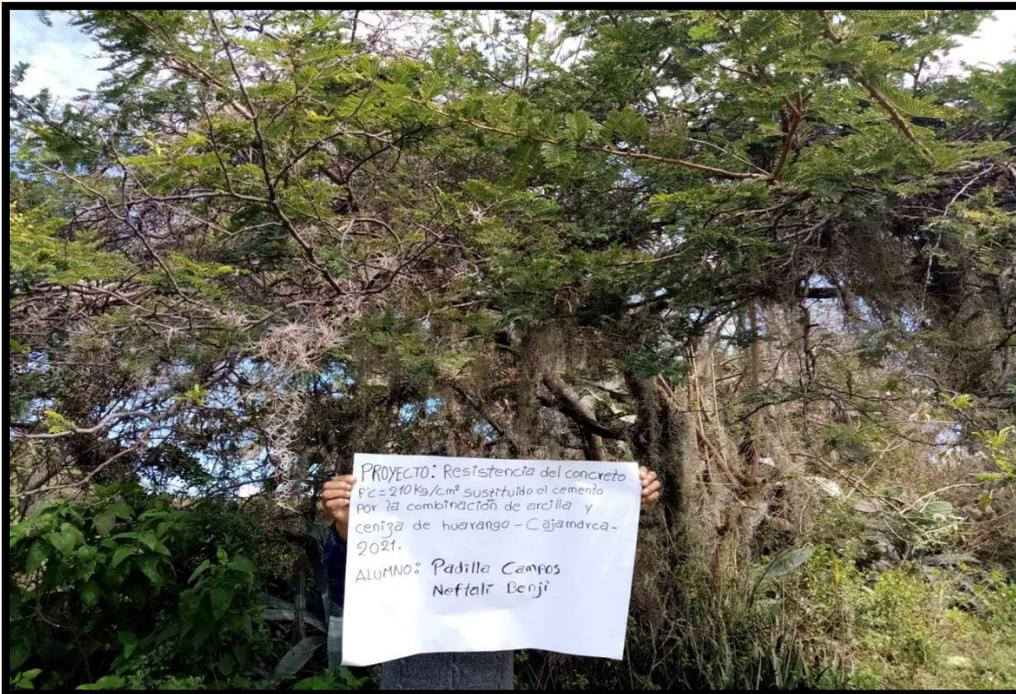


Figura 12. Vista de la planta de huarango.

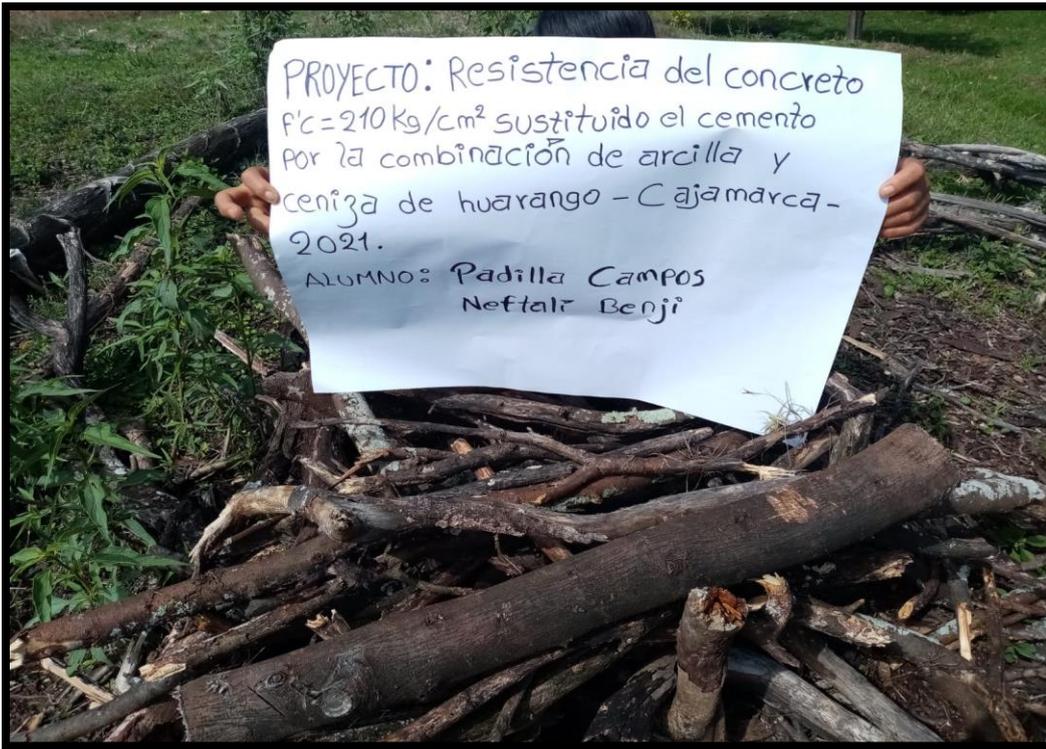


Figura 13. Madera de huarango seco listo para prequemado.

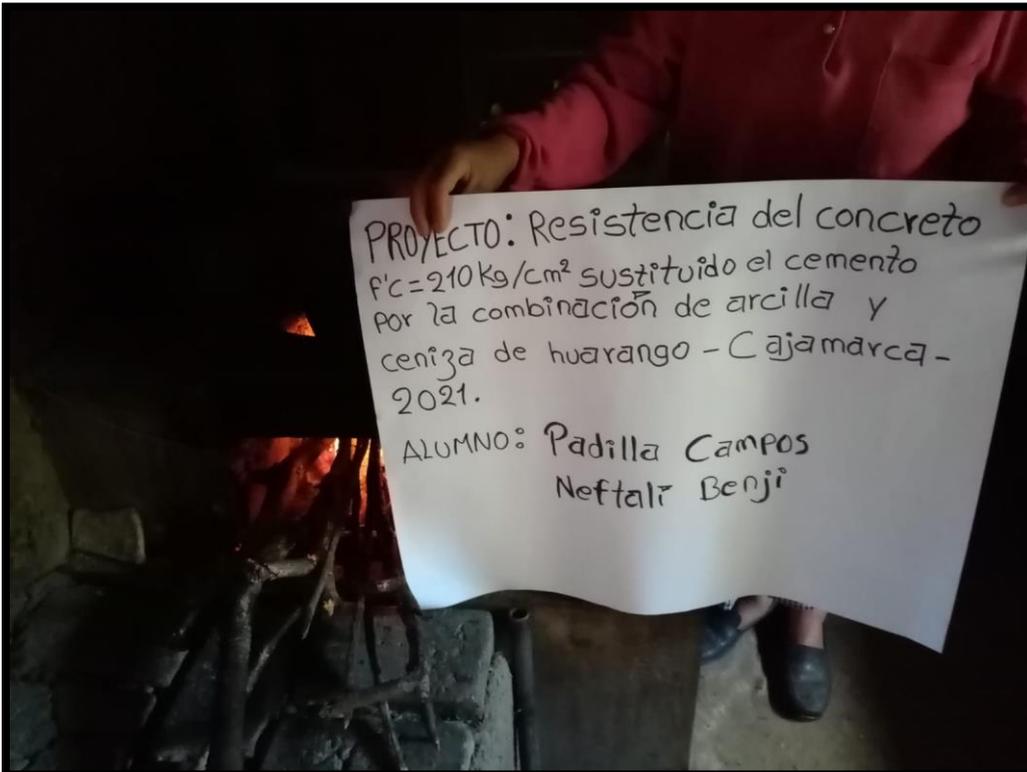


Figura 14. Realizando el prequemado de la madera de huarango

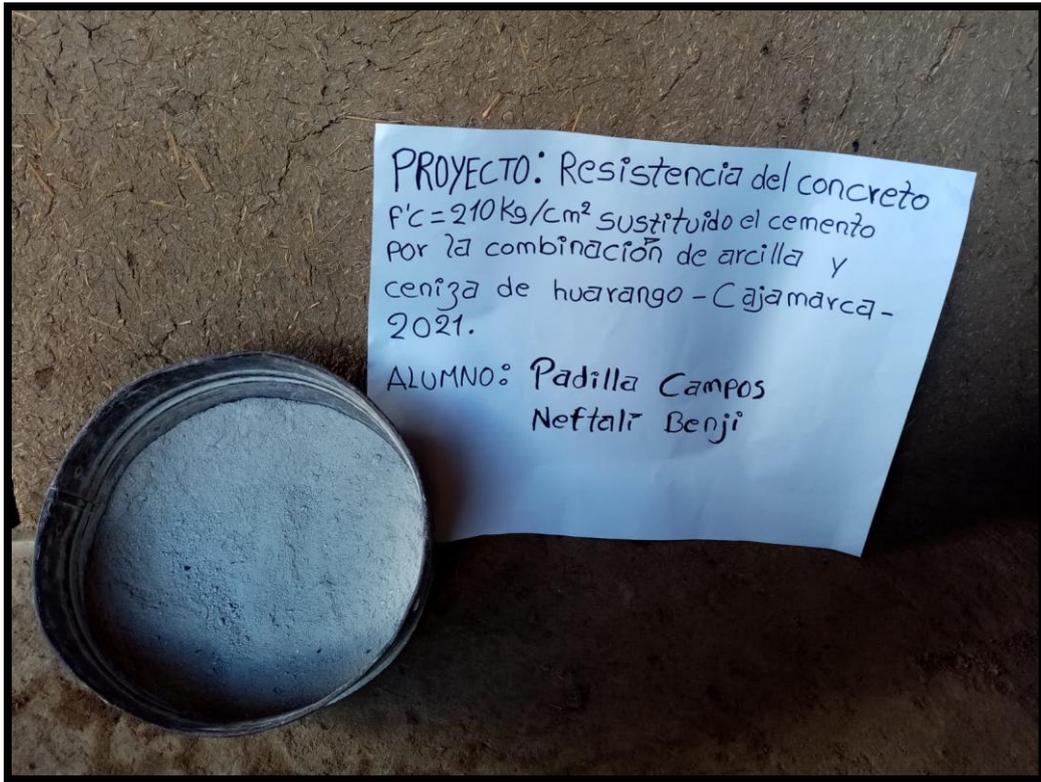


Figura 15. Después del prequemado se obtienen las cenizas de huarango listo para la activación.

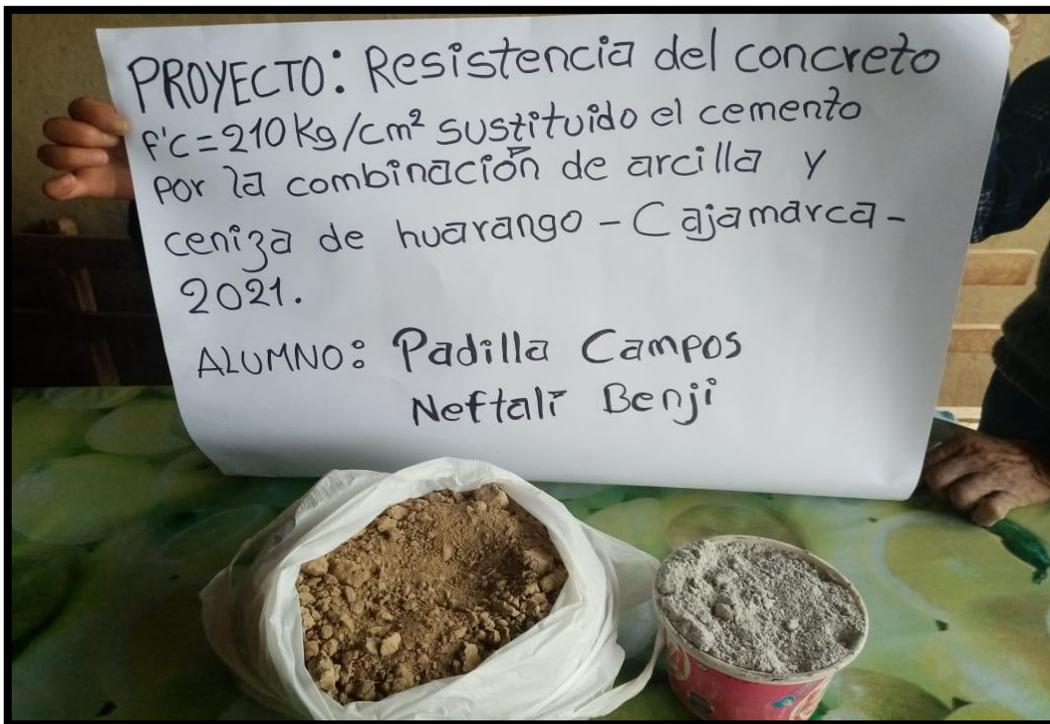


Figura 16. Finalmente se obtiene la arcilla y las cenizas de huarango.



*Figura 17.* Moldeando la arcilla para realizar los limites de consistencia.



*Figura 18.* Finalizando los limites de consistencia.



*Figura 19.* Coordenadas de la cantera Besique proveedor del agregado fino



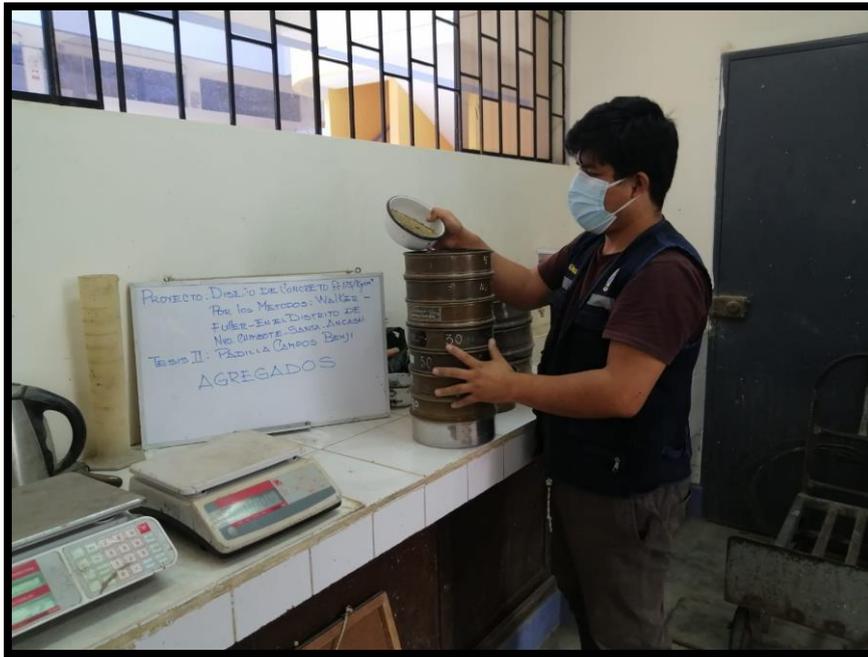
*Figura 20 .* Traslado del añadido delgado de la cantera Besique



*Figura 21.* Coordenadas de la cantera Comincal, proveedor del añadido espeso



*Figura 22.* Traslado del agregado grueso desde la cantera Comincal



*Figura 23.* Tamizaje del añadido delgado para hallar el modelo de sutileza



*Figura 24.* Pesaje del añadido delgado



*Figura 25.* Muestras pasantes del tamizaje del añadido espeso y delgado



*Figura 26.* Humedeciendo el añadido



*Figura 27.* Agregados en el horno para hacer el ensayo



*Figura 28.* Realizando la prueba del cono del agregado fino.



*Figura 29.* Agregando el agregado fino dentro de la fiola



*Figura 30.* llenado con agua la fiola



**Figura 31.** Absorviendo los vacios del fondo de la fiola.



**Figura 32.** Cuarteo del añadido espeso para la prueba de P.U. compactado y seco



**Figura 33.** Pesaje del añadido espeso para la prueba de P.U. compactado y seco



**Figura 34.** Muestras del agregado fino en la tara



*Figura 35.* Cuarteo de los agregados fino y grueso listo para el ensayo



*Figura 36.* Vaciado del agregado fino al trompo



**Figura 37.** Vaciado del agregado grueso al trompo



**Figura 38.** Vaciado de concreto a las probetas



**Figura 39.** Chuseado del concreto para el concreto



**Figura 40** Golpes a la probeta con el martillo de goma



*Figura 41.* Dejando las probetas de concreto para su tiempo de fragua.



*Figura 42.* Desencofrando las probetas al día siguiente de su vaciado.



**Figura 43.** Realizando el ensayo a la compresión de las probetas de concreto endurecido patron.



**Figura 44.** Realizando el ensayo a la compresión de las probetas de concreto endurecido experimental.



**Figura 45.** preparando las muestras para realizar el peso específico del cemento, de la ceniza de huarango, de la arcilla y de la combinación



**Figura 46.** Se procedió a realizar el ensayo de peso específico del cemento, de la ceniza de huarango, de la arcilla y de la combinación.



Trujillo, 11 de enero del 2022

**INFORME N.º 1 - EN 2022**

**Solicitante:** Neftali Benji Padilla Campos - Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 75623029

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Ceniza de huarango (1 gr)

Nº de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-1E	14 mg	Cajamarca

**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: 14 mg.



**Danny M. Chávez Novoa**  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

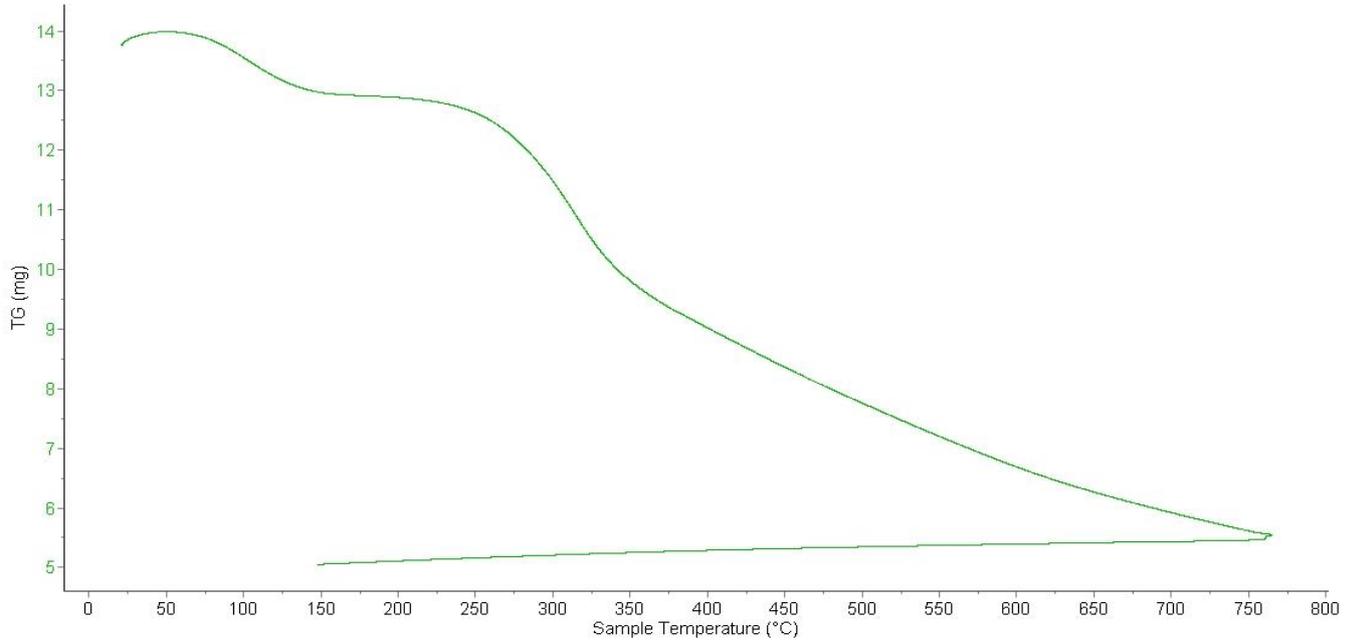


Trujillo, 11 de enero del 2022

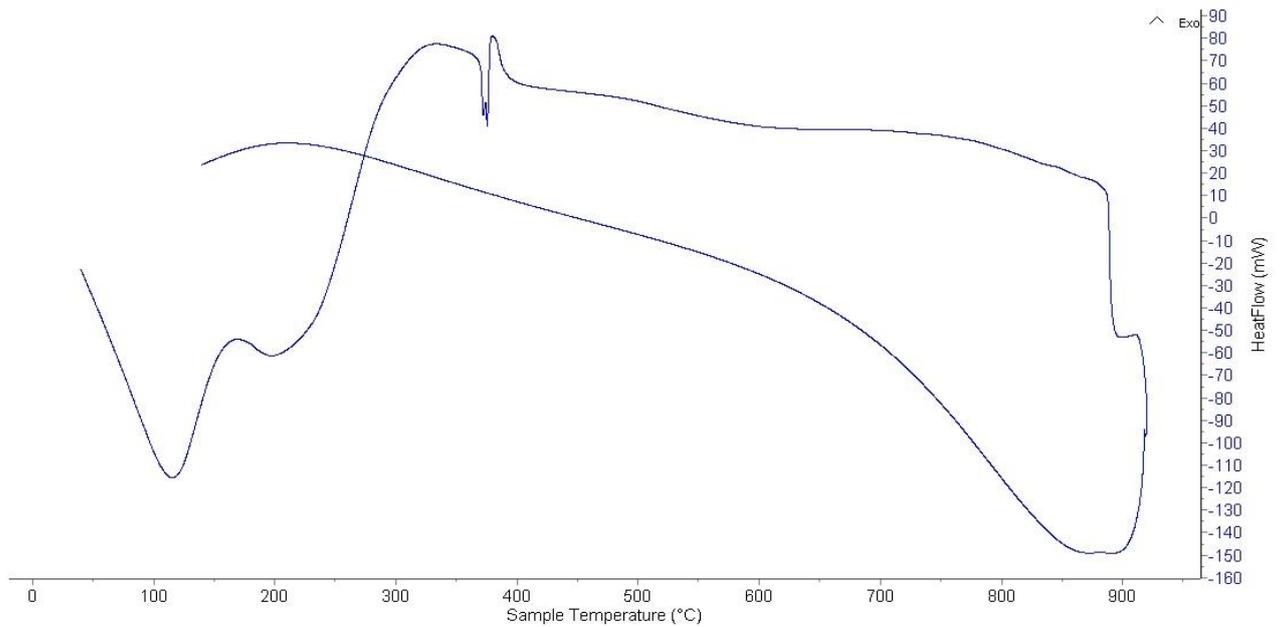
INFORME N.º 1 - EN 2022

4. Resultados:

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



II- Curva ATD





Trujillo, 11 de enero del 2022

**INFORME N.º 1 - EN 2022**

## 5. CONCLUSION:

1. El análisis TGA muestra importantes caídas de la masa del material como consecuencia de ser sometida al incremento de temperatura, la primera se da entre 85 y 120°C y la segunda se da entre 230 y 350°C. El material llega a perder un aproximado de 64% cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas ligeras bandas endotérmicas en torno a 100°C y en torno a 220 °C, posteriormente se muestra u ligero pico de absorción de calor a 380°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 11 de enero del 2022



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



Trujillo, 11 de enero del 2022

**INFORME N° 02 - EN-22**

**Solicitante:** Neftali Benji Padilla Campos – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 75623029

**Supervisor:** .....

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

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-2E	39.6 mg	Cajamarca

**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: 39.6 mg.



**Danny M. Chávez Novoa**  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa



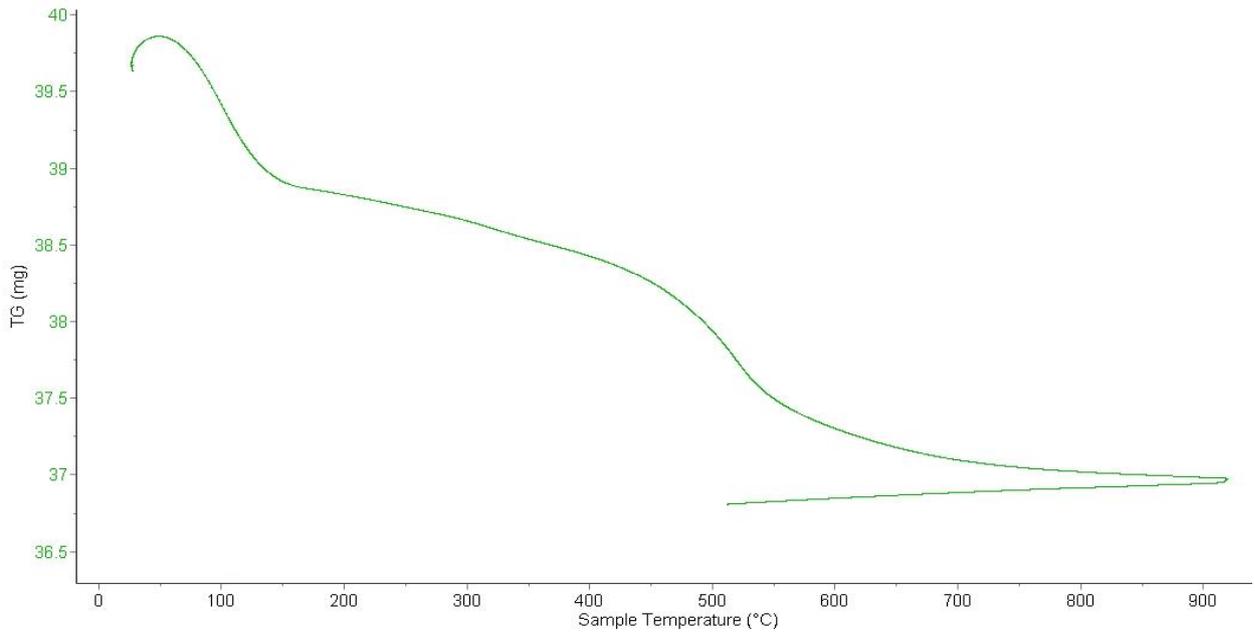
Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

Trujillo, 11 de enero del 2022

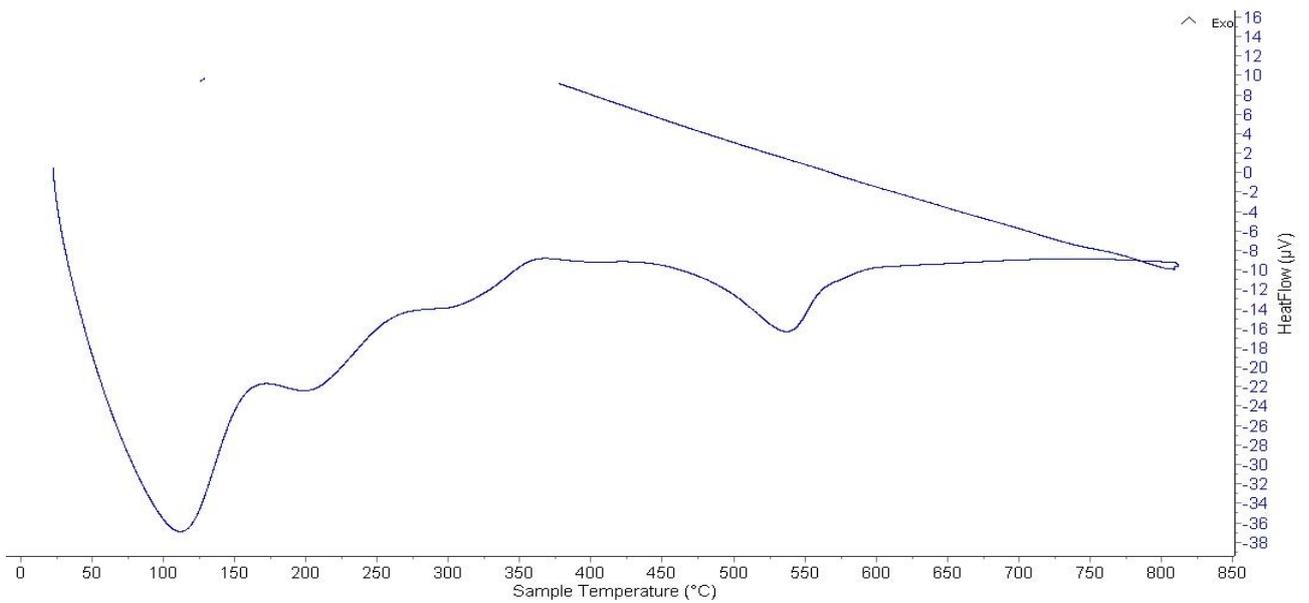
INFORME N° 02 - EN-22

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termogravimétrico.



II- Curva ATD





Trujillo, 11 de enero del 2022

**INFORME N° 02 - EN-22**

**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 10 % 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, 11 de enero del 2022



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



### INFORME TÉCNICO N° 0036 – 22 – LABICER

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : NEFTALI BENJI PADILLA CAMPOS
  - 1.2 DNI : 75623029
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 12 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 12 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 01 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE HUARANGO
  - 4.2 PROCEDENCIA : CACHACHI – CAJABAMBA – CAJAMARCA
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65%
- 7. EQUIPO UTILIZADO** : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA. SHIMADZU, EDX 800HS.
- 8. RESULTADOS**
  - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	71.676	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(1)</sup>
Magnesio, Mg	11.917	
Potasio, K	8.302	
Silicio, Si	2.637	
Aluminio, Al	1.783	
Estroncio, Sr	1.640	
Hierro, Fe	0.668	
Azufre, S	0.596	
Fósforo, P	0.456	
Titanio, Ti	0.202	
Circonio, Zr	0.083	
Molibdeno, Mo	0.040	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.



## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de calcio, CaO	48.502	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(1)</sup>
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	24.966	
Óxido de magnesio, MgO	18.964	
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.928	
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	2.335	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.719	
Óxido de estroncio, SrO	0.691	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.625	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.127	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.074	
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.045	
Óxido de molibdeno, MoO <sub>3</sub>	0.024	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

<sup>(2)</sup> Resultados expresados en óxidos ha pedido del solicitante.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

  
Bach. Kevin Sulca Q.  
Analista químico  
LABICER –UNI



  
Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

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

## ANEXO



**FIGURA N°1.** MUESTRA DE CENIZA DE HUARANGO.



**FIGURA N°2.** ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA.





### INFORME TÉCNICO N° 0037 – 22 – LABICER

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : NEFTALI BENJI PADILLA CAMPOS
  - 1.2 DNI : 75623029
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 12 / 01 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 12 / 01 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 01 / 2022
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA
  - 4.2 PROCEDENCIA : CACHACHI – CAJABAMBA – CAJAMARCA
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65%
- 7. EQUIPO UTILIZADO** : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA. SHIMADZU, EDX 800HS.
- 8. RESULTADOS**
  - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	35.629	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(1)</sup>
Calcio, Ca	31.026	
Aluminio, Al	17.198	
Hierro, Fe	9.580	
Potasio, K	2.836	
Azufre, S	1.596	
Titanio, Ti	0.886	
Bario, Ba	0.744	
Fósforo, P	0.327	
Circonio, Zr	0.115	
Zinc, Zn	0.063	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.



## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	34.598	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(1)</sup>
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.654	
Óxido de calcio, CaO	16.806	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.310	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	7.354	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.537	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.477	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.185	
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.057	
Óxido de zinc, ZnO	0.019	
Óxido de bario, BaO	0.003	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

<sup>(2)</sup> Resultados expresados en óxidos ha pedido del solicitante.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

  
Bach. Kevin Sullca Q.  
Analista químico  
LABICER –UNI



  
Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

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

## ANEXO



**FIGURA N°1.** MUESTRA DE ARCILLA.



**FIGURA N°2.** ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA.





**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

(ASTM D-2216)

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Nefalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : Cominca  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 07/01/2022

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1110	1025.6
TARA + SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
PESO DEL AGUA (gr)	6.1	5.5
PESO DE LA TARA (gr)	0	0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.55	0.54
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.55	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

( ASTM D-2216)

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : Besique  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 07/01/2022

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	901.4	901.4
TARA + SUELO SECO (gr)	898.2	898.4
PESO DEL AGUA (gr)	3.2	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	201.4	201.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	696.8	697
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftali Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla  
y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : Besique  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 07/01/2022

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	669.00	669.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) $\text{cm}^3$	969.00	969.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	857.20	857.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) $\text{cm}^3$	111.80	111.80
F	Peso de material seco en estufa gr.	296.80	296.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))	108.60	108.60
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.655	2.655
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.683	2.683
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.733	2.733
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	1.08	1.08

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.655  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.683  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.733  
Absorción (%) : 1.08

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : Cominal  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 07/01/2022

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1444.50	1390.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	940.00	905.70
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	504.50	485.20
D	Peso de material seco en estufa	1434.40	1380.90
E	Volumen de masa (C-(A-D))	494.40	475.20
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.843	2.846
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.863	2.867
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.901	2.906
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.70	0.72

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.845  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.865  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.904  
Absorción (%) : 0.71

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANtera : Cominca  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 07/01/2022

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18340	18550	18650
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13240	13450	13550
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1415	1438	1449
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	1434		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1426</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19940	19400	19700
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	14840	14300	14600
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m3 )	1586	1529	1561
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b>	1559		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1550</b>		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftali Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : Besique  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 07/01/2022

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7750	7700	7680
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4390	4340	4320
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1575	1557	1549
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1560		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1553</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8390	8340	8310
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	5030	4980	4950
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1804	1786	1775
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1789		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1781</b>		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

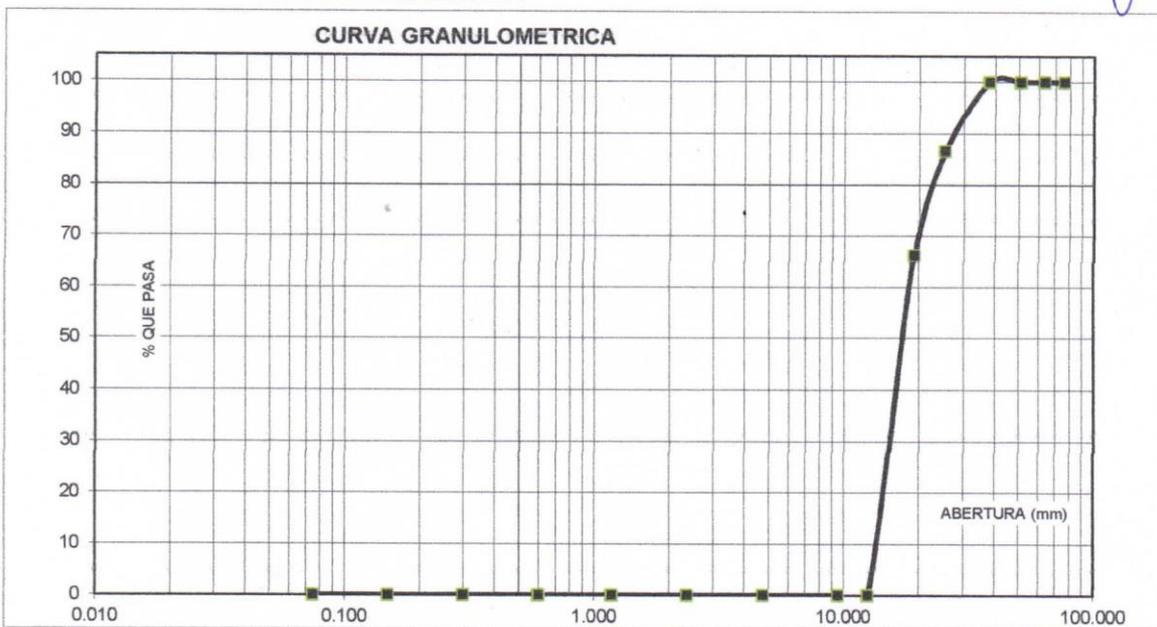
SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftali Benji  
 TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : Cominca  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 07/01/2022

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	145.0	13.4	13.4	86.6
¾"	19.100	220.0	20.4	33.8	66.2
½"	12.500	715.9	66.2	100.0	0.0
¾"	9.520	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N°8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N°50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		1080.9	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Maximo Nominal	3/4"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
**Ing. Miguel Solar Jara**  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Finos y Arcilla	Limo	Arena			Grava	
		Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftali Benji  
 TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : Besique  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 07/01/2022

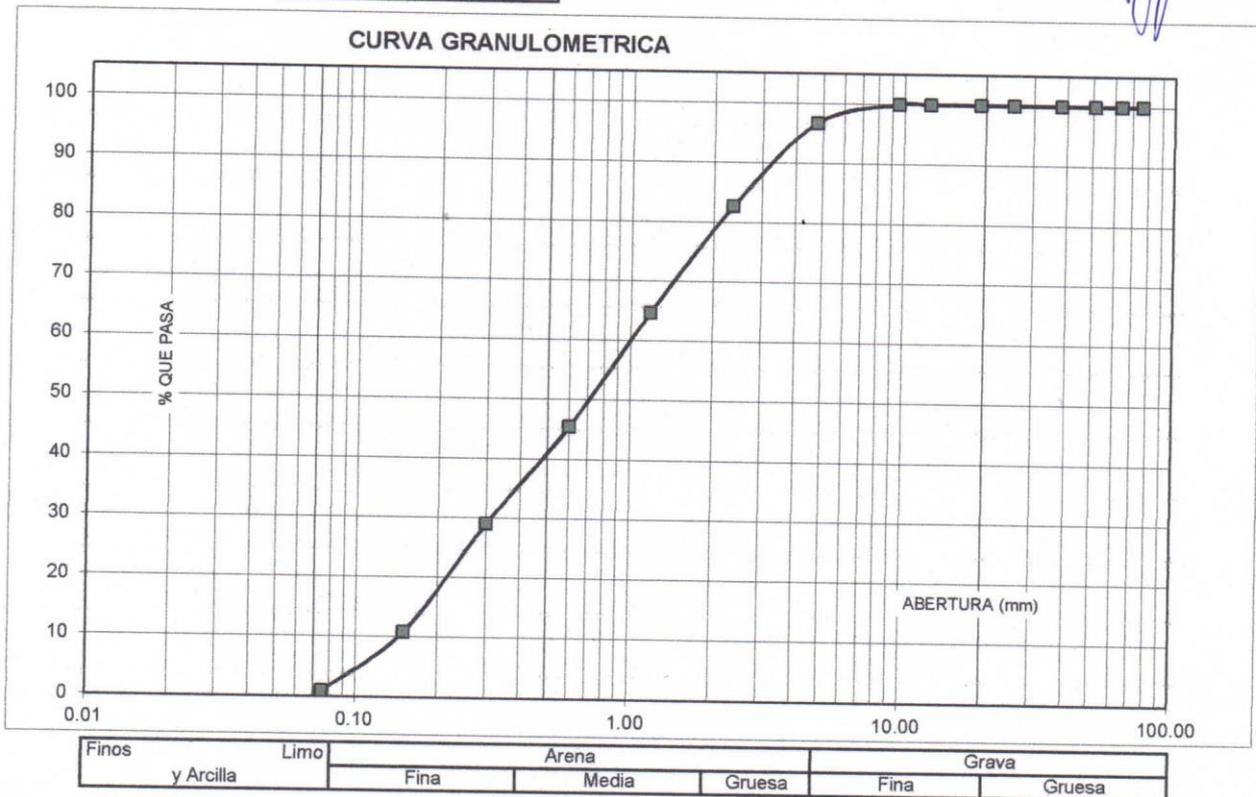
TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	35.6	3.2	3.2	96.8
N° 8	2.36	153.6	14.0	17.3	82.7
N° 16	1.18	198.1	18.1	35.3	64.7
N° 30	0.60	209.3	19.1	54.4	45.6
N° 50	0.30	180.2	16.4	70.9	29.1
N° 100	0.15	200.4	18.3	89.2	10.8
N° 200	0.08	109.1	10.0	99.1	0.9
PLATO	ASTM C-117-04	9.7	0.9	100.0	0.0
TOTAL		1096.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.70

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil





**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Nefalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 07/01/2022

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

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

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : Besique**

- Peso especifico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1553  $\text{kg/m}^3$
- Peso unitario compactado 1781  $\text{kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.08 %
- Módulo de fineza 2.70

D.- Agregado grueso

**CANTERA : Comincal**

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1426  $\text{kg/m}^3$
- Peso unitario compactado 1550  $\text{kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.71 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**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 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. : 205 / 0.684 = 299.708 kg/m<sup>3</sup> = 7.05 bolsas / m<sup>3</sup>

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento.....	299.708	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	212.220	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	880.228	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	997.622	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{880.228}{299.71} : \frac{997.62}{299.71}$$

$$1 : 2.94 : 3.33 : 30.09 \text{ lts / bolsa}$$

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$1 : 2.82 : 3.48 : 30.09 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 7% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 07/01/2022

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio.  $210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- 83% DE CEMENTO 3% DE ARCILLA Y 4% CENIZA DE HUARANGO
- Peso especifico ..... 3.01

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : Besique**

- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto  $1553 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado  $1781 \text{ kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.08 %
- Módulo de fineza 2.70

D.- Agregado grueso

**CANTERA : Comincal**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal  $3/4''$
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto  $1426 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado  $1550 \text{ kg/m}^3$
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.71 %



**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 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.648

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.089
3%Arcilla+4% Ceniza de huarango.....	(m <sup>3</sup> )	0.007
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.330
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.349
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		<hr/>
		1.000 m <sup>3</sup>

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**PESOS SECOS**

Cemento.....	278.73	kg/m <sup>3</sup>
3%Arcilla+4% Ceniza de huarango.....	20.980	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	876.33	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	992.21	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	278.73	kg/m <sup>3</sup>
3%Arcilla+4% Ceniza de huarango.....	20.980	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	213.10	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	880.23	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	997.62	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$\frac{278.73}{278.73} : \frac{20.980}{278.73} : \frac{880.23}{278.73} : \frac{997.62}{278.73}$$

$$1 : 0.08 : 3.16 : 3.58 \quad 30.22 \text{ lts / bolsa}$$



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 07/01/2022  
  
F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm <sup>2</sup>	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	164.95	78.55
02	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	163.70	77.95
03	PATRON	-	24/11/2021	01/12/2021	7	167.53	79.78
04	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	184.17	87.70
05	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	180.99	86.19
06	PATRON	-	24/11/2021	08/12/2021	14	180.14	85.78
07	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	215.41	102.57
08	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	218.97	104.27
09	PATRON	-	24/11/2021	22/12/2021	28	216.61	103.15

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  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 07/01/2022  
  
F' C : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm <sup>2</sup>	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	10/12/2021	7	186.36	88.74
02	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	10/12/2021	7	180.12	85.77
03	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	10/12/2021	7	184.17	87.70
04	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	17/12/2021	14	197.48	94.04
05	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	17/12/2021	14	202.27	96.32
06	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	17/12/2021	14	194.94	92.83
07	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	31/12/2021	28	231.77	110.37
08	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	31/12/2021	28	239.72	114.15
09	EXPERIMENTAL	-	03/12/2021	31/12/2021	28	234.06	111.46

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  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
MATERIAL : 100% DE CENIZA DE HUARANGO  
FECHA : 07/01/2022

PRUEBA Nº	01	02
FRASCO Nº		
LECTURA INICIAL (ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL (ml)	23.50	23.50
PESO DE MUESTRA (gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	23.50	23.50
PESO ESPECIFICO	2.723	2.723
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (gr / cm <sup>3</sup> )	2.723	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftalí Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituido el cemento por la combinación de arcilla  
y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
MATERIAL : 100% DE ARCILLA  
FECHA : 07/01/2022

PRUEBA N°	01	02
FRASCO N°		
LECTURA INICIAL (ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL (ml)	24.20	24.20
PESO DE MUESTRA (gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO (ml)	24.20	24.20
PESO ESPECIFICO	2.645	2.645
PESO ESPECIFICO PROMEDIO ( gr / cm <sup>3</sup> )	2.645	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletair)

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

SOLICITA : Bach. Padilla Campos Neftali Benji  
TESIS : Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituido el cemento por la combinación de arcilla y ceniza de huarango-Cajamarca-2021  
MATERIAL : 83% DE CEMENTO 3% DE ARCILLA Y 4% CENIZA DE HUARANGO  
FECHA : 07/01/2022

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.20	21.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.20	21.20
PESO ESPECIFICO		3.019	3.019
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	3.019	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solár Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil