



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  
 $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de piedra pómez volcánica distrito de  
Coya, Cusco – 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Chalco Benavente, Ruben Dario (Orcid: 0000-0002-4199-561x)

**ASESOR:**

Mg. Villegas Martinez, Carlos Alberto (orcid: 0000-0002-4926-8556)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

Lima – Perú

2022

## **Dedicatoria**

A Dios Todopoderoso por brindarme salud y vida que este logro profesional sea una realidad, anhelada iluminando en toda esta trayectoria y este proceso de mí que hacer como profesional.

A mis hermanos, por su apoyo y mis padres que se encuentran en el infinito del universo por su buena vibra y sacrificio invertido en mi persona y formación profesional, además del apoyo incondicional y emocional.

A mis hermanos por el apoyo sin condiciones en cada momento de mi vida como estudiante.

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento, va dirigida a nuestro señor altísimo, por darme la fuerza de voluntad, para poder terminar mi carrera profesional.

A mis progenitores y hermanos queridos, quienes me apoyaron en la terminación de mi tesis de investigación.

A mi querido asesor de mi tesis, por el apoyo absoluto y constante, que fue una guía en la elaboración y culminación de esta tesis presentada.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2. Diseño de la Investigación.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo .....	31
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	32
3.5. Procedimientos.....	33
3.6. Método de análisis de datos .....	35
3.7. Aspectos Éticos .....	35
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>109</b>

## Índice de tablas

Tabla N° 1 tiempo de rotura de un espécimen de c° .....	16
Tabla N° 2 Clasificación de los concretos ligeros.....	22
Tabla N° 3 Resistencia de un c° en función a la edad.....	24
Tabla N° 4 Resultados obtenidos de granulometría del agregado grueso .....	43
Tabla N° 5 Resultado del contenido de humedad .....	44
Tabla N° 6 Resultado de Granulometría del Agr Fino .....	45
Tabla N° 7 Resultado del contenido de Humedad.....	46
Tabla N° 8 Resultados del peso unitario Agr fino .....	49
Tabla N° 9 Resultados del peso unitario Agr grueso.....	49
Tabla N° 10 Resultado del peso unitario AF varillado .....	50
Tabla N° 11 Resultado del peso unitario AG varillado.....	50
Tabla N° 12 Diseño de mezcla patrón con 0.0% de piedra pómez .....	50
Tabla N° 13 Briquetas concreto patrón .....	50
Tabla N° 14 Viguetas concreto patrón.....	51
Tabla N° 15 Diseño de mezclas para vigas con adición piedra pómez al 10 % 20 % 30 %.....	52
Tabla N° 16 Diseño de mezclas para briquetas con adición piedra pómez al 10 % 20 % 30 %.....	52
Tabla N° 17 Briquetas con adición de piedra pómez al 10%.....	52
Tabla N° 18 Briquetas con adición de piedra pómez al 20%.....	53
Tabla N° 19 Briquetas con adición de piedra pómez al 30%.....	53
Tabla N° 20 Viguetas con adición de piedra pómez al 10%.....	53
Tabla N° 21 Viguetas con adición de piedra pómez al 20%.....	53
Tabla N° 22 Viguetas con adición de piedra pómez al 10%.....	54
Tabla N° 23 Determinación de la f'm promedio (f'c=210 kg/cm2).....	55
Tabla N° 24 Proporción por peso para una probeta patrón o testigo .....	55
Tabla N° 25 Proporción por peso para una probeta de viga patrón o testigo .....	55
Tabla N° 26 Medición del slump con la adición de piedra pómez .....	59
Tabla N° 27 Resumen de medición del splump con la adición de piedra pómez volcánica en % .....	59
Tabla N° 28 Cuadro resumen de aire atrapado en el concreto fresco.....	62
Tabla N° 29 Tiempos de fraguado con el método de Vicat .....	64

Tabla N° 30 Medición tiempo de fraguado del concreto.....	64
Tabla N° 31 Resumen de la temperatura en el concreto en fresco .....	67
Tabla N° 32 Resumen densidad del concreto en fresco con la adición.....	69
Tabla N° 33 Resultados de la resistencia a la compresión .....	72
Tabla N° 34 Tabla resumen Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 .....	72
Tabla N° 35 Resumen resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días .....	73
Tabla N° 36 Resumen Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días .....	74
Tabla N° 37 Resultados de la resistencia a la flexión.....	77
Tabla N° 38 Resumen resultados de la resistencia a la flexión a los 7 días .....	77
Tabla N° 39 Resumen resultados de la resistencia a la flexión a los 14 días .....	78
Tabla N° 40 Resumen Resultados de la resistencia a la flexión a los 28 días .....	79
Tabla N° 41 Resultados de la resistencia a la tracción .....	81
Tabla N°42 Resumen Resultados de la resistencia a la tracción a los 7 días .....	81
Tabla N° 43 Resumen Resultados de la resistencia a la tracción a los 14 días ....	82
Tabla N° 44 Resumen resultados de la resistencia a la tracción a los 28 días .....	83

## Índice de figuras

Figura N° 1 Trituración de piedra pómez volcánica.....	20
Figura N° 2 Esquemas del ensayo a la resistencia a compresión.....	24
Figura N° 3 Modelo de falla al ensayo de la resistencia a la compresión.....	25
Figura N° 4 Esquema del ensayo de resistencia a flexión .....	25
Figura N° 5 Esquemas del ensayo de f tracc indirecta.....	26
Figura N° 6 Localización geográfica del proyecto .....	38
Figura N° 7 Mapa de ubicación a nivel regional y provincial .....	38
Figura N° 8 Canteras de la piedra pómez volcánica distrito de .....	40
Figura N° 9 Cantera de agregados sector (Apupirhuayani) distrito de .....	40
Figura N° 10 Pesado del Agr grueso en la balanza.....	42
Figura N° 11 Pesado del Agr grueso en la balanza.....	42
Figura N° 12 Tamizado del Agr en tamiz de 1" hasta N°200.....	43
Figura N° 13 Curva granulométrica del agregado grueso .....	44
Figura N° 14 Curva granulométrica del agregado fino .....	45
Figura N° 15 Colocado de los agregados para el secado .....	48
Figura N° 16 Diseño de briquetas con concreto patrón.....	51
Figura N° 17 Diseño de viguetas con concreto patrón .....	51
Figura N° 18 Preparación para especímenes de c° .....	56
Figura N° 19 Molde prismáticas de madera para ensayo a la flexión.....	57
Figura N° 20 Molde de briquetas.....	57
Figura N° 21 Roturas de probetas cilíndricas.....	58
Figura N° 22 Medición del Slump en concreto fresco.....	59
Figura N° 23 Trabajabilidad (slump) en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en % .....	60
Figura N° 24 Diagrama de la trabajabilidad (slump) en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en % .....	60
Figura N° 25 Olla de Washington. Lectura de resultados en.....	61
Figura N° 26 Contenido de aire atrapado en el concreto fresco.....	62
Figura N° 27 Diagrama del aire atrapado en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en % .....	62
Figura N° 28 Penetro metro o aparato de vicat medición tiempo de .....	64
Figura N° 29 Curva de medición del tiempo de fraguado.....	65

Figura N° 30 Termómetro. Lectura de la temperatura del concreto fresco.....	66
Figura N° 31 Temperatura en el concreto fresco con adición de.....	67
Figura N° 32 Diagrama de la temperatura en el concreto fresco.....	67
Figura N° 33 Balde metálico normalizado para medir la densidad.....	68
Figura N° 34 Densidad del concreto en fresco con adición de.....	69
Figura N° 35 Diagrama densidad del concreto en fresco con adición.....	69
Figura N° 36 Ensayo de compresión prueba de resistencia.....	71
Figura N° 37 Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días.....	72
Figura N° 38 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 7 días.....	73
Figura N° 39 Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días.....	73
Figura N° 40 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 14 días.....	74
Figura N° 41 Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.....	74
Figura N° 42 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.....	75
Figura N° 43 Ensayo de prueba de resistencia a la flexión.....	76
Figura N° 44 Ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días.....	77
Figura N° 45 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días.....	78
Figura N° 46 Ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días.....	78
Figura N° 47 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días.....	79
Figura N° 48 Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.....	79
Figura N° 49 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.....	80
Figura N° 50 Resistencia a la tracción.....	81
Figura N° 51 Ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días.....	82
Figura N° 52 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días.....	82
Figura N° 53 Ensayo de resistencia a la tracción a los 14 días.....	83
Figura N° 54 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 14 días.....	83
Figura N° 55 Ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días.....	84
Figura N° 56 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días.....	84

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica , el tipo de investigación se determinó el método científico de tipo aplicada con un nivel explicativo, el diseño fue cuasi experimental, la población fue la producción de concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de pómez volcánica en un 10%,20%,30 % en el distrito de Coya, Cusco la muestra fue de 36 muestras para cada ensayo de resistencia , a la compresión, flexión y tracción , el muestreo fue no probabilístico, el procedimiento fue la ubicación de las canteras tanto de los agregados como de piedra pómez , posterior a ello la elaboración de los especímenes previo diseño de mezclas y finalmente el ensayo de la resistencia mecánica del concreto con sus cálculos correspondientes, los resultados fueron: los siguientes a mayor cantidad de piedra pómez disminuye la resistencia en los ensayos a la compresión , flexión, tracción a una edad de 28 días de curado

**Palabras clave:** comportamiento físico y mecánico, concreto, propiedades físicas y mecánicas.

## **Abstract**

The objective of this research was to determine the physical and mechanical properties of concrete  $f'c=210\text{g/cm}^2$  with the addition of volcanic pumice stone, the type of research was determined by the scientific method of the applied type with an explanatory level, the design was quasi experimental, the population was the production of concrete  $f'c=210\text{g/cm}^2$  with the addition of volcanic pumice by 10%, 20%, 30% in the district of Coya, Cusco the sample was 36 samples for each resistance test , to compression, bending and traction , the sampling was not probabilistic, the procedure was the location of the quarries for both the aggregates and the pumice stone , after that the elaboration of the specimens previous design of mixtures and finally the test of the mechanical resistance of the concrete with its corresponding calculations, the results were: the following: a greater amount of pumice stone decreases the resistance in the compression, bending, and tensile tests at an age of 28 days of curing

Keywords: physical and mechanical behavior, concrete, physical properties and mechanics.

## I. INTRODUCCIÓN

Hace más de 6000 años, los asirios y los babilonios construyeron sus primeras ciudades con una mezcla de arcilla, limo y agua. El propio C° apareció en la época romana, cuando se mejoraron las mezclas con nuevos materiales (como ceniza volcánica, piedra) para edificaciones en construcción estructural e hidráulica. “El cemento Portland fue 'inventado' por Joseph Aspdin en 1824, pero solo después de ser llevado al laboratorio se convirtió en el material más adecuado para la construcción” (Frommenwiler 2000) el c° ha sido utilizado para la supervivencia humana desde la antigüedad, utilizado para construir casas, así en Egipto se utilizó para construir templos, pirámides, coliseos, por sus ventajas que ningún otro material tiene hasta el momento. reemplazado, y en general sus componentes lo hacen más protegido contra impactos.”

C° es un material derivado de la piedra artificial muy utilizado en diversas obras arquitectónicas en todo el mundo. Se obtiene mezclando una determinada proporción de cemento, que además se adhiere: polvo o escamas, gruesas o finas, con la cantidad adecuada de agua, entre sí hasta formar una pasta, formando un material muy duradero y con una resistencia creciente en el tiempo. Actualmente, el uso de C° en la construcción está creciendo ya que puede brindar una solución completa.

C° ha servido para la supervivencia de las personas desde la antigüedad, se utilizó para construir sus casas, por lo que en Egipto se utilizó para construir templos, pirámides templos. Código, coliseo romano debido a sus ventajas que ningún otro material puede remplazarlo ser reemplazado hasta el momento del mismo, los cuales le dan una mayor seguridad en sus funciones de resistencia.”

Por ello, Becerra (2017) Demostrando que las economías de los países y del mundo se basan en el concepto de intercambio: la ley de la oferta y la demanda. La comunicación entre personas, ya sea educación, comercio, bienes y servicios, ocurre a través de la comunicación mutua. La comunicación tiene lugar en una red de carreteras que consiste principalmente en hormigón o pavimento (página 21).

“Hoy en día, una alternativa es utilizar los C° tradicionales para diseñar estructuras o pavimentos rígidos, debido a que están diseñados para transferir y distribuir

cargas estructurales y vehiculares desde el pavimento hacia la superficie del terreno de manera eficiente (Becerra, 2017, p. 21)”.

En la industria de la construcción se realizan diversos tipos de investigación para lograr mayores rendimientos con buenos resultados en cuanto a propiedades físicas y mecánicas, dando como resultado un c° de mayor resistencia. Podemos enumerar la piedra pómez como una alternativa para cambiar el comportamiento físico y mecánico del c° para sugerir alternativas y determinar si se puede utilizar en edificios o estructuras de arquitectura diferente con diferentes dosificaciones para cubrir la resistencia adecuada de una estructura.

En cuanto al c°, Valle, Pérez y Martínez (2001) muestran que los huecos con mayores aberturas son los que destruyen la estructura del c° Armado, debido a que cualquier agente corrosivo que pueda pasar por los huecos, lo convertirá en acero al carbono, las Propiedades mecánicas del hormigón.

“Según hechos históricos relatados por Apasa Illanes, Karla Wendy; Ysarbe Rojas, Joselyn Marlene nos explica que en el Perú el nacimiento del cemento y c° se inició con la llegada de los españoles en el siglo XVI, quienes trajeron consigo el conocimiento europeo. Allí, cuando comenzaron a investigar cómo mejorar la calidad del C°, comenzaron a utilizar especies orgánicas e incluso productos humanos como los huevos. para hacer la cantidad correcta. (página 13)”.

C° es uno de los materiales de construcción más buscados en la industria de la construcción hoy en día, por lo que necesita el proceso y el método de dosificación correctos para garantizar una producción perfecta y lograr un mejor rendimiento después de la aplicación.

Utilizando canteras existentes para aprovechar este material, Argiz, Menéndez, Sanjuán (2013) nos explican que el uso de nuevos áridos en la construcción híbrida ac° puede tener buenas propiedades mecánicas y mejora la resistencia estructural, por lo que el uso de piedra pómez volcánica como aditivo natural puede proporcionar un mejor C° con características apropiadas. (página 49)”

“En nuestro país, el Perú, debido a que aún no se usa mucho y no se entiende bien, los códigos estructurales especiales para unidades de bajo peso no se usan de manera efectiva y necesaria (Véliz y Vásquez 2018).”

Actualmente, el uso del C° como material de construcción es considerado uno de los factores más importantes en el campo de la construcción de la región Cusco de

nuestro país y sus regiones, debido a que su característica  $C^\circ$  asegura que sea capaz de construir y fácil de usar. Colocados en diversas infraestructuras civiles, desde hace varios años, la investigación para aumentar la resistencia al  $C^\circ$  desde el punto de vista mecánico y físico se ha visto reflejada en la incorporación de materiales reciclables, materiales de origen artificial en proporciones fijas.

En el distrito de Coya de la región Cusco, había escasez de agregados gruesos para obtener la mejor resistencia mecánica  $c^\circ$  que se pudiera aplicar a las edificaciones de esta zona, este problema se viene presentando desde hace unos años ya que el distrito está creciendo por el aumento de la migración tanto de otros distritos como las comunidades del mismo distrito, en sus primeras edificaciones del distrito de Coya no existía este problema, ya que este problema se debe al incremento de la población, ya que el material que se trae de otro lugar incrementa el precio para las construcciones dentro del distrito, y la provincia por eso ponemos como propuesta de investigación, ya que el distrito cuenta con canteras del material pómez. Este inconveniente es visible en los ensayos de resistencia mecánica realizados, los cuales no cumplen con los estándares establecidos, por lo que la responsabilidad recae sobre las autoridades locales, regionales, provinciales y nacionales del distrito de Coya, se advierte la responsabilidad de emprender proyectos utilizando  $c^\circ$ , ya que esto requiere acceso completo a los agregados que se pueden obtener en lugares muy alejados del sitio del proyecto, lo cual se refleja en el aumento en el costo de los materiales, estos aumentos en la creación de nuevos proyectos utilizando concreto, para revertir y resolver, se recomienda agregar piedra pómez volcánica (en %) a $^\circ$  para obtener la mejor resistencia mecánica en  $wc^\circ$  debido a la disponibilidad de material de cantera en el área de Coya.

Analizar la situación actual del problema, es necesario formular el problema, pensar en cómo:

**Problema general:** ¿Cuánto varía el Estudio de las Propiedades físicas y Mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm $^2$  con adición de piedra Pómez volcánica distrito de Coya, Cusco – 2021? **problemas específicos; el primer** ¿Determina las propiedades físicas en estado fresco, trabajabilidad y densidad? **el segundo** ¿Cuánto varía la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$ g/cm $^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya-Cusco,2021?,**el tercero** ¿Cuánto

varia la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?, y **el cuarto** ¿Cuánto varia la resistencia a la tracción del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya - Cusco,2021?

## **justificación de la investigación**

### **Justificación teórica**

La investigación está justificada bajo el empleo de las metodologías de Pasquel y Sánchez de Guzmán, así como también la metodología de Nielson.

Se utiliza para probar la conducta mecánica de  $c^\circ$  se adhiere de la piedra pómez volcánica utilizando manuales técnicos de SENCICO en el ámbito de diseño de mezclas estructural empleando para ello la adición de piedra pómez volcánica para un  $c^\circ$  estructural 210/kg  $cm^2$ .

### **Justificación metodológica**

Esta investigación se amerita porque por observación directa ya que plantea suposiciones y cuestionamientos sobre el comportamiento físico y mecánico de  $c^\circ$  en condiciones de medición angular, pómez volcánica, bajo las metodologías de Pasquel y Sánchez de Guzmán así como también la metodología de Nielson para el estudio de la conducta mecánica del  $c^\circ$  con adherir de la piedra pómez volcánica, utilizando manuales técnicos de SENCICO en el ámbito de diseño de  $c^\circ$  con diferentes resistencias y con ayuda de ensayos de laboratorio de suelo, albañilería. y las normativas, Norma ASTM A496/A 496M-05 y ASTM A487/A 497M-05.

**Justificación técnica;** la investigación en curso consiste en reemplazar la arcilla cruda con piedra pómez volcánica para reducir la densidad  $c^\circ$ , que debe cumplir con una Aguante  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , ya que  $c^\circ$  se usará en estructuras de mampostería construidas utilizando el método de diseño mixto ACI 211 y NPT y ASTM aplicables estándares a lo largo de la prueba. La investigación considerara la aplicación de los análisis pertinentes justificado en lo expuesto por las normativas E.060 (albañilería), E.050 (suelos).

**Justificación social;** la presente investigación está justificada considerando la realidad actualmente que se presenta en el costo del agregado grueso y la calidad del concreto que son susceptibles a tener un grado vulnerabilidad debido a diversos factores que conllevan a realizar la investigación.

### **Justificación económica**

Para la fabricación de concreto se hace esencial la necesidad de utilizar piedra pómez en lugares donde es escaso el agr grueso y así poder abaratar

costos de construcción tanto de obras privadas como estatales

**Objetivos:**

Se tiene como **objetivo general**: Determinar el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya-Cusco, 2021; **y como objetivos específicos se tiene**

**objetivo específico : 1** Determinar las propiedades físicas y mecánicas en estado fresco, trabajabilidad y densidad **objetivo específico 2** Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de la piedra pómez volcánica, **objetivo específico 3**: determinar la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, **objetivo específico 4**: determinar la resistencia a la tracción del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica.

**Hipótesis:**

Se tiene como **hipótesis general**: El comportamiento físico y mecánico del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, varía significativamente distrito Coya - Cusco, 2021.

**Las hipótesis específico 01**: Las propiedades físicas y mecánicas en estado fresco, trabajabilidad y densidad variará mínimamente.

**Las hipótesis específicas 02**: La resistencia a compresión del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica variará mínimamente;

**Hipótesis Específica 03**: la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica variará mínimamente **Hipótesis**

**Específica 04**: la resistencia a la tracción del concreto  $f'c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica variará mínimamente.

## II. MARCO TEÓRICO

Las disertaciones de este capítulo se basan en contextos internacionales y nacionales, artículos académicos en otros idiomas como el inglés y publicaciones en revistas científicas.

### **Antecedentes Internacional**

Cañarte (2016); en la tesis de pre grado "Prueba de mejora de la mejora de la resistencia a la compresión ligera de C° utilizando piedra pómez como diagrama estructural" toma como objetivo Realizar la investigación el uso de piedra pómez en tamaños de 4,76 mm y 9,51 mm Resistencia a la compresión mejorada y solidez a la luz C° es una solución estructural y económica para los edificios de la ciudad. C° construcción liviana usando piedra pómez estructuralmente duradera. y preparar un documento técnico que contenga las propiedades y métodos cuantitativos del hormigón celular liviano obtenido en ensayos de laboratorio, el cual servirá como guía de ensayo.

La **metodología**, según los objetivos que sean formulado la presente investigación exploratoria, por la falta de información teórica y experimental. La investigación realizada es descriptiva e incluye: descripción, documentación, análisis e interpretación de los elementos de la piedra pómez como materia prima, en los **resultados**. En esta sección, como propuesta, se presenta un trabajo científico-técnico con ejemplos de propiedades cuantitativas y procedimentales obtenidas en el ensayo de luz c° con una piedra pómez de laboratorio, que servirá como guía para la investigación y los resultados experimentales. organizar algo c° ligero con piedra pómez y como **Conclusiones**. La piedra pómez debe tener algunos procedimientos de control de calidad para obtener el tamaño de partícula adecuado para la producción de c° ligero estructural, comenzando con la extracción de la materia prima (a cielo abierto). Luego se filtra en el laboratorio para retener las rocas del tamaño incorrecto y se lava para eliminar la arcilla y las materias extrañas, de acuerdo con el tamaño de partícula y el control de calidad deseados, por lo que es esencial volver a tamizar el material hasta obtener un nivel adecuado para la prueba al realizar mezclas de concreto a temperaturas superiores a los 24°C, se pierde humedad, fenómeno observado en nuestras pruebas preliminares. Es importante compactar el hormigón ligeramente con piedra pómez para lograr una

consistencia uniforme. Bajo la luz de la piedra pómez c°, desde el fraguado hasta el pelado en 24 horas” Este fenómeno se observó en las pruebas preliminares de nuestro estudio. Piedra pómez C°, 2 horas desde que se coloca hasta que se retira. **Carrera, Changoluisa, (2019) Su objetivo fue “se obtuvieron muestras de mezcla de c° suave utilizando arcilla expandida ecuatoriana y piedra pómez”.** Se utilizó el siguiente método de investigación, el cual es cuantitativo, descriptivo y aplicado, y tiene un diseño experimental porque se realizan operaciones sobre las variables independientes. Se dice que el Tental tiene un diseño semiempírico porque compara el diseño como modelo con otros diseños que producen cambios en las variables independientes y cómo **Resultados** se puede ver que c° está hecho de arcilla expandida en lugar de ag. El grosor y la resistencia mínimos del diseño son de 21 Mpa, la durabilidad a los 28 días es de 22,4 Mpa, la resistencia a la piedra pómez a los 28 días es de 17,0 Mpa, la resistencia a la piedra triturada es de 39,39 Mpa. (transportista aéreo) y Viscocrete (superplastificante). Tamaño de Ag máximo nominal. El espesor c° es (TMN = 1/2; arcilla), (TMN = 3/4; piedra pómez), (TMN = 3/4, grava).

**Conclusión:** Hay disponibles dos diseños diferentes de mezclas de C° ligeros que cubren el rango de densidades de 1400 kg/m<sup>3</sup> a 1500 kg/m<sup>3</sup> gracias a una gravedad específica más baja que el agua concentrada y la adición de aditivos básicos de C° suaves. Dado que la densidad de estos agrs es menor que la de agrs, se obtuvieron diseños de mezclas de O2 con diferentes temperaturas de luz. grueso normalmente. Por lo tanto, la adición de aditivos es muy importante para mejorar el diseño de la mezcla, de 1400 kg/m<sup>3</sup> a 1500 kg/m<sup>3</sup> c, su cantidad es la misma. La resistencia a la compresión de c° es ligeramente inferior a la de c° normal (piedra pómez = 21 Mpa; arcilla expandida = 22 Mpa; grava = 39 Mpa), estos resultados son los esperados. El C más ligero muestra una excelente resistencia a la compresión cuando alcanza el 40% de tenacidad mínima en el primer día de vida, A los 7 días habían alcanzado una resistencia mínima del 75% ya los 21 días habían alcanzado una resistencia mínima del 100%. Estos resultados son óptimos debido a la estructura adecuada de la mezcla y la adecuada preparación y endurecimiento de la muestra.

**Gallegos, (2015),** realizó un estudio: “Mezcla de concreto liviano con piedra pómez de Latacunga, diseñada para la construcción no estructural”, en la Universidad de

las Fuerzas Armadas ESPE – Sangolqui. La siguiente investigación tuvo como objetivo que especifica una mezcla para obtener placas c° livianas utilizando materiales volcánicos como la piedra pómez. conclusiones: Intente reducir la relación cemento-cemento (a/c) en la lechada para lograr una mayor resistencia, lo que significa que el c° ligero requiere un contenido de cemento más alto que el c° convencional de la misma resistencia, no se estima. La resistencia se da en relación cemento-agua (a/c), porque no se especifica la cantidad. Se agregó suficiente agua para garantizar la trabajabilidad, la colocación adecuada, refuerza y termina sin separación y cumple con los requisitos de resistencia requeridos. La aparición de agregados livianos bajo la luz c° provoca una alta absorción de agua, lo que dificulta el cálculo de las relaciones agua- cemento y la búsqueda de la proporción de mezcla correcta”.

#### **Antecedentes nacionales:**

#### **Muñoz (2018) En la tesis de licenciatura titulada “El uso de la piedra pómez en las propiedades mecánicas de capas rodantes de pavimento duro - Lima”**

“su **Objetivo** cómo cambia el uso de piedra pómez las propiedades mecánicas del proceso abrasivo en superficies duras - **La metodología de esta investigación** se utilizó el método: **Cuantitativo** Este estudio utilizó métodos cuantitativos, incluida la extracción de datos, y al contrastarlos con hipótesis. Los valores obtenidos nos ayudan a evaluar los cambios, identificar, diferenciar, medir los resultados y realizar teorías comparativas. (Fernández, Hernández & Baptista, 2014, p. 130). El estudio utiliza un enfoque cuantitativo ya que se recopilarán datos de muestras de probeta y se evaluarán los resultados frente a las teorías apropiadas para probar las hipótesis propuestas. Se llegaron a las siguientes **Conclusiones 1** del estudio realizado. Determinación de la disminución de la resistencia a la compresión entre muestras modificadas en comparación con muestras convencionales: El C° normal es de 270,33 kg/cm<sup>2</sup> y el c° modificado se rebaja a 251,67 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que el c° modificado es un 6,9% inferior al del hormigón modificado y es resistente a la deformación y su forma es reducida. Reemplace el agregado con piedra pómez 100% comprimida. **Conclusión 2** del estudio realizado indicando que el c° habitual es de 38,60 kg/cm<sup>2</sup> (3,79 Mpa), el c° corregido con la sustitución del 100% de piedra pómez aumenta a 42,44 kg/cm<sup>2</sup> (4,16 Mpa), significa que el c° corregido corresponde al c° estándar, que es un 9,95% superior, por lo que cumplimos con

los parámetros de la Norma Nacional de Edificación CE 010 “Pavimento Urbano”, que regula el módulo mínimo de rotura es de 3,4 MPa. La Conclusión 3 el C° modificado tiene una caída de 6,6 pulgadas y el C° estándar es de 3,5 pulgadas (90% más grande) lo que lo hace más práctico. En el caso del pavimento normal, el espesor resultante es de 18 cm, mientras que el del pavimento modificado es de 16 cm, una disminución de 2,00 cm de espesor respecto al pavimento normal, lo que supone una reducción del 11,11%, mientras que el coste de pavimento ordinario es de S/. 69,84 por metro cuadrado, sin embargo, el pavimento modificado tendrá un costo de s/. 59,39 por metro cuadrado, reduciendo los costos de pavimentación en un 14,96%.

**Ríos, Rojas; (2019)** en la tesis de pre grado titulado “**Ladrillos aligerados de hormigón con árido grueso de piedra pómez como tabiques en edificios plurifamiliares**” su **objetivo** diseño de ladrillo c° liviano usando un % de agregado de piedra pómez gruesa para mejorar las propiedades mecánicas. Aplicando una **metodología**.

El tipo de prueba es básico y tiene un tipo de prueba descriptivo porque determina las propiedades y características de la luz c° y es correlacional porque correlaciona las variables a través de patrones predecibles en las poblaciones específicas como c° tejas su **Método de la investigación**. Este es un método cuantitativo, ya que los cálculos, tablas y gráficos se desarrollan para el análisis del estudio. Los resultados obtenidos se pueden comparar con los resultados hipotéticos que se han desarrollado previamente. De acuerdo con el estándar ACI y característica del ladrillo ultraligero C° fabricado con el grado adecuado, es necesario agregar una cierta cantidad de piedra pómez a una parte para obtener una mezcla homogénea. La piedra pómez debe adherirse a la mezcla de manera uniforme para garantizar una distribución óptima. Alta resistencia, es necesario utilizar la relación agua-cemento adecuada para analizar la resistencia a la compresión del ladrillo aligerado C°, se debe utilizar un porcentaje diferente de piedra pómez para inferir un mejor comportamiento del ladrillo c° livianos. Al realizar ensayos físico-mecánicos como cambio dimensional, densidad, absorbancia, prensado simple, warping, pile, es muy importante calibrar los equipos en buen uso para obtener resultados confiables. 2) Se debe agregar un % de piedra pómez al ladrillo C° ligero en lugar de agar grueso para obtener una densidad más baja. De igual forma, se ha

propuesto utilizar piedra pómez de la cantera de Arequipa para estudiar su comportamiento con la de Salara de Huacho. 1) El porcentaje de agua debe reducirse para que la mezcla se seque y se moldee mejor durante la producción de ladrillos Celsius ligeros, mejorando así la calidad de los ladrillos más adelante.

**Alayo; Polo (2019)** en la tesis de pre grado “**Efecto del porcentaje de piedra pómez en la resistencia a compresión y peso unitario del hormigón estructural de patio, Trujillo**” su primer **objetivo Específicos OE 01:** Caracterizado para agr de grano grueso, fino y ligero para uso en diseños de mezclas C° aplicando una **metodología** Este estudio es una investigación aplicada, ya que tiene como objetivo utilizar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de c° para utilizar las proporciones óptimas de la piedra pómez para calcular los parámetros de diseño que se aplicarán para el modelo estructural de 6 plantas del edificio. Por lo tanto, un valor recibido será verificado por el código de construcción del estado. **Por el diseño: EXPERIMENTAL.** La presente investigación es de tipo **experimental.** Dado que está controlando la variable independiente, afecta a la variable dependiente, por lo que medirá preparando c° con tubos de ensayo de diferentes % de pómez y haciendo una prueba de compresión en ellos, luego es un análisis de estructura de seis niveles. En este sentido, se asume que el uso de piedra pómez por ciento como alternativa al refinado de c° Afecta en gran medida la resistencia a la compresión y el peso unitario de la estructura del marco, que es c°. Por otro lado, con base en la prueba de Tukey y comparaciones múltiples, el porcentaje de la variable dependiente más influyente es del 10%. % de piedra pómez que excede el valor de la muestra de referencia (238 kg/cm<sup>2</sup>) y aumento de la resistencia a la compresión después de 28 días de curado, se obtuvo un resultado de 277 kg/cm<sup>2</sup>, luego expresado como reducción de masa unitaria en grados centígrados frescos (2360 kg/ m<sup>3</sup>), Cuanto mayor sea la cantidad de piedra pómez, menor será el peso unitario en comparación con las piedras de amolar gruesas convencionales. Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (grueso, fino y piedra pómez) se pueden determinar utilizando valores en un proyecto compuesto de acuerdo con los parámetros y requisitos de ACI-211, que probamos: análisis de tamaño de partícula (según NTP 400.012), humedad (gravedad específica de Agr de grano fino y grueso según NTP 339.185) (según NTP 400.022 y NTP 400.021 respectivamente), Masa

seca, suelta y compactada (según NTP 400.017). Utilizando el método ACI-211, se puede producir un diseño híbrido con la fuerza habitual de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, c°, y se reemplaza la piedra pómez por agar crudo, donde los valores obtenidos en la prueba confirman Caracterizar el agar a obtener la dosificación adecuada de cada material en kg/m<sup>3</sup> para c°. Se puede preparar un tubo de c° tradicional reemplazando el c° en el agregado grueso con 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de piedra pómez, y realizando una prueba de compresión con el dispositivo. Porcentaje óptimo y efecto de superación de la resistencia a la compresión del 10% de piedra pómez, para lo cual se utilizó NTP 339.034/ASTM C39.

**Matamoros, (2019); en la tesis de pre grado “Efecto de la piedra pómez sobre el concreto ligero de construcción f'c = 175 kg/cm<sup>2</sup> utilizando materiales de la región de Huancavelica” objetivo** Determinación del efecto de la piedra pómez en la producción de estructuras ligeras f'c = 175 kg/cm<sup>2</sup> c°, diseñada para la construcción no estructura se utilizó la siguiente **metodología** y el tipo de investigación que se utilizó fue aplicada o tecnológica. según carrasco (2005), menciona que: “La investigación aplicada es porque tiene una finalidad práctica bien definida, es decir, se estudia para actuar, transformar, modificar o provocar cambios en algún ámbito de la realidad” (p. 43).

Según el investigador Carrasco (2005), determina que la investigación es técnica en el sentido de que tiene como objetivo descubrir y comprender qué técnicas son las más eficaces o apropiadas para una determinada actividad: es decir, cambiar o mantener el progreso realizado y mejorar la técnica de fabricación o fabricación de cualquier parte.

La realidad. (p. 45) las Conclusiones de este proyecto de investigación son: En cuanto al c° de densidad fresca, los valores medios de c° de luz estructural los días 7, 14, 21 y 28 fueron 2083,78, 2083,18, 2104,92 y 2115,23 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, con un rango de 1842 a 2483 kg/m<sup>3</sup>. 171 metros cúbicos (ASTM C138/C138M). De manera similar, la densidad de equilibrio es de 1709,06 kg/m<sup>3</sup> en el rango de 1680 a 1840 kg/m<sup>3</sup> y la densidad seca es de 1686,77 kg/m<sup>3</sup> (ASTM C567-05a).

En términos de resistencia a la compresión, la masa promedio de estructura liviana c° después del curado de 7, 14, 21 y 28 días es de 139.50, 163.05, 170.38 y 184.32 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, es decir, después de 28 días de curado, la textura liviana tiene una resistencia por encima de 175 kg/cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup> (ACI 213R-03) y está cerca

del peso normal  $c^\circ$  190,07 kg/cm<sup>2</sup> resistencia Universidad Nacional de Huancavelica”

**MENDOZA, (2017);** Esta investigación se “**Determinar su orientación mediante un estudio comparativo entre los modelos  $c^\circ$  convencionales o los modelos  $c^\circ$  con adición de ceniza volcánica** Los porcentajes son 10%, 15% y 20%; para resistencia de diseño  $f'c$  210 kg/2, se realizaron sus respectivos ensayos de resistencia mecánica (compresión y flexión) de acuerdo a normas técnicas peruanas. La resistencia a la compresión a los 60 días solo aumentó  $C^\circ$  después de agregar 13% y 10% de puzolana, mientras que la resistencia a la compresión a los 60 días después de agregar 10% y 19%, respectivamente, fue de 15% y 20%. sólo aumenta en  $c^\circ$ . De igual manera, la resistencia a la flexión aumentó un 16,41% con la adición del 10 % de puzolana y disminuyó un 4,54 % y un 16,49 % con la adición del 15 % y el 20 %, respectivamente. Se encontró que para este estudio se diseñó la dosis óptima de  $c^\circ$  agregando un 10% de ceniza volcánica”.

**Oyola, Arrieta (2017)** en el título de tesis pre grado “**Características de las mezclas de concreto con 5% en peso de caucho reciclado en comparación con las mezclas convencionales a 3500 psi**”, como **Objetivo general** Caracteriza  $C^\circ$  3500 psi se presenta con una mezcla de gránulos de caucho al 5 % con una proporción diferente de materia prima y material fino en comparación con la mezcla convencional. **Objetivo Específico** diseñar una mezcla al 5% en peso de materiales granulares de caucho regenerativo fino y grueso de acuerdo a las especificaciones (NTC) para realizar las pruebas correspondientes. Las mezclas de laboratorio se realizarán de acuerdo con (NTC 722) prueba de tracción y compresión indirecta brasileña (NTC 673) en los días 7, 14, 21 y 28, con valores de prueba. Analizó los datos obtenidos del laboratorio y concluyó que el porcentaje de caucho mostró el mejor desempeño según el método brasileño (método brasileño para compresión y tracción indirecta) (NTC 722, NTC 673) para desarrollar futuras mezclas para probar estos materiales en aplicaciones de construcción.

**CONCLUSIONES** Para Investigar, sintetizar y analizar los resultados obtenidos en diferentes laboratorios, evaluar los efectos mecánicos del agr grueso y fino al incorporar gránulos de caucho reciclado a la mezcla de  $c^\circ$  convencional, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones: una disminución significativa de  $c^\circ$ , que se debe a la porosidad que se forma en la muestra luego de la adición del

caucho regenerado, y a la baja adherencia de la mezcla de pasta c° que existe entre los siguientes cauchos. Esto, debido a su baja absorción de agua, insuficiente pegajosidad con la mezcla en estado fresco.

La declaración enfatiza que el caucho tiene una alta capacidad para deformarse elásticamente antes del daño, es decir, se deforma más que el lodo circundante, y su resistencia a la tracción indirecta también se ve afectada por los sustitutos de caucho reciclado, pero su resistencia a la tracción aumenta con la edad después de 28 días, la resistencia de las muestras frente a las soluciones. La tracción puede desarrollarse más con una edad de curado posterior a este tiempo. También se debe tener en cuenta que una mezcla con mayor contenido de caucho le dará mejores propiedades al concreto e incluso mejorará la adherencia del mortero al caucho, lo que se manifiesta como agrietamiento cuando se cargan las probetas. Sí, no se romperán debido a la plasticidad del caucho y su capacidad para absorber energía.

Se recomienda probarlo en el laboratorio más de 28 días después del curado para ver si el efecto mejora con el tiempo.

En los trabajos de investigación anteriores se puede citar como antecedentes de **Otros idiomas.**

**Baquero, Guiza; García (2018)** en este artículo de la revista ingeniería y desarrollo titulado “La investigación reconoce la arcilla expandida y la piedra pómez como agregados para la producción de luz C°” **Objetivo** el uso de materiales como la arcilla expandida (también conocida como arcilla) y la piedra pómez reemplaza por completo el AGR convencional para la producción de c°.

Los diseños híbridos se desarrollan con arcillas expandidas saturadas e insaturadas y piedra pómez. **Resultados** Light C° es un material cuyas principales propiedades son la baja densidad y la resistencia a la compresión. Sin embargo, a medida que avance la construcción, será posible mejorar las propiedades de este material y producir un material liviano de muy buena calidad y alta resistencia a la compresión. Y mantener la característica c° según especificación ACI-318, las estructuras ligeras de c° deben tener una resistencia a la compresión mínima de 17 MPa y una densidad máxima de 1840 kg/m después de 28 días. Sin embargo, la baja densidad y la alta intensidad no son las únicas propiedades de esta luz C°.

También tiene mejor trabajabilidad, porosidad, adherencia, resistencia al fuego,

dureza, conductividad térmica y bajo aislamiento acústico, lo que le permite ser utilizado en la construcción por encima de las temperaturas de diseño, Esto es lo que queríamos comprobar con este estudio.3 **Conclusión** Con base en los resultados y la discusión de este estudio, proponemos lo siguiente: Las mezclas ligeras de C° con arcilla expandida seca y piedra pómez tienen mejores propiedades físicas y mecánicas que las obtenidas usando estos AGR. Estado saturado y superficie seca. La adición de fibra de polipropileno y polvo de sílice puede aumentar la densidad de la mezcla en un promedio de 5 a 8 %, lo que aumenta la resistencia en un promedio de 30 %. Crea un C° suave con arcilla expandida y piedra pómez totalmente sustituidas al agr se puede considerar como una alternativa a los materiales tradicionales debido a que la producción de tabiques alcanza una resistencia a la compresión media y un aislamiento térmico significativamente promedio, paneles y bloques si bien no cumple con el requisito del c° estructural.

### **Informes científicos**

**Tavio, Hafiz; Efa, Kusnul; Faruq,** (2018); “Las propiedades mecánicas del c° liviano se ha hecho con Piedra pómez volcánica agr ligero en el artículo De la revista Facultad de Ciencia y Tecnología, UIN Sunan Ampel, Jl. A. Yani 117, Surabaya, Indonesia Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Planificación, Instituto de Tecnología de Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia titulado “Propiedades mecánicas del hormigón ligero elaborado a partir de áridos ligeros de piedra pómez volcánica” donde tiene como objetivo obtener un material innovador utilización de piedra pómez como un agregado ligero para su uso en la fabricación de c° ligero. La carga de construir con hormigón ligero es relativamente pequeño, por lo que se espera que se adapte crecimiento urbano vertical y apoyo integral planificación de una ciudad saludable, segura y confortable. Metodología En esta investigación, se preparó un cilindro de muestra con una dimensión de 15 cm y una altura de 30 cm. tres se tomaron muestras de prueba para determinar la resistencia a la compresión. Pruebas, mientras que otras tres muestras se tomaron para ensayo de resistencia a la tracción, con un total de seis probetas. Resultados en general, el uso de agregado de piedra pómez volcánica.

Tabla N° 1 tiempo de rotura de un espécimen de c°

<i>Speci-men</i>	<i>SG</i>	<i>Age Speci-men</i>	<i>Compressive Strength (Mpa)</i>	<i>Average Compressive Strength (Mpa)</i>
Cylinder (SP2 7)	1.6	7 days	15.23	14.32
Cylinder (SP2 14)		14 days	13.86	
Cylinder (SP2 28)		28 days	13.88	

Elaboración: Tavio, Hafiz; Efa, Kusnul; Faruq,2018

A partir de los resultados de la prueba de resistencia del c° del agr de piedra pómez ligero, el peso ligero El hormigón obtenido se puede clasificar como moderado. Hormigón de resistencia con un valor de resistencia a la compresión de menos de 16,35 Mpa las **Conclusiones** son las siguientes: A juzgar por las propiedades, un luchador, ligero piedra pómez agregada se puede utilizar como construcción, material para c° ligero. De acuerdo con los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, la piedra pómez de hormigón ligero se puede clasificar como ligera c° (moderado Hormigones de fuerza). Cuanto mayor sea el valor de la compresión fuerza, mayor es el valor de la división Fuerza de Tensión Los valores de la resistencia a la rotura por rotura de piedra pómez de los lados de c° ligero obtenido resultados de prueba promedio dentro del intervalo de  $0,309 \sqrt{f'c}$  a  $0.372 \sqrt{f'c}$  (Mpa). El valor de estos enfoques proporciona un intervalo más pequeño de restricciones dadas por Nilson y Winter en  $0.333 \sqrt{f'c}$  a  $0.448 \sqrt{f'c}$  (Mpa)".

**Álvarez Mantilla, Ríos Reyes & Castellanos Alarcón** (2021) en el artículo de la revista / INGE CUC, vol. 17 no. 1, pp. 216–229 "**Propiedades físico-mecánicas, propiedades funcionales y durabilidad de morteros geopoliméricos a base de piedra pómez puzolánica natural**" donde el **objetivo** de esta investigación enfocada en la producción de cemento geo polimérico utilizando piedra pómez como materia prima para determinar sus propiedades mecánicas y resistencia. **Metodología** el cemento portland grado I, las puzolanas naturales y la arena se Utilizado como material de partida para la producción de mortero geo polimérico a partir de la activación alcalina de puzolana natural. Los morteros de geopolímero se preparan y prueban de acuerdo con el Instituto de Normas Técnicas de Columbia y el Instituto Nacional del Azúcar. **Resultados** las pruebas de geopolímero

arrojaron resultados prometedores y mostraron un buen potencial para la preparación de cementos puzolánicos, mostrando resistencia suficiente y una resistencia a la compresión relativamente alta después de 28 días para el desarrollo de nuevos materiales adhesivos de curado. **Conclusiones.** El uso de puzolanas naturales en la producción de geopolímeros, que son importantes para la durabilidad de los morteros en condiciones ambientales duras y difíciles, es cada vez más importante”.

**Karthika, Vidyapriya; Sri, Beaula; Harin, Sriram** (2020) en este estudio experimental sobre c° ligero con árido de piedra pómez su **Objetivo** y alcance, para producir c° liviano usando agr de piedra pómez. “Conocer las características del tradicional y del c° con áridos de piedra pómez. Estudiar el efecto de varios tipos de sustitución (50%, 80% y 100%) de árido natural por árido ligero de piedra pómez y hormigón convencional. El alcance principal del proyecto es encontrar la factibilidad de reemplazar el agr grueso convencional con agr de piedra pómez en un 50%, 80% y 100% en M3 c°. Se ha realizado un estudio comparativo entre el c° convencional y el c° con áridos de piedra pómez. Pruebas destructivas y no destructivas, como prueba de compresión, prueba de tracción, prueba de flexión, la prueba de velocidad del pulso ultrasónico y la prueba del martillo de rebote, se han realizado en c° convencional y c° con agr de piedra pómez. **Los resultados de las pruebas** revelaron la sustitución favorable del agr de piedra pómez y la utilidad del c° con agr de piedra pómez. Metodología se estudiaron revisiones de la literatura para recopilar los datos sobre el agr de piedra pómez y, con base en los datos recopilados, se realizaron trabajos preliminares. Se recolectaron materiales como agr de piedra pómez, agr grueso, agr fino, cemento. Se realizaron pruebas básicas de los materiales para asegurarse de que sean aptos para la fabricación de c°.

El diseño de la mezcla para c° de control de grado M3 de c° con agr de piedra pómez se había determinado según IS 10262-2009. Se prepararon moldes para vaciar el espécimen. Se usaron moldes de tamaño 100 mm - 100 mm - 100 mm, moldes cilíndricos de tamaño 100 mm - 200 mm y moldes de viga de tamaño 100 mm - 100 mm - 500 mm para vaciar la muestra con reemplazo parcial del 50%, 80% y 100% de agr grueso con piedra pómez agregar.

Los especímenes colados se probaron después de 28 días de curado. Realice pruebas destructivas, como prueba de resistencia a la compresión, prueba de

resistencia a la fractura, prueba de resistencia a la flexión y pruebas no destructivas como la prueba del martillo de rebote y la prueba de velocidad del pulso ultrasónico en las muestras fundidas. Se compararon los resultados de las pruebas y se llegó a las conclusiones, las muestras que los porcentajes crecientes de agregado de piedra pómez disminuirán la densidad del  $c^\circ$ , lo que da como resultado un  $c^\circ$  de agr liviano.- El agr de piedra pómez se puede reemplazar por agr natural para disminuir el peso propio del  $c^\circ$ . - El agr de piedra pómez absorbe más agua en comparación con el agr grueso normal porque el agr de piedra pómez contiene más poros, por lo que se reducirá la resistencia.

Por lo tanto, se utilizan super plastificantes. - La resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y la resistencia a la flexión de Pumice LWAC con 50%, 80% y 100% de reemplazo muestran que solo el 50% de reemplazo tiene un valor óptimo. Después del 50%, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y el valor de la resistencia a la flexión para el 80% y el 100% disminuyen.- Muestra que el aumento de los porcentajes de agregado de piedra pómez disminuye la resistencia del  $c^\circ$ .- Este tipo de  $c^\circ$  se puede utilizar en paneles de pared de tipo no portante para su uso en edificios prefabricados y se puede utilizar en dinteles, parasoles y tabiques.- El  $c^\circ$  con agr de piedra pómez se puede utilizar en estructuras resistentes a terremotos” **Selvaprasanth1, ManThan; Indumathi3** (2019); “hormigón liviano utilizando piedra pómez **el Objetivo y alcance** Aumento de la resistencia a la compresión  $C^\circ$ .

- Gana fuerza frente a los  $C^\circ$  convencionales. Reducir el peso propio de la estructura  $c^\circ$ . Economía de producción  $c^\circ$ . **El Ensayo de Hormigón y La Resistencia a la compresión 8,3 N/mm<sup>2</sup>**, que es bueno para hormigón ligero. También da una densidad media de 1024,66 kg/ m<sup>3</sup>, pero tenemos que reducir la densidad del  $c^\circ$  a casi igual a la densidad del agua, por lo que es necesario reducir la cantidad de arena triturada y es por eso que redujimos la cantidad de arena triturada y también la reemplazamos con arena de piedra pómez que pasa a través Tamiz IS de tamaño 4,75 mm. en la siguiente muestra **Resultados y Discusiones.**

- Después del estudio completo, se recomendará el uso de hormigón incorporado a aquellas estructuras donde se requiera una resistencia a la compresión de hasta 13,6 N/mm<sup>2</sup>. - El 60% del peso se reduce añadiendo piedra pómez. - La densidad del  $c^\circ$  también se reduce en un 50% al agregar piedra pómez. **En Conclusión,  $c^\circ$**

flotante es un c° mucho más ligero y puede flotar en el agua. No contiene agrs gruesos. Está compuesto por cemento, relación agua-cemento y agente espumante. Así como se mezcla, se puede observar la expansión en el volumen. En 5 minutos se expande en un 30%. Consta de muchos poros y por lo tanto no es estructuralmente fuerte.

**Valinga, Radha, Bhaskar, Swami** (2018) artículo "Agregado liviano reforzado con fibra (Natural Piedra pómez) Hormigón Resumen, El c° reforzado con fibra de acero (SFRC) Es un material compuesto diseñado para reducir la fragilidad C° y aumentar significativamente su ductilidad. Refuerzo de fibra de acero (SFRC, por sus siglas en inglés) para la colocación de túneles y otras infraestructuras subterráneas, relleno, reparación y refuerzo de diversas estructuras. El creciente uso de materiales livianos en aplicaciones estructurales ha hecho de la piedra pómez una materia prima muy popular. Reemplazar el 20 % de Agr de espesor natural y el 1,5 % de fibra con piedra pómez de Agr y el 1,5 % de fibra proporciona una resistencia M20°C por encima del objetivo. Además, c° se obtuvo utilizando un 40 % de piedra pómez y un 0,5 % de hilo M20 de resistencia media. Se puede observar que la resistencia a la compresión de la piedra pómez aumenta con el contenido de fibra, alcanza el valor óptimo con un contenido de fibra del 1,5% y luego disminuye con diferentes contenidos de piedra pómez.

**Para las teorías relacionadas con la disciplina se consideran los conceptos relacionados y sus respectivos aspectos.**

**Piedra pómez o pumicita.**

"Es una roca ígnea que se encuentra en muchos depósitos geológicos de nuestro planeta, es liviana y muy fuerte para ser utilizada como agregado liviano, tiene una estructura porosa coherente formada por lava desgasificada y; aire. Piedra pómez Por lo general, de color gris claro" (Terreros, 2013 págs. 1-9).

La piedra pómez es uno de los materiales más antiguos utilizados como áridos. Hay un requisito especial en la fabricación de lámparas c° los agregados con mayor resistencia se pueden agregar en piedra pómez hasta alcanzar el punto de fusión, (Martínez, 2010 pág. 69)

**Figura N° 1 Trituración de piedra pómez volcánica**



Fuente elaboración propia (2021)

Según Pasquel, para las propiedades mecánicas del concreto, el comportamiento mecánico de  $c^\circ$  generalmente está relacionado con la capacidad de soportar la matriz interna de  $c^\circ$ , incluyendo las resistencias a la compresión, a la flexión y a la tracción cuando se somete a carga, además de determinar la matriz disposición compositiva en términos de comportamiento, intensidades específicas y efectos mecánicos resultantes”., (Pasquel, 1993 pág. 129)”

#### **Concreto.**

“Según el investigador Pasquel, el  $c^\circ$  es una mezcla de agua, cemento y áridos para obtener un material con propiedades aislantes y termoeléctricas muy beneficiosas para la construcción. después de añadirle agua, se endurece y nos da un material con propiedades adhesivas y duraderas” (Pasquel, 1993 pág. 13)”

#### **Resistencia del concreto.**

“Según el investigador, “Pasquel es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, el parámetro óptimo es la adherencia del mortero de cemento, la resistencia a la compresión y a la tracción, que depende principalmente de la concentración del mortero de cemento, generalmente expresada como la relación agua/cemento. factor, pero no menos importante, el tratamiento  $c^\circ$  completa el proceso de endurecimiento. Suelen tener una resistencia a la compresión de 100 kg/cm<sup>2</sup> a 400 kg/cm<sup>2</sup>, La optimización de la estructura se consigue sin añadir 700 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando la denominada tecnología de polímeros, que consiste en añadir un aglutinante a la mezcla, que permite alcanzar una resistencia a la compresión de unos 1500 kg/cm<sup>2</sup>. (Pasquel, 1993 pág. 200)”.

Según Nielson (2001). El concreto se define como una mezcla cuidadosa de

cemento, arena, agregados y agua, que luego se cura al tamaño deseado en una forma predeterminada y como un material pétreo. (página 1), “Pacheco tenga en cuenta que el c° es el material de construcción más importante y representativo, se sintetiza a partir de cemento y agua en una determinada proporción, y esta mezcla se convierte en un aglutinante, logrando la rigidez deseada en el encofrado (2006 pág. 165)”. “Esta variable incluye a su vez dimensiones de resistencia mecánica (compresión, tracción y flexión)”.

Según Nielson (2001), el hormigón se define como el producto de cemento, arena, áridos y agua que se endurece en un molde después de una mezcla completa.

“El agregado se divide en 2 grupos: agr grueso y fino. El agr grueso es la partícula del tamaño nominal máximo especificado, dependiendo del uso previsto c°, si se agregará c°, se debe usar un agregado grueso más pequeño. Ya sea de 1/2” o más pequeño. Este agregado debe tener bordes afilados para asegurar una mejor adherencia, y para agregados finos debe ser analizado fisicoquímicamente, no debe contener nitratos ni sales, ya que esto será muy dañino al calor grados Celsius. Una buena calidad de A C° también será la más cara. “(Patiño & Méndez, 2016 p. 60)” 26 los agregados gruesos más utilizados tienen un tamaño máximo nominal (TMN) de 0,19 cm o 0,25 cm (3/4 de pulgada o 1 pulgada). Uno de los tamaños intermedios, a veces 0,95 mcm (3/8 de pulgada), agregado para mejorar el tamaño general del grano”.

“(Asociación de Cemento Portland PCA, 2004). La Mezcla compuesta por cemento, agua y aire atrapado (aireación). El lodo constituye alrededor del 25% al 40% del volumen total de hormigón. Por lo general, del 7 % al 15 % es la cantidad total de cemento y del 14 % al 21 % es la cantidad de agua. El aire atrapado constituye del 4% al 6% de este volumen. Los áridos constituyen del 60% al 75% del volumen total c°

### **Hormigón Liviano**

“En el siglo II a.C. los romanos fueron pioneros en el uso del hormigón ligero, utilizando materiales volcánicos como áridos (Sáenz, 2015). Los experimentos con la estructura de c° ligero se han realizado en el siglo XX, y tras la Primera Guerra Mundial se supo que c° light tenía propiedades dadas por las propiedades de baja densidad de los agregados livianos, light c° se aplicó a los agregados livianos estructura de alto desempeño en 1917 por Stephen J. Hayde, un fabricante de

ladrillos de Kansas en los Estados Unidos, decidió experimentar con pizarra y arcilla para procesamiento en horno, debido a la expansión del material antes mencionado, introducido posteriormente a la fabricación de cascos durante la Primera Guerra Mundial ALIVEN (2012)”.  
 Ahora hay muchos grados C° livianos que se pueden hacer con concreto poroso o agregando caucho de llantas viejas” (El Gammal, 2010)

“En la década de 1950 se hizo mucha investigación sobre concreto liviano en Sudamérica, sobre todo en Chile, porque en este país pasa por los Andes, y estos volcanes tienen materia prima, porque tienen los volcanes que erupciona el magma cuando se solidifica. Los depósitos de llamas en todo el país son la razón principal para estudiar las propiedades de las rocas ígneas como agregados (López, 2000, p. 26).)”

“La característica principal de la luz c° es que cuando la densidad es de 2,2 T/m<sup>3</sup> ~ 2,4 T/m<sup>3</sup>, la densidad es más baja que la normal c°, y la disminución de la densidad de la luz c° se debe al tipo de agregado que se utiliza. Los agregados utilizados para producir c° son piedra pómez, astillas de madera, arcilla principalmente debido a su baja gravedad específica.

“El C° se puede utilizar en la construcción porque su menor densidad no tiene nada que ver con la resistencia a la compresión, dependerá de la cantidad y proporción de materiales que compongan el c°, lo que distingue al agregado liviano es que es más liviano y mejora las propiedades acústicas y térmicas de la estructura, y se puede comprar agregado liviano en el mercado a un precio más alto que el agregado I tradicional. También puede ser liviano con partículas de poliestireno que rinden la función de un aislante térmico (PAULINO & ESPINO, 2017)”.

**Tabla N° 2 Clasificación de los concretos ligeros**

<b>CONCRETO LIGERO</b>	<b>DENSIDAD (Ton/m<sup>3</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)</b>
Estructural de baja calidad	1.35 - 1.85	>17
Densidad y resistencia baja	0.24 - 0.80	0.7 - 7
Densidad y resistencia moderada	0.80 - 1.90	7 - 17

Fuente: Kosmatka (2004)

*Se puede observar si el agr grueso tiene menor tamaño, tiene mayor trabajabilidad, esto da como resultado una mayor superficie específica lo que significa que se necesita más mortero de cemento y la relación agua/cemento también es mejor. formando vacíos que necesitan ser reemplazados con mortero de cemento para una buena trabajabilidad” (Martínez, 2010)*

Como alternativa a la solución necesaria para reducir la densidad C°, se creó “C° con la adición de agregados livianos, un material con las mismas propiedades mecánicas que el C° convencional, además, estos concretos deben satisfacer 3 propiedades principales: Facilidad de manejo, resistencia y durabilidad (Videla, 2000) “

Ya existen diferentes tipos C°, ligero dependiendo de la utilización que podamos darle como C° liviano estructural, c° liviano de relleno que se emplea en la construcción el C° de relleno se diferencian según el tipo de material a utilizar. La composición (árido) similar a estos C°s es el uso de cemento y agua.

Para los edificios, el concreto liviano puede cumplir una función estructural el c° proporciona una textura con mayor fuerza y resistencia al fuego, térmico acústico esto es lo que nos brinda un concreto liviano con puzolana o piedra pómez. (Arce, 1997)

**“La resistencia a la compresión** Según “Kosmatka, es medir la resistencia máxima que brinda la muestra C° en su dirección axial, la resistencia se puede expresar en unidades como kilogramos por centímetro cuadrado, megapascuales, libras por libra cuadrada, etc., además de las condiciones ambientales, luego se determina la resistencia c° dependiendo de la proporción de agua y cemento. Otro aspecto importante a determinar es el número de días hasta la curación, normalmente 7 días de curación da un 75% de resistencia ganada después de 28 días, 56 días de resistencia es un 10% superior a 28 días de resistencia y 90% de resistencia, de lo contrario, en comparación con 28 días, estos días aumentan 15%” (2004 pág. 8)”

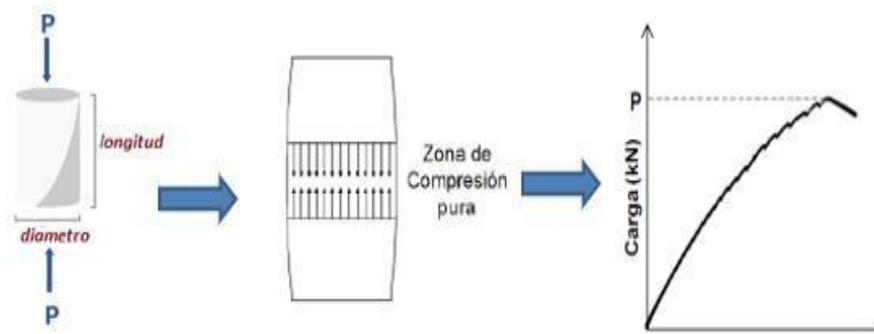
**Tabla N° 3 Resistencia de un c° en función a la edad**

CONCRETO LIGERO	DENSIDAD (Ton/m3)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
Estructural de baja calidad	1.35 - 1.85	>17
Densidad y resistencia baja	0.24 - 0.80	0.7 - 7
Densidad y resistencia moderada	0.80 - 1.90	7 - 17

Fuente: Kosmatka (2004)

El investigador, “Osorio (2004) señala a la resistencia a la compresión se considera una propiedad importante de las propiedades mecánicas, ya que esta propiedad juega un papel importante en la estructura normal del hormigón, la resistencia se determina mediante ensayos de laboratorio de muestras de hormigón. Evaluación (p. 31). En el Manual de Pruebas de Materiales de Transporte del Departamento de Transporte (2016) Se encuentra que la resistencia a la compresión se calcula tomando el promedio del área de la sección transversal determinada por la carga máxima sobre el espécimen soportado por el espécimen bajo prueba durante la prueba (pág. 795)”.

**Figura N° 2 Esquemas del ensayo a la resistencia a compresión**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (\text{E.c 2.1})$$

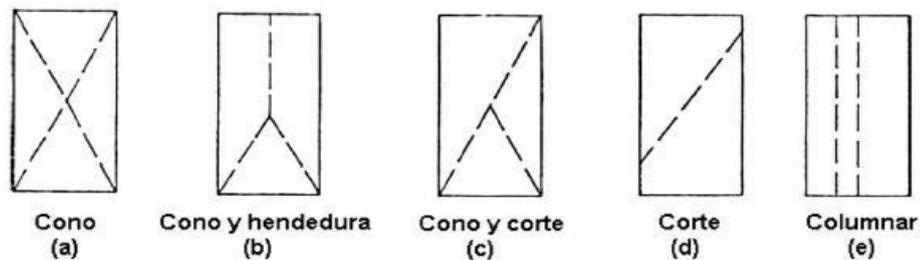
Donde:

$f_c$ : Resistencia a la compresión (N/cm<sup>2</sup>)

P: Carga máxima de rotura (N/cm<sup>2</sup>)

A: Área de la sección transversal (N/cm<sup>2</sup>)

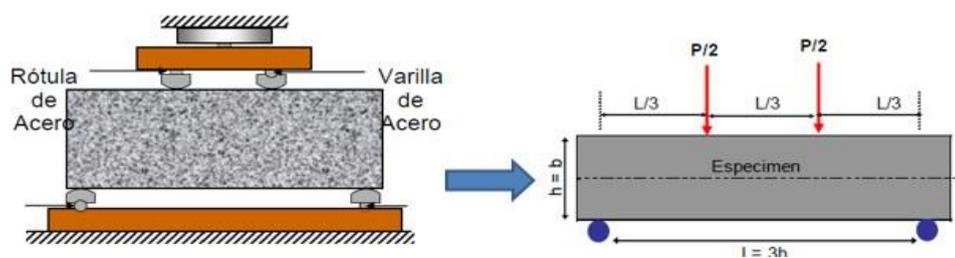
**Figura N° 3 Modelo de falla al ensayo de la resistencia a la compresión**



Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones (2016)

“La **resistencia a la Flexión** Según Portugal (2007). La resistencia a la flexión de las vigas se suele calcular suponiendo una distribución lineal de las deformaciones a lo largo de la altura de la sección y teniendo en cuenta el equilibrio de fuerzas y momentos. Hay dos factores a tener en cuenta al usar este programa. En primer lugar, es necesario conocer la deformación de las superficies extremadamente comprimidas que serán destruidas (p. 295), como se puede mencionar, Gutiérrez (2003) afirma que la resistencia a la flexión se utiliza ampliamente en el diseño de pavimentos y vías de aeropuertos. La resistencia a la flexión  $c^\circ$  se determina en una viga prismática con una sección transversal de 15 x 15 y una longitud de 50 cm (pag.55)”

**Figura N° 4 Esquema del ensayo de resistencia a flexión**



$$M_r = \frac{P * L}{b * h^2} \quad (E.c 2.2)$$

Donde:

$M_r$  = módulo de rotura kg/2

P = carga máxima aplicada en kg

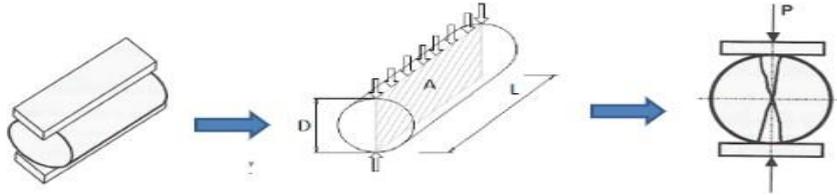
L = luz libre entre apoyos en cm

b = ancho de la viga en cm

h = altura de la viga en cm

“**La resistencia a la tracción** Según Sánchez de Guzmán (2001), el c° es intrínsecamente débil en relación a la fuerza de tracción, lo que muchas veces conduce al diseño de estructuras normales sin tener en cuenta la fractura en c°, desde el fraguado. o variaciones de temperatura. La contracción debida a estos factores crea tensiones de tracción internas.” pág. 55). La resistencia a la tracción intermedia se calcula mediante la fórmula.”

**Figura N° 5 Esquemas del ensayo de f tracc indirecta**



Fuente: Sánchez de Guzmán.

$$f_{tr} = \frac{2P}{\pi * L * D} \quad (E.c 2.3)$$

Donde:

f<sub>tr</sub> = resistencia a la tracción kg/cm<sup>2</sup>

P = carga máxima indicada por la máquina de ensayo (Kg)

L = Longitud del cilindro en cm

D = diámetro del cilindro en cm

“Según la Variable de piedra pómez volcánica de Nielson (1984). La roca está compuesta principalmente de vidrio volcánico con depósitos de ceniza volcánica. Su color varía de amarillo pálido a marrón. quedar sin cambios. (pag.14)

Ministerio de Transporte y comunicaciones (2016). “La humedad total se define como la relación entre la masa de agua en un volumen dado de una muestra y la masa de partículas sólidas en la misma muestra, usando la siguiente expresión”

$$P = \frac{W - D}{D} * 100 \quad (E.c 2.4)$$

Donde:

P = de contenido de humedad (%)

w = peso de la muestra inicial (gr)

D = peso de la muestra seca

Según la NTP 400.021 (2002) el **peso específico** se define como la relación entre la masa por unidad de volumen de materia y la masa del mismo volumen de agua

a temperatura constante (pag.3).

“De acuerdo con la NTP 400.021 (2002) el peso específico aparente del agr. grueso, esta propiedad se expresa como porcentaje del peso seco y se define como la cantidad de agua absorbida por el agregado que se seca a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  después de remojarlo en agua por 24 horas (pág. 3), se calcula con la ecuación 2,6”.

Según la NTP 400.021 (2002). La densidad se define como la relación entre la masa de una unidad de volumen de materia y la masa del mismo volumen de agua a temperatura constante (página 3), ecuación 2.7.

De acuerdo con la “NTP 400.021 (2002) el **peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS)**. Se define por la relación de la masa por unidad de volumen del agregado a la masa del agua sumergida en gran medida en el agregado, el agua en los poros obstruidos por inmersión en agua durante 24 horas, y la relación entre la masa del agregado y la masa del agregado mismo volumen de agua libre. (pag.3),” se calcula con la ec. 2.8

$$A_b = \frac{(B - A)}{A} * 100 \quad (\text{E.c 2.5})$$

Donde:

$A_b$  = absorción (%)

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada

$$P_{EA} = \frac{A}{(A - C)} \quad (\text{E.c 2.6})$$

$$P_{EM} = \frac{A}{(A - C)} \quad (\text{E.c 2.7})$$

$$P_{ESSS} = \frac{B}{(B - C)} \quad (\text{E.c 2.8})$$

Donde:

$P_{EA}$  = peso específico aparente

$P_{EM}$  = peso específico de masa

$P_{ESSS}$  = peso específico de masa saturado superficialmente seco

Según la NTP 400.022 (2013) “Absorción de los agregados finos, esta propiedad se expresa en porcentaje y determinado por el peso del producto añadido debido a

la presencia de agua en el agua intersticial. (página 5)”, se calcula en la ec. 2.12 según “NTP 400.022 (2013) Densidad. v. (página 6)”. Ecuación 2.9

De acuerdo con la NTP 400.022 (2013), la densidad de saturación seca se define como la característica de permeabilidad de las partículas sintéticas en las que los poros son bloqueados por el agua debido a estar sumergidos por un tiempo determinado (página 7). Calcular con ecuaciones. 2.10

De acuerdo con la NTP 400.022 (2013), la densidad aparente es una unidad de masa por volumen de la porción impermeable del agregado. (p. 6), se calcula a partir de la ec. 2.11

$$D_M = \frac{W_0}{(V - V)} \quad (\text{E.c 2.9})$$

$$D_{SSS} = \frac{500}{(V - V)} \quad (\text{E.c 2.10})$$

$$D_a = \frac{W_0}{(V - V) - (500 - W)} \quad (\text{E.c 2.11})$$

$$A_b = \left( \frac{500 - W_0}{W_0} \right) * 100 \quad (\text{E.c 2.12})$$

Donde:

$D_{SSS}$  = densidad saturada superficialmente seco

$D_a$  = densidad aparente

$A_b$  = absorción (%)

$D_M$  = densidad de masa  $\text{gr}/\text{cm}^3$

$W_0$  = peso en el aire de la muestra secada en el horno, gr

$V$  = volumen del frasco en  $\text{cm}^3$

$V_a$  = peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida al frasco

De acuerdo con la “NTP 400.017 (1999). El porcentaje de vacíos es el espacio entre agregados que no está ocupado por minerales sólidos (página 2) y se calcula mediante la ecuación 2.13. El peso unitario es peso por unidad de volumen.

$$M = \frac{(G - T)}{V} \quad (\text{E.c 2.13})$$

$$\% \text{Vacío} = \frac{(A * W) - B}{A * W} \quad (\text{E.c 2.14})$$

M = peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>)

%vacíos = porcentaje de vacío (%)

G = peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = volumen del recipiente de medida en m<sup>3</sup> (pie<sup>3</sup>)

**La granulometría** según el investigador Abanto (2009), es una medida del tamaño de partícula que es La distribución de las partículas según su tamaño se determinó separando una red normalizada. Según Toirac (2012), el módulo de finura se define como una métrica para la estimación de propiedades compuestas, obtenida al dividir por la suma acumulada del porcentaje de retención en un tamiz normalizado.

$$MF_{ag} = \frac{\sum \% \text{ retendio acumula}(3" , 1 \frac{1}{2}" , 3/4" , 3/8" , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

(E.c 2.15)

$$MF_{af} = \frac{\sum \% \text{ retendio acumula}(3/ 8, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50)}{100}$$

(E.c 2.16)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación.

##### **Método: Científico**

##### **“El investigador Sierra citada por Baena (2018)**

Estima que el método científico incluye procedimientos diseñados para plantear preguntas y/o problemas sobre hechos y personas, basados en observaciones y teorías existentes; formulando hipótesis sobre problemas y comparándolas para predecir soluciones (pág. 33)”.

Por definición, en esta investigación se utilizará el método científico.

La investigación se realizó con observación directa para sustentar hipótesis y estandarizar interrogantes sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto con adición de piedra pómez volcánica.

Este estudio corresponderá a una encuesta aplicada donde se utilizará el conocimiento obtenido en la práctica para obtener resultados en beneficio de las personas.

##### **Diseño de la Investigación**

##### **Tipo: Aplicada**

Según el investigador Muñoz (2016) menciona: “La investigación aplicada tiene por objeto o pretende aplicar inmediatamente los conocimientos adquiridos” (p.35).

El presente estudio se desarrollará utilizando los conocimientos adquiridos durante la formación especializada y durante el estudio, lo que permitirá una evaluación precisa de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. En base a lo descrito este estudio será de tipo aplicada.

##### **Nivel: Explicativo**

“El investigador Hernández, (2014). El estudio es el nivel de explicación cuando se establecen los principios o razones para los objetivos especificados, los componentes básicos para la investigación y las explicaciones. ¿Por qué?. El fenómeno se produce y lo vincula entre dos o

más variables (p.95)”.

El objetivo del estudio no es solo describir sino también evaluar y explicar las actividades mecánicas del hormigón después de la adición de piedra pómez volcánica.

### **3.2 Variables y Operacionalización**

La operacionalización de las variables son los siguientes: V1- Variable Independiente: piedra pómez volcánica Definición Conceptual.

#### **Piedra pómez o pumicita.**

“Son rocas ígneas que se encuentran en muchos sedimentos de nuestro planeta, son ligeras y muy fuertes como los agregados ligeros y tienen una estructura porosa coherente formada por la desgasificación de la lava al exponerse al aire; la piedra pómez suele ser de color gris claro.” (Terreros, 2013 págs. 1-9)

La piedra pómez es uno de los materiales más antiguos utilizados como áridos. Durante la producción de luz C°, se requiere particularmente un agregado que sea más resistente a la agregación de piedra pómez hasta el punto de fusión, (Martínez, 2010 pág. 69)

#### **V2-Variable dependiente:**

Comportamiento mecánico del concreto. Definición Conceptual “comportamiento mecánico del concreto según Pasquel. Además de establecer las propiedades de resistencia y los productos de acción mecánica, el comportamiento mecánico c° y la resistencia total c° pueden demostrar resistencia a los esfuerzos de compresión, flexión y tracción bajo carga asociada con la adaptación de estructuras de concreto seco. “(Pasquel, 1993 pág. 129)”

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

El investigador Sánchez (2018) es un grupo que incluye los elementos, instancias, objetos, todos los cuales tienen ciertas características o criterios comunes. (p.102).

En la presente investigación la población ha sido la producción de concreto f'c=210g/cm<sup>2</sup> con la adición de piedra pómez volcánica en 10%,20%,30 % en el distrito de Coya - Cusco.

## **Muestra**

El investigador Palella (2012) Piense en una muestra como nada más que elegir una parte específica de la población cuyas características sean lo más precisas posible.” (p. 105). Es una parte o un subconjunto de elementos previamente seleccionados del conjunto para la prueba.

Las piezas de prueba incluirán 36 cilindros de compresión, 36 prismas doblados y 36 cilindros de tensión.

## **Muestreo**

Según el investigador López y Fachelli (2015)

En el llamado muestreo no probabilístico, la selección de los factores a estudiar se determinará a conveniencia del investigador, teniendo en cuenta los factores que considere relevantes. (p. 7).

Dado que la muestra fue seleccionada al azar, el muestreo en este estudio no es probabilístico.

Se seleccionará aleatoriamente de todas las muestras (muestreo aleatorio simple)

### **3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.**

#### **Técnicas de Investigación**

El autor Bernal et al. (2014)

Define “Las técnicas de investigación, aquellas que involucran un análisis cuidadoso del tipo de análisis en el que ocurre el fenómeno en estudio. La observación puede estar involucrada o no, dependiendo de la intervención del investigador en el proceso”. (p.58)

En este estudio, se utilizará la observación directa para recopilar información.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo al investigador Bernal (2010) “Los formularios de rastreo son la herramienta de recopilación de información más relevante que se encuentra durante la búsqueda de información” (p.15).

En esta encuesta, se utilizó una ficha técnica de recolección de datos de elaborado por el investigador.

Fichas técnicas: Para el presente estudio, se utilizó como instrumentos de la

recolección de los resultados las fichas técnicas, que nos ayudó a expresar y señalar los datos obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de concreto y que son:

- Ficha tec 01: Resistencia a la Compresión (*Anexo N° 03*)
- Ficha tec 02: Resistencia a la Flexión (*Anexo N° 04*)
- Ficha tec 02: Resistencia tracción (*Anexo N° 05*)

Validez de instrumentos:

Según el investigador Carrasco (2006). Esta es una característica de un instrumento de investigación que tiene como objetivo medir de manera objetiva, precisa, veraz y honesta lo que se mide a partir de una variable o variables del estudio (p. 336)

Precisión del contenido de la herramienta para variables, piedra pómez volcánica y propiedades mecánicas del hormigón se dio a través del juicio de 03 especialista se encuentra en el anexo N° 03

- **Especialista 1.** Ing.: Hugo Cuba Benavente Cip: 128589 (*Anexo 03*).
- **Especialista 2.** Ing.: Gliserio Luque Mamani Cip: 80703 (*Anexo 03*).
- **Especialista 3.** Ing.: José Darío Silva Guevara Cip :105267 (*Anexo 03*).

Confiabilidad

Según el investigador Muñoz (2016). Hace referencia a la consistencia al a información, especialmente con respecto a la tecnología, especialmente las herramientas utilizadas en una investigación, para asegurar resultados consistentes. (p. 186)

Para nuestra investigación los ensayos que se realizaron tanto mecánicos y físicos del concreto, en estado fresco y estado endurecido se efectuaron con equipos calibrados y todos los equipos tienen certificación de calibración de los cuales se anexa en anexo N°4

### **3.5 Procedimientos**

#### **PASO 01: Estudios previos**

Yacimientos volcánicos de piedra pómez han sido identificados en el distrito de Coya de la región Cusco y el distrito de San Salvador de la provincia de Calca.

La cantera de agregados se encuentra en la siguiente ubicación del distrito san salvador 19 L con coordenadas este 198901.41 m E y coordenadas norte

### **PASO 02: Ensayos al agregado**

Se realizaron las pruebas físicas para los agregados, piedra triturada y arena, solo, las pruebas físicas incluyen: determinación de la gravedad específica, absorción de agua, contenido de humedad y gravedad específica, luego se aplican solo a los agregados de grano grueso.

### **PASO 03: Caracterización de los materiales**

Las propiedades del material utilizado para c° deben contener la información necesaria, la cual se recopilará para la información de los agregados se obtendrán información técnica sobre la base de pruebas, para el cemento, de acuerdo a sus especificaciones técnicas el agua será potable.

Se caracterizaron los materiales para el diseño de mezclas para la realización de muestras de ensayo del c°, el curado adecuado durante el proceso de las muestras y las posteriores pruebas de resistencia a la compresión, flexión y tracción, todas las instrucciones y procedimientos se basan en los siguientes criterios y normas:

- La placa de diseño ACI se ha utilizado para proyectos híbridos. 211
- ASTM C33 se utiliza para el análisis de tamaño de partículas.
- La gravedad específica y la absorbancia de la plata fina cumplen con la norma ASTM C128/NTP 400.022. Pruebe las varillas a granel y de unión de acuerdo con ASTM C-29/NTP 400.017.
- Humedad según norma ASTM-C566.

### **PASO 04: Optimización de la granulometría del AG grueso**

Con base en el análisis granulométrico general realizado en laboratorio, se debe optimizar el tamaño de partícula de acuerdo a la NTP 400.037 "C° seco", que representa los porcentajes mínimo y máximo de cada tamaño de partícula nominal.

### **PASO 05: Diseño de mezcla**

En cuanto a la especificación detallada de c°, se realiza de acuerdo a la norma ACI 211, donde se ha calculado el volumen requerido para el ensayo. La preparación de la mezcla continúa.

### **PASO 06: ensayos físicos y mecánicos al concreto**

Se realizarán pruebas físicas al concreto incluyendo: asentamiento, control de temperatura, aire atrapado, tiempo de fragua y densidad, así como pruebas mecánicas: compresión, flexión y resistencia a la tracción.

#### **Proporciones de la mezcla**

Una vez que se complete el proyecto, el material para cada muestra de C° estándar se calculará para la muestra de cilindro de 15x30 cm y la muestra de haz de 15x15x54 cm. Se adicionará piedra pómez en porcentajes de 10 %, 20%, y 30 % con respecto al peso del cemento.

#### **Elaboración del concreto**

Después de obtener el diseño de mezclas, se elaborará el c° con el cual se hace el vaciado en los moldes, para cumplir con los objetivos, según la hipótesis indicada cumpliendo con la norma ACTM C-31.

### **PASO 07: análisis de resultados**

Con base en los resultados del estudio, se analizarán y formularán conclusiones, discusiones y recomendaciones.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Los datos se obtuvieron de este estudio se realizó con los siguientes propósitos.

### **3.7 Aspectos Éticos**

En esta investigación fue desarrollada teniendo en cuenta la propiedad intelectual de los autores que investigaron el tema, confiabilidad de la información obtenida de los resultados y aplicación de estándares éticos de objetividad, confidencialidad y originalidad.

**Con respecto a la autenticidad**, el presente trabajo de investigación se realiza en el marco de la dirección y preparación de investigaciones y tesis para alcanzar la calificación académica y profesional de la Universidad Cesar Vallejo y de acuerdo con la norma ISO 690.

**Con respecto a la verdad**, para respetar los hechos, el responsable del laboratorio de INGEOMAT (Geotecnia y Materiales E.I.R.L.) describirá, analizará, evaluará y aprobará los resultados de los ensayos.

**Con respecto a la autonomía**, en el estudio presentado por el autor sus objetivos (la realidad problemática), comparación de objetivos, estándares,

conocimientos y conclusiones de antecedentes se abordan en el segundo capítulo de este estudio.

**Y, por último, con respecto al compromiso y la responsabilidad,** durante el estudio, el autor está obligado a realizar este trabajo de investigación para lograr sus objetivos personales.

## **IV. RESULTADOS**

En este capítulo, con referencia a los estudios, se presentan los resultados obtenidos; Desarrollado con técnicas y herramientas utilizadas en la investigación, luego utilizado a través de las aplicaciones mencionadas anteriormente, observado con tablas y gráficos descriptivos, presentado en secuencia y basado en objetivos específicos.

### **Memoria Descriptiva**

#### **Ubicación geográfica**

##### **Nombre del proyecto**

La investigación titulada “Estudio de las Propiedades físicas y Mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de piedra Pómez volcánica distrito de Coya, Cusco – 2021”.

##### **Ubicación de la zona de estudio**

Se realizó en el distrito de Coya, ubicada específicamente en el valle sagrado de los incas cuya coordenada es 19 L coordenadas este 185561.35 m E coordenadas norte 8518080.70 m con 71°37'41” o con una elevación de 2959 msnm ubicada. El objetivo del trabajo fue determinar cómo las propiedades físicas y mecánicas del concreto con adición de piedra pómez afectan las propiedades físico-mecánicas del concreto en zonas volcánicas con adición de piedra pómez  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> Obra Cusco Coya -2021 como zona de estudio, situada en:

Región	: Cusco
Departamento	: Cusco
Provincia	: Calca
Región Geográfica	: Sur
Distrito	: Coya

El Distrito Coya pertenece a la provincia de Calca del Departamento de Cusco. Es uno de los 8 condados de la provincia de Calca, con un total de 63.155 habitantes según el censo de 2017. La densidad de población es de 14,31 personas/km<sup>2</sup>.

Límites del distrito: El Sur-Oeste limita con el distrito de San Salvador sur y Sur-Este limita con el distrito de Taray por el noreste limita con Colquepata,

Nor-Oeste con el distrito de Lamay.

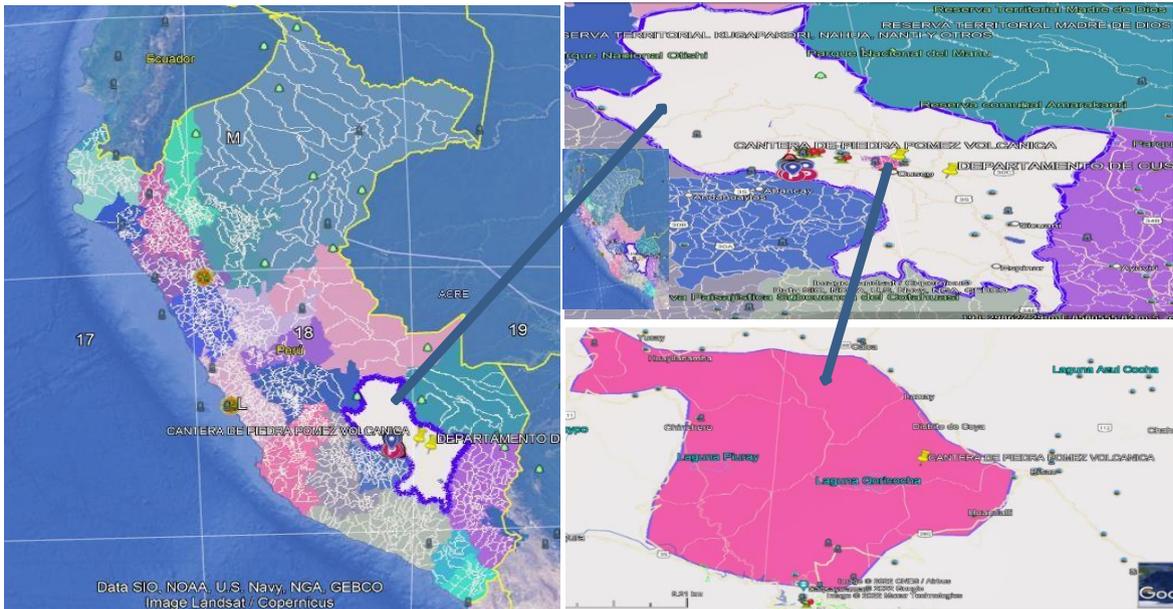
**Figura N° 6 Localización geográfica del proyecto**



19 L COORDENADAS ESTE 183840.63 m E COORDENADAS NORTE 8514491.51 m S

Fuente: Elaboración propia (2021)

**Figura N° 7 Mapa de ubicación a nivel regional y provincial**



Fuente elaboración propia (2021) google ears

**Accesibilidad a la Zona de Estudio:**

Para estar en el área de investigación zona de extracción de piedra pómez volcánica, se va por la vía Cusco valle sagrado de los incas la cantera se encuentra a 2.5 kilómetros del distrito de Coya, esta cantera pertenece al Concejo Menor de Patabamba, y esta zona pertenece al Distrito de Coya

Provincia de Calca Departamento de Cusco.

### **Estado actual de la zona del proyecto:**

En la actualidad la cantera se encuentra a 2.5 km, en donde se realizará el estudio, la zona se encuentra en pendiente no tan pronunciada, esto facilitará su extracción del material.

### **Ensayos de Campo**

El trabajo de campo incluye pruebas realizadas en concreto, implica la determinación de las propiedades físicas y mecánicas utilizando materiales que cumplen con la norma ASTM, comenzando con el muestreo a °C, luego progresando al control de temperatura utilizando la norma ASTM 1064 y luego utilizando la norma ASTM C 143 para determinar el estándar de liquidación, luego cilíndricos, 09 unidades y 09 prismáticos. Se realizaron muestras de acuerdo a la norma ASTM C 39, para cada muestra se realizó el mismo proceso, mostrar 03 otras muestras, luego normalizar los testigos según se requiera. De acuerdo con la norma ASTM C 31, finalmente se determina la densidad del concreto usando una balanza calibrada, y luego de que se completan las pruebas físicas, se inicia el trabajo de laboratorio.

### **Ensayos de Laboratorio**

En cuanto a las pruebas de laboratorio se tomaron ensayos a los agregados y se hicieron pruebas físico a la piedra pómez volcánica, teniendo en cuenta la información requerida de los agrs., para desarrollar el diseño de la mezcla, como lo es la determinación de la humedad, según ASTM C 566, absorbancia y peso específica. Según ASTM C 137, peso unitario compactado según ASTM C 29, se realizó análisis de tamaño de partícula. Para conocer el estado del gradiente, y dado que no cumple con lo establecido en la norma NTP 400.037, se ha optimizado el tamaño de partícula y los ensayos pertinentes a la piedra pómez volcánica, fueron para ver si contenían elementos extraños que interrumpan la fragua del c°.

Para ensayo de curado a °C, ensayo de compresión basado en ASTM C 39, ensayo de flexión basado en ASTM C 293, laboratorio de la empresa para ensayos físicos, de áridos y mecánicos del hormigón de INGEOMAT (INGENIERÍA GEOTECNIA Y MATERIALES) ACTIVIDAD 1.- ACOPIO DE MATERIALES Consiste en adquirir los materiales que conforman de la

siguiente manera: El agr fino, agr grueso, Cemento Portland IP y la piedra pómez, estos materiales se utilizaron en la preparación de la mezcla del C° f'c=210 Kg/cm **Cemento**. Se utilizó para el diseño de mezcla el cemento portland puzolánico tipo IP (cemento Yura), con fecha de embalsamiento del 4 enero del 2022, según su código del producto, la misma que se adquirió de una tienda que provee materiales de construcción en la de Ciudad del Cusco. **Agregados**. los agrs son de la cantera Apu Pirhuayani que se ubica en el Distrito de San Salvador, Provincia de Calca. Se usó piedra chancada de ½", Tamaño máximo nominal y un metro cúbico de arena fina por grano.

**Figura N° 8 Canteras de la piedra pómez volcánica distrito de Coya – Región Cusco**



Fuente Elaboración propia (2021)

**Figura N° 9 Cantera de agregados sector (Apupirhuayani) distrito de San Salvador**



Fuente: Elaboración propia (2021)

## **ACTIVIDAD 02.- CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES TOMA DE MUESTRAS DE LOS AGREGADOS**

Se tomaron las muestras de los agregados para pruebas de laboratorio, como un procedimiento muy importante para determinar su calidad y de acuerdo con la normativa NTP.

### **Herramientas y materiales de laboratorio. materiales de laboratorio**

Agr fino - cantera San salvador (Sector Apupirhuayani) Agr grueso - cantera San Salvador (Sector Apupirhuayani) Agr piedra pómez cantera Coya (sector Patabamba).

Implementos: Regla, cucharón, balanza bien calibrada, equipos de seguridad.

**Procedimiento:** Se tomaron muestras agregadas para pruebas de laboratorio, como un procedimiento muy importante para determinar su calidad y de acuerdo con la normativa NTP Se prosiguió a acopiar el material (agr grueso y fino), formando.

### **ENSAYO DE GRANULOMETRÍA**

Los materiales de laboratorio son partículas cuya distribución de tamaño constituye la masa del agregado y el análisis de tamaño de partícula se determina cuando se realizan las pruebas apropiadas para una buena distribución de tamaño del agregado, grado fino y grueso  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para posterior preparación del concreto de acuerdo a la NTP 400.037. Para este proyecto de investigación, en algunos casos, los agregados no cumplían con los parámetros enumerados en la NTP 400 037 (contenía exceso de finos) y estos agregados no se mejoraban con lavado, etc.

### **ENSAYO: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO**

Nuestros fines agrícolas se encuentran dentro de los límites de acuerdo a la NTP 400.037. Los agregados extraídos no contienen finos en exceso y el material retenido en la criba estándar de 3/8 de pulgada según NTP 400.037 se considera agregado grueso.

### **Implementos y materiales de laboratorio**

Agr grueso de la cantera San Salvador (Apu Pirhuayani) horno secador.

Tamices de (1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°50 N°100, N°200 y cazuela).

Balanza, cucharón, bandejas, brocha.

Recipientes de distintos tamaños.

Equipos de seguridad.

**Figura N° 10 Pesado del Agr grueso en la balanza**



### Ejecución del ensayo

Después del corte manual de grano fino y grueso, se tomó una muestra seca con un peso de 2 kg, y luego se colocó en una estufa a 110 °C 5 °C durante 24 h. Estándar (tamiz: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°50, N°100, N°200 y gradinado).

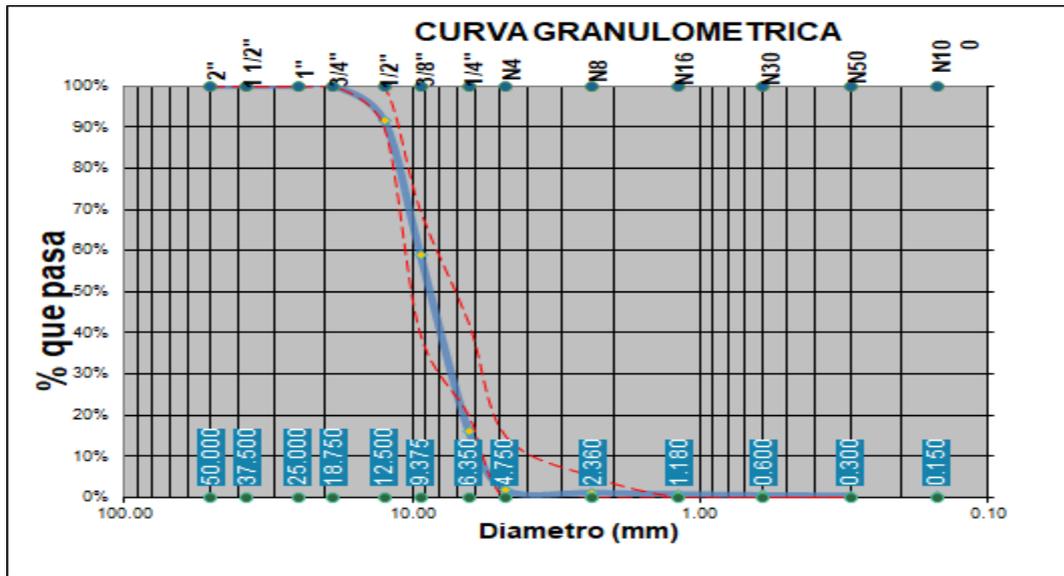
Una vez procesado el tamizado, se realiza a pesar el material retenido en cada tamiz, se hizo un registro en una ficha tec.

**Figura N° 11 Pesado del Agr grueso en la balanza**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Figura N° 12 Tamizado del Agr en tamiz de 1" hasta N°200



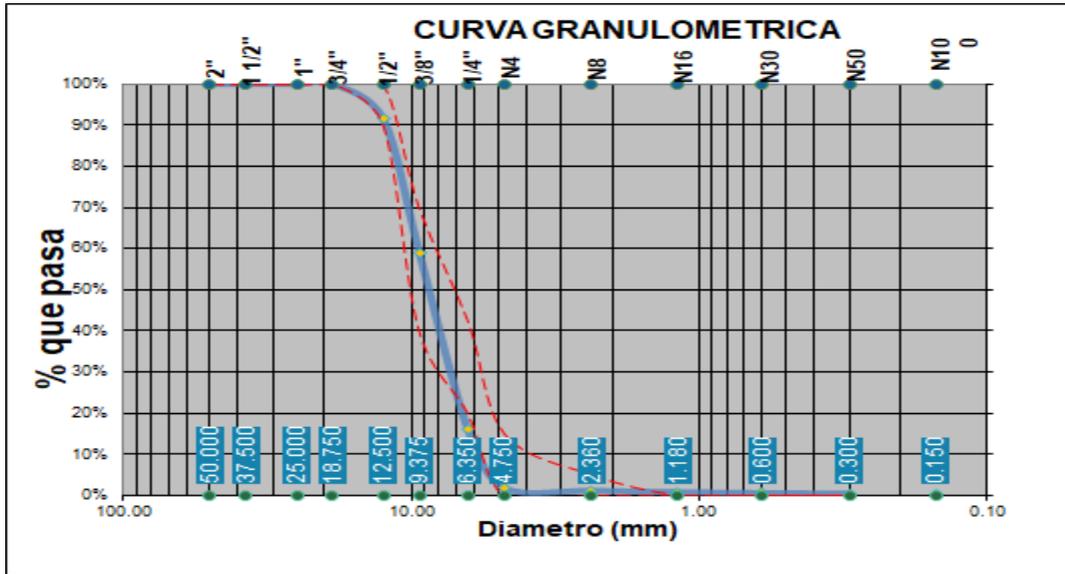
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tabla N° 4 Resultados obtenidos de granulometría del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO POR TAMIZADO MTC E-107-200						PARÁMETROS	
						ASTM C 33	
Tamiz N°	Diam. (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Superior	Inferior
2 pulg	50.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1 1/2 pulg	37.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1 pulg	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
3/4 pulg	18.750	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1/2 pulg	12.500	258.32	8.55%	8.55%	91.45%	100.00%	90.00%
3/8 pulg	9.375	984.32	32.58%	41.13%	58.87%	70.00%	40.00%
1/4 pulg	6.350	1296.32	42.91%	84.04%	15.96%	42.50%	20.00%
N°4	4.750	425.62	14.09%	98.13%	1.87%	15.00%	0.00%
N°8	2.360	20.45	0.68%	98.81%	1.19%	5.00%	0.00%
N°16	1.180	10.32	0.34%	99.15%	0.85%	0.00%	0.00%
N°30	0.600	6.52	0.22%	99.36%	0.64%	0.00%	0.00%
N°50	0.300	3.62	0.12%	99.48%	0.52%	0.00%	0.00%
N°100	0.150	5.26	0.17%	99.66%	0.34%	0.00%	0.00%
bandeja	0.000	10.36	0.34%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		3021.11	100.00%				

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Figura N° 13 Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tabla N° 5 Resultado del contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MATERIAL GRUESO				
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.00	26.79	24.16	
PESO CAPS+ MATERIAL HUMEDO	112.55	115.20	114.23	
PESO CAPS+ MATERIAL SECO	113.65	114.28	113.67	
PESO DEL AGUA	-1.10	0.92	0.56	
PESO DEL SUELO SECO	84.65	87.49	89.51	
CONTENIDO DE AGUA (%)	-1.29	1.05	0.63	0.13
PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =		0.13%		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**ENSAYO: GRANULOMETRÍA DEL AGR. FINO**

Cumple con NTP 400.037, destinado a producir agr. fino que se considera en el rango de tamaño especificado y puede pasar a través de una pantalla estándar de 3/8 de pulgada y retenido en una pantalla estándar de 74 µm.

**Implementos y materiales de laboratorio**

Agr fino de la cantera San salvador (Sector Apu Pirhuayani) Horno, Brocha.

Tamices de (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200)

Balanza.

Recipientes de tamaños diferentes, bandejas equipos de seguridad.

**Realización del ensayo**

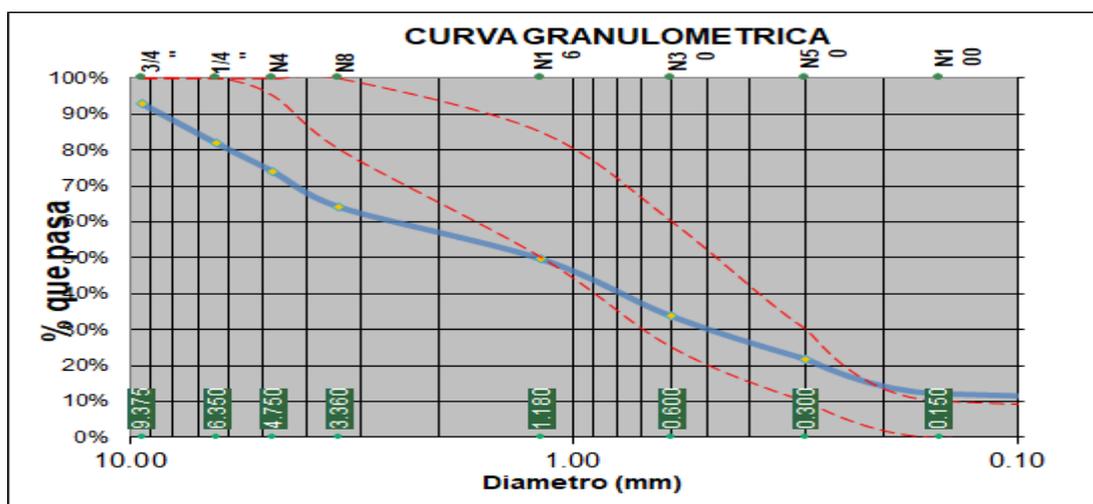
Una muestra seca que pesaba 2 kg se colocó en un horno a 110 °C a 5 °C durante 24 h. Se tamiza en la malla normalizada en la especificación. (Tamiz 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y olla) Por último guardar el material de cada tamiz y anotarlo en la ficha técnica correspondiente.

**Tabla N° 6 Resultado de Granulometría del Agr Fino**

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO POR TAMIZADO MTC E-107-200							PARAMETROS	
							ASTM C 33	
Tamiz N°	Diam. (mm)	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido Acumulado	%que pasa	Superior	Inferior	
3/8 pulg	9.375	144.70	7.12%	7.12%	92.88%	100.00%	100.00%	
1/4 pulg	6.350	225.47	11.10%	18.22%	81.78%	100.00%	100.00%	
N 4	4.750	157.87	7.77%	25.98%	74.02%	100.00%	95.00%	
N 8	3.360	201.95	9.94%	35.92%	64.08%	100.00%	80.00%	
N 16	1.180	294.41	14.49%	50.41%	49.59%	85.00%	50.00%	
N 30	0.600	323.51	15.92%	66.33%	33.67%	60.00%	25.00%	
N 50	0.300	240.95	11.86%	78.19%	21.81%	30.00%	10.00%	
N 100	0.150	195.18	9.60%	87.79%	12.21%	10.00%	0.00%	
bandeja	0.000	248.10	12.21%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		2032.14	100.00%			<b>SERIE "C" (Tyler)</b>		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 14 Curva granulométrica del agregado fino**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Determinación del porcentaje de humedad evaporada en agrs. finos y gruesos según los parámetros indicados por la NTP 339.185 Se tomaron muestras sin cambios, se examinaron y se colocaron en estufa a 110 °C 5 °C por 24 h,

luego se secó la muestra y se volvió a pesar.

**Tabla N° 7 Resultado del contenido de Humedad**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MATERIAL FINO				
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE CAPSULA	29.00	26.79	24.16	
PESO CAPS + MATERIAL HUMEDO	119.63	114.49	114.17	
PESO CAPS + MATERIAL SECO	119.09	114.06	113.56	
PESO DEL AGUA	0.54	0.43	0.61	
PESO DEL SUELO SECO	90.09	87.27	89.40	
CONTENIDO DE AGUA (%)	0.60	0.50	0.68	0.59
PROMEDIO DE CONTENIDO DE AGUA =	0.59%			

Fuente: Elaboración Propia (2021)

## **ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS**

### **Ensayo: Peso Específico y absorción del Agregado Grueso**

Se realizaron pruebas de laboratorio utilizando la NTP 400.021. En el cual se determinó la gravedad específica de la masa seca, la gravedad específica de la masa seca saturada y la absorbancia de la muestra después de la inmersión en agua durante 24 h.

#### **Implementos y materiales de laboratorio**

- Agr grueso de la cantera San Salvador (Sector Apu Pirhuayani)
- Horno
- Balanza
- Recipientes
- Canastilla de suspensión
- Paño absorbente
- Tamiz N°4
- Recipientes
- equipos de seguridad

#### **Realización del ensayo.**

La muestra que pasa a través del tamiz en la malla N°4 se descarta el material que pasa por la malla mencionada y se pasó a lavar el material para eliminar impurezas. Después de sumergir en agua durante 24 h + 4 h, la muestra empapada se debe secar con un paño absorbente para eliminar la humedad de la superficie y se debe pesar la muestra empapada, coloque el material

saturado en la canasta y pese la muestra con agua saturada. El material restante se colocó en una estufa a 110°C-5°C durante 24 h y por último se pesó.

### Ensayo: Peso Específico y absorción del Agr Fino

El propósito de esta prueba es determinar la densidad media de acuerdo a la NTP 400.022. Porcentaje de partículas finas agr y porcentaje de absorción.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO AASHTO T 84			
<b>Peso Especifico de masa (Pem)</b>			
Wo=	Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gr	:	496.90 gr
V=	Volumen de Frasco en cm3	:	500.00 cm3
Va=	Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida en el frasco	:	305.00 cm3
	$Pem = \frac{W_o}{(V - Va)}$	=	2.55 gr/cm3
	$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$	=	0.62%
	$P_{sss} = \frac{500}{(V - Va)} \times 100$	=	2.56 gr/cm3
	$P_{aparente} = \frac{W_o}{(V - Va) - (500 - W_o)}$	=	2.59 gr/cm3

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO AASHTO T 84			
A=	PESO SECO EN EL AIRE	:	1675.00 gr
B=	PESO SUPERFICIALMENTE SECO	:	1688.00 gr
C=	PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	:	1025.20 gr
	$\gamma_{exp} = \frac{A}{B - C}$	=	2.53
	$\gamma_{aparente} = \frac{A}{A - C}$	=	2.58
	$\gamma_n = \frac{B}{B - C}$	=	2.55
	$Absorcion = \frac{B - A}{A}$	=	0.78%

### Implementos y materiales de laboratorio

- Agr fino (Cantera san Salvador - Sector Apu Pirhuayani)
- Horno
- Balanza
- Cono de absorción
- Barra compactadora
- Fiola
- Probeta graduada
- Bomba de vacíos
- Brocha
- Recipientes
- Equipo de seguridad

### **Ejecución del ensayo**

Las muestras se colocaron en agua (remojadas) durante 24 h y 4 h y luego se transfirieron a una bandeja para un secado uniforme hasta que la superficie del agregado estuvo seca. Llene el vial con agua y luego use una bomba de vacío para inyectar 500 g de la muestra saturada para eliminar los vacíos existentes. Retirar el agregado del vial, secar a 110°C 5°C, colocar en el horno y volver a pesar.

**Figura N° 15 Colocado de los agregados para el secado**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

### **ENSAYO: PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

Para determinar los pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados, según la norma NTP 400.017

#### **Implementos y materiales de laboratorio**

- Balanza
- Barra de acero
- Cuchara
- Molde cilindro de proctor
- Horno
- Brocha
- Regla

- Equipos de seguridad

## ENSAYO: PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS

### Realización del ensayo

Colocar la muestra en un horno a 110°C y 5°C durante 24 h. Llène el molde hasta que se desborde, mida el material de desbordamiento con una regla de metal, marque el peso del molde y luego cargue el molde.

**Tabla N° 8 Resultados del peso unitario Agr fino**

PESO UNITARIO SUELTO MATERIAL FINO				
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE MOLDE	8040.00 gr	8040.00 gr	8040.00 gr	
PESO MOLDE + MATERIAL HUMEDO	12885.00gr	12882.00gr	12886.00gr	
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	
PESO UNITARIO SUELTO	1508.49 kg/m <sup>3</sup>	1507.56 kg/m <sup>3</sup>	1508.80 kg/m <sup>3</sup>	1508.29 kg/m <sup>3</sup>
PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO =		1508.29 kg/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 9 Resultados del peso unitario Agr grueso**

PESO UNITARIO SUELTO MATERIAL GRUESO				
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE MOLDE	8040.00 gr	8040.00 gr	8040.00 gr	
PESO MOLDE + MATERIAL HUMEDO	12561.00gr	12564.00gr	12565.00gr	
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81 cm <sup>3</sup>	3211.81 cm <sup>3</sup>	3211.81 cm <sup>3</sup>	
PESO UNITARIO SUELTO	1407.62 kg/m <sup>3</sup>	1408.55 kg/m <sup>3</sup>	1408.86 kg/m <sup>3</sup>	1408.34 kg/m <sup>3</sup>
PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO =		1408.34 kg/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

## ENSAYO: PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

### Ejecución del ensayo

Transferir la muestra a un horno a 110°C a 5°C durante 24 h. Aplica la 1ra capa de material a la 3ra parte del molde, haz 25 pasadas (pasa con un palito) de manera uniforme sobre toda la superficie del material, repite tres veces hasta ocupar el molde, utiliza una regla para aplanar y eliminar exceso del material, pesar cada molde por separado, luego pesar el molde con el material.

**Tabla N° 10 Resultado del peso unitario AF varillado**

PESO UNITARIO SUELTO VARILLADO MATERIAL FINO				
	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	PROMEDIO
PESO DE MOLDE	8040.00 gr	8040.00 gr	8040.00 gr	
PESO MOLDE + MATERIAL HUMEDO	13529.00gr	13528.00gr	13527.00gr	
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	
PESO UNITARIO SUELTO	1709.00 kg/m <sup>3</sup>	1708.69 kg/m <sup>3</sup>	1708.38 kg/m <sup>3</sup>	1708.69 kg/m <sup>3</sup>
PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO =		1708.69 kg/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración Propia (2021)

61

**Tabla N° 11 Resultado del peso unitario AG varillado**

PESO UNITARIO SUELTO VARILLADO MATERIAL GRUESO				
	MUESTRA RA 01	MUESTRA RA 02	MUESTRA RA 03	PROMEDIO
PESO DE MOLDE	8040.00 gr	8040.00 gr	8040.00 gr	
PESO MOLDE + MATERIAL HÚMEDO	13566.00gr	13564.00gr	13568.00gr	
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	3211.81cm <sup>3</sup>	
PESO UNITARIO SUELTO	1720.52 kg/m <sup>3</sup>	1719.90 kg/m <sup>3</sup>	1721.15 kg/m <sup>3</sup>	1720.52 kg/m <sup>3</sup>
PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO =			1720.52 kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración Propia (2021)

### Etapa 03.- diseño de mezcla

Según el método ACI 211, un método comúnmente utilizado es el diseño híbrido. Para lograr la capacidad de carga final  $c^\circ$ , se utiliza la estructura estándar  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para muestras cilíndricas, prismáticas y de hormigón con la adición de 10%, 20% y 30% de piedra pómez. en relación con el peso del cemento.

Proyecto de investigación realizado en el laboratorio INGEOMAT (Ingeniería Geoingeniería y Materiales en la Ciudad del Cusco E.I.R.L).

**Tabla N° 12 Diseño de mezcla patrón con 0.0% de piedra pómez**

diseño de mezclas concreto patron :(CP)		
materiales	en peso( kg/m <sup>3</sup> )	% en peso
cemento	2.503 kg	19%
agua efectiva	1.233	9%
agregado fino humedo	3.928	30%
agregado grueso humedo	5.626	42%
total	13.290	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 13 Briquetas concreto patrón**

50

BRIQUETAS CONCRETO PATRON		
MATERIALES	EN PESO (KG/M3)	% en kilogramos
CEMENTO	2.503KG	19%
AGUA EFECTIVA	1.233KG	9%
AGREGADO FINO	3.928kg	30%
AGREGADO GRUESO	5.626kg	42%
TOTAL	13.29KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 16 Diseño de briquetas con concreto patrón**



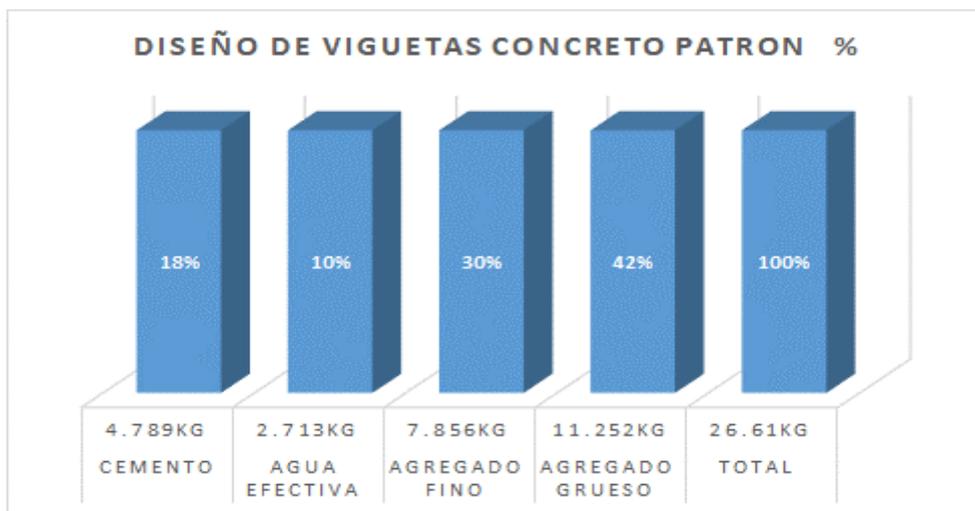
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 14 Viguetas concreto patrón**

VIGUETAS CONCRETO PATRON		
MATERIALES	EN PESO (KG/M3)	%en kilogramos
CEMENTO	4.789KG	18%
AGUA EFECTIVA	2.713KG	10%
AGREGADO FINO	7.856KG	30%
AGREGADO GRUESO	11.252KG	42%
TOTAL	26.61KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 17 Diseño de viguetas con concreto patrón**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 15 Diseño de mezclas para vigas con adición piedra pómez al 10 %  
20 % 30 %**

<b>VIGAS</b>			
<b>% PIEDRA POMEZ</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
PIEDRA POMEZ	1.13 kg	2.25 kg	3.38 kg
PIEDRA CHANCADA	10.13 kg	9.00 kg	7.88 kg
CEMENTO	4.79 kg	4.79 kg	4.79 kg
AGREGADO FINO	7.86 kg	7.86 kg	7.86 kg
AGUA	2.71 kg	2.71 kg	2.71 kg
PIEDRA CHANCADA	11.25 kg	11.25 kg	11.25 kg

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 16 Diseño de mezclas para briquetas con adición piedra pómez al  
10 % 20 % 30 %**

<b>BRIQUETAS</b>			
<b>% PIEDRA POMEZ</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
PIEDRA POMEZ	0.56 kg	1.13 kg	1.69 kg
PIEDRA CHANCADA	5.06 kg	4.50 kg	3.94 kg
CEMENTO	2.50 kg	2.503 kg	2.503 kg
AGREGADO FINO	3.928kg	3.928kg	3.928kg
AGUA	1.233	1.233	1.233
<b>TOTAL DE AGREGADO GRUESO</b>	<b>5.63 kg</b>	<b>5.63 kg</b>	<b>5.63 kg</b>

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 17 Briquetas con adición de piedra pómez al 10%**

<b>BRIQUETA 8 CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 10 %</b>		
<b>POMEZ %</b>	<b>10%</b>	<b>36.94 peso-</b>
PIEDRA POMEZ	0.56 KG	10%
AGREGADO GRUESO	5.06KG	32%
CEMENTO	2.503KG	19%
AGUA EFECTIVA	1.233KG	9%
AGREGADO FINO	3.928kg	30%
<b>TOTAL</b>	<b>13.29KG</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 18 Briquetas con adición de piedra pómez al 20%**

<b>BRIQUETA S CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 20 %</b>		
POMEZ %	20%	%en peso
PIEDRA POMEZ	1.13KG	20%
AGREGADO GRUESO	4.50KG	22%
CEMENTO	2.503KG	19%
AGUA EFECTIVA	1.233KG	9%
AGREGADO FINO	3.928kg	30%
TOTAL	13.29KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 19 Briquetas con adición de piedra pómez al 30%**

<b>BRIQUETA S CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 30 %</b>		
POMEZ %	30%	%en peso
PIEDRA POMEZ	1.69 KG	30%
AGREGADO GRUESO	3.94 KG	12%
CEMENTO	2.503KG	19%
AGUA EFECTIVA	1.233KG	9%
AGREGADO FINO	3.928kg	30%
TOTAL	13.29KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 20 Viguetas con adición de piedra pómez al 10%**

<b>VIGUETAS CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 10 %</b>		
POMEZ %	10%	%en peso
PIEDRA POMEZ	1.13 KG	10%
AGREGADO GRUESO	10.13KG	32%
CEMENTO	4.789KG	19%
AGUA EFECTIVA	2.713KG	9%
AGREGADO FINO	7.856KG	30%
TOTAL	26.61KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 21 Viguetas con adición de piedra pómez al 20%**

<b>VIGUETAS CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 20 %</b>		
POMEZ %	20%	% en peso
PIEDRA POMEZ	2.25 KG	20%
AGREGADO GRUESO	9KG	22%
CEMENTO	4.789KG	19%
AGUA EFECTIVA	2.713KG	9%
AGREGADO FINO	7.856KG	30%
TOTAL	26.61KG	100%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 22 Viguetas con adición de piedra pómez al 10%**

<b>VIGUETA 8 CON ADICION DE PIEDRA POMEZ al 30 %</b>		
<b>POMEZ %</b>	<b>30%</b>	<b>% en peso</b>
<b>PIEDRA POMEZ</b>	<b>3.38KG</b>	<b>30%</b>
<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>7.88KG</b>	<b>12%</b>
<b>CEMENTO</b>	<b>4.709KG</b>	<b>19%</b>
<b>AGUA EFECTIVA</b>	<b>2.713KG</b>	<b>9%</b>
<b>AGREGADO FINO</b>	<b>7.856KG</b>	<b>30%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>26.61KG</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia (2021)

## **DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO ACI**

### **Propiedades del concreto a diseñar:**

$f'c=210 \text{ g/cm}^2$  SLUMP = 3 pulg.

Uso de aditivo = Sin Aditivo Aire Incorporado = No

- Características de los Materiales:**

**Cemento:** Marca: Yura  
Tipo IP

Agua: Agua potable

#### **Agregado Fino:**

Peso específico de la masa 2.55kg  
Absorción 0.62%  
Contenido de Humedad 0.59 %  
Módulo de Fineza 3.52  
Peso Compacto Seco 1708.69 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Suelto Seco 1508.29 kg/m<sup>3</sup>

#### **Agregado Grueso:**

Peso específico de la masa 2.53kg  
Absorción 0.78 %  
Contenido de Humedad 0.13 %  
Módulo de Fineza 6.36  
Perfil Angular Si  
Tamaño Máximo Nominal 1/2 pulg  
Peso Compacto Seco 1720.52 kg/m<sup>3</sup>  
Peso Suelto Seco 1408.34kg/m<sup>3</sup>

**Tabla N° 23 Determinación de la f'm promedio (f'c=210 kg/cm2)**

f'c	fc'r
menor de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+85
mayor a 350	1.1f'c+50
Resistencia promedio	295 kg/cm2

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 24 Proporción por peso para una probeta patrón o testigo**

19.- Proporción por peso corregidos por humedad por cada testigo elaborado		
	f'c=	210 kg/cm2
BRIQUETA	Diámetro	15 cm
	Altura	30 cm
	Cantidad de Testigos	1
	Volumen	8301 cm3
	Factor por desperdicios	1.1
	Volumen corregido	0.0088 m3
	Cemento	2.503 kg
	Agua de Diseño	1.233 kg
	Agregado Fino	3.928 kg
	Agregado Grueso	5.626 kg
	Aditivo Sika 3	0.100 kg
	clavos	0.250 kg
	Suma	13.39 kg
	Peso por Testigo	13.39 kg

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 25 Proporción por peso para una probeta de viga patrón o testigo**

	f'c=	210 kg/cm2
VIGA	Ancho	15 cm
	Altura	12 cm
	Largo	54 cm
	Cantidad de Testigos	1
	Volumen por testigo	9720 cm3
	Factor por desperdicios	1.2
	Volumen total corregido	0.0117 m3
	Cemento	4.789 kg
	Agua de Diseño	2.713 kg
	Agregado Fino	7.856 kg
	Agregado Grueso	11.252 kg
	clavos	0.383 kg
	Aditivo Sika 3	0.192 kg
	Suma	27.19 kg
	Peso por Testigo	27.19 kg

Fuente: Elaboración Propia (2021)

#### **ETAPA 04.- PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES**

Se prepararon un total de 108 muestras de los cuales 36 muestras cilíndricas, 36 prismáticas (vigas), 36 muestras cilíndricas de c° adicionando 10%, 20% y 30% de piedra pómez respectivamente según las normas NTP 339,033.

#### **Implementos y materiales de laboratorio Materiales de laboratorio**

- Cemento portland puzolánico tipo IP
- Agr fino - cantera San Salvador (Sector Apu -P)
- Agregado grueso – cantera San Salvador (Sector Apu-Pirhuayani)
- Agua.

## Implementos de laboratorio

- Mezcladora para c°. Bandejas, cucharas.
- Balanza
- Envases
- 36 moldes cilíndricos de 15 cm diámetro y 30 cm altura (NTP 339.209).
- 36 moldes prismáticos de 15cm ancho, 15cm de altura y 54 cm de longitud.
- 01 varilla de 5/8" de acero
- Martillo de goma.
- Espátula.
- Metro
- Cono de Abrams (Slump).
- equipo de seguridad.

**Figura N° 18 Preparación para especímenes de c°**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

### **PREPARACIÓN DE LA MEZCLA PARA EL C° $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Pesamos la piedra pómez en porcentaje de 10%, 20% y 30% de cemento, fino, grueso y cantidad de agua especificada, en relación a la mezcladora.

### **LLENADO DE PROBETAS CILÍNDRICAS Y PRISMÁTICAS**

Esta actividad se realizó mediante la NTP 339.033. y tubo los siguientes procedimientos: La superficie interna de cada briqueta cilíndrica se unta con grasa se ajusta, calibra y luego el molde se llena en tres capas.

La capa 1 se llena hasta un tercio del volumen del molde, se compacta con una barrilla de fierro, a 25 golpes de manera distribuida y luego se utiliza una comba de goma para quitar los vacíos golpeando a 15 golpes a nivel del todo el molde.

La segunda parte se llena hasta un 1/3 del volumen inferior de la matriz, se compacta con una varilla y se compacta con 25 golpes y 15 mazos de goma para eliminar los vacíos.

Eventualmente llena el último tercio, más de un carrete. Para el molde lo compactamos con varilla, 25 veces por reparto, y 15 veces con mazo de goma para eliminar huecos y luego quitar material sobrante.

**Figura N° 19 Molde prismáticas de madera para ensayo a la flexión**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 20 Molde de briquetas**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 21 Roturas de probetas cilíndricas**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## **ETAPA 05.- ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO EN FRESCO**

**Objetivo específico 01:** Se tienen los valores con respecto al objetivo específico 01: ¿Determinar las propiedades físicas y mecánicas en estado fresco, trabajabilidad aire atrapado tiempo de fragua temperatura y densidad? Es extremadamente importante estudiar las propiedades físicas del hormigón fresco y los determinantes de la resist., así como las propiedades del hormigón que están indisolublemente ligadas a sus propiedades.

### **TRABAJABILIDAD (SLUMP)**

Este procedimiento se utilizó para determinar la deposición de la mezcla y se realizó al amparo de la NTP 339.035.

El cono de Abrams se rellena con compuesto C, y este relleno se realiza en tres capas.

La primera capa de c° debe llenarse con 1/3 de su volumen, luego en base a 25 distribuciones de barras se insertan.

La segunda capa c° debe llenar el siguiente tercio del volumen del molde y luego extender 25 golpes con la viga compactadora.

La tercera capa de c° llenará el tercio final del volumen del molde, reborará el c°, distribuirá 25 golpes con la viga compactadora, y finalmente retirará el exceso de material y retirará el cono Abrams según vertical. Luego mida el costo o la falla y recopile los datos. Realice este procedimiento 3 veces para cada muestra de cada muestra.

**Figura N° 22 Medición del Slump en concreto fresco**



Fuente elaboración propia (2021)

**Tabla N° 26 Medición del slump con la adición de piedra pómez volcánica en %**

N° de Briqueta	1		2		3		4	
Estructura o elemento	CONCRETO PATRON	CONCRETO PATRON	10% POMES	10% POMES	20% POMES	20% POMES	30% POMES	30% POMES
SLUMP (PROMEDIO)	3.2 Pulg	3.0 Pulg	2.8 Pulg	2.6 Pulg	2.8 Pulg	2.5 Pulg	2.3 Pulg	2.2 Pulg

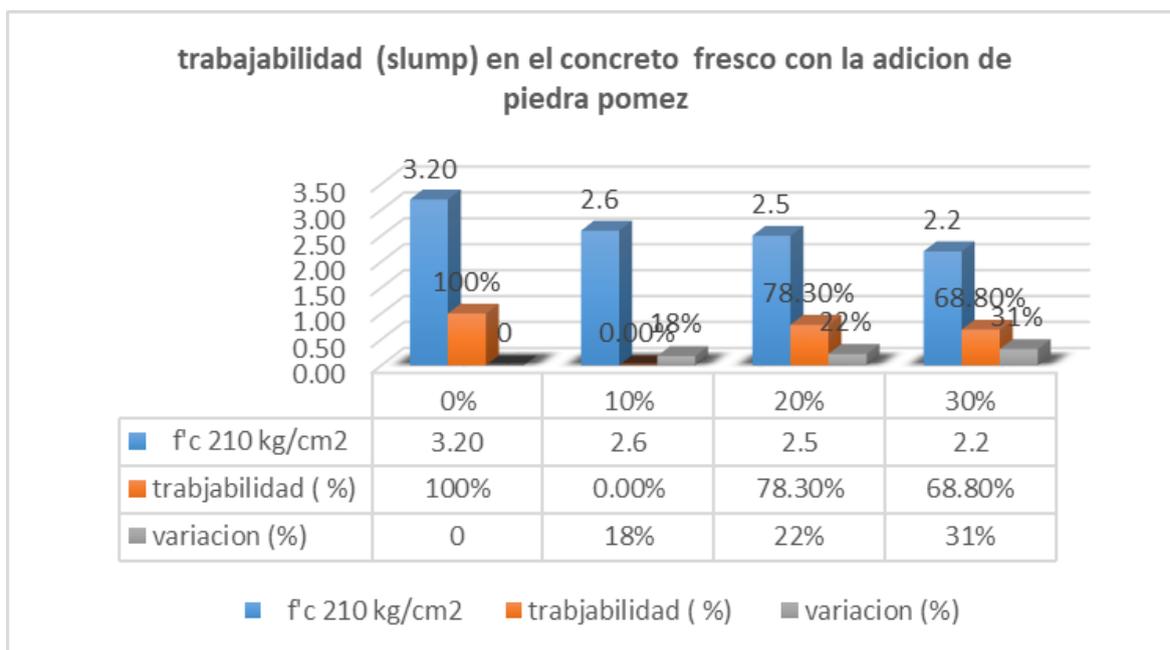
Fuente: elaboración propia (2021)

**Tabla N° 27 Resumen de medición del slump con la adición de piedra pómez volcánica en %**

trabajabilidad (slump en pulgadas)				
% adición	0%	10%	20%	30%
f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	3.20	2.6	2.5	2.2
trabajabilidad (%)	100%	81,3%	78.30%	68.80%
variación (%)	0	18%	22%	31%

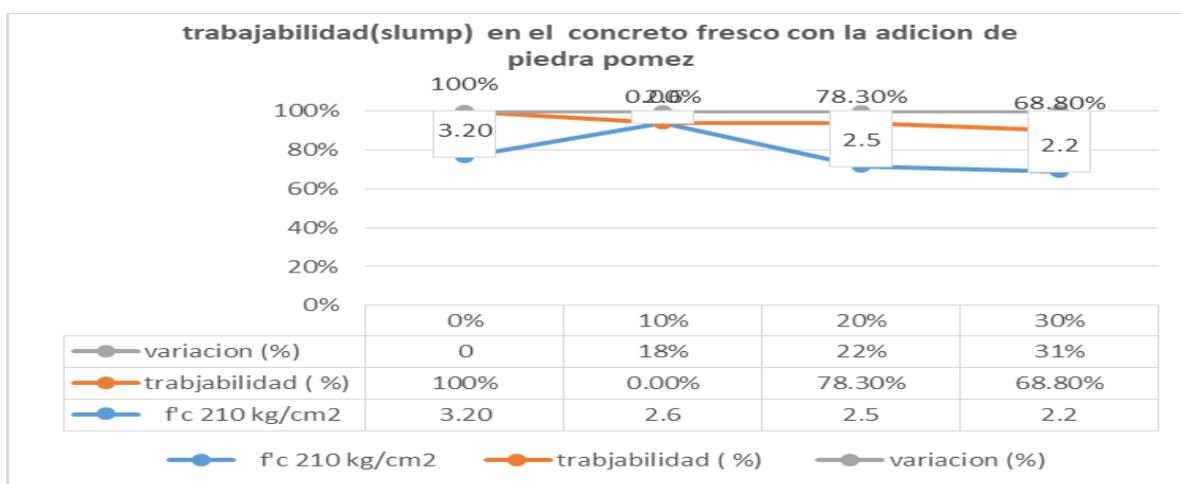
Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 23 Trabajabilidad (slump) en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 24 Diagrama de la trabajabilidad (slump) en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## RESULTADOS

Según la tabla 26, 27 y la figura 23, 24 y 25, la adición de piedra pómez al (10%,20%,30%) Reducen la precipitación y afectan la trabajabilidad del concreto. El hormigón con un 10 % de piedra pómez es un 12,5 % más pequeño que el hormigón estándar y el hormigón con un 20 % de piedra

pómez. 22% más bajo que el hormigón estándar, el 30% de espuma de hormigón es un 31,25% más bajo que el hormigón estándar. Esto significa que una mayor proporción de piedra pómez reducirá la maquinabilidad. Con base en los resultados de la Tabla 26, 27 y las Figuras 23, 24 y 25, la hipótesis es correcta: mientras que el aumento de piedra pómez altera singularmente la trabajabilidad del c°, una mayor cantidad de piedra pómez reduce la trabajabilidad del c°.

### **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN CONCRETO FRESCO**

Según la norma ASTM C231, INTE 06-02-04, esta prueba examina el contenido de aire en concreto recién preparado en función del cambio de presión. Basado en la observación del cambio de volumen del concreto, esta prueba mostrará el contenido de presión de aire por método de presión.

**Procedimiento.** - La masa se realiza colocando el molde en las 3 capas deseadas, el primer 1/3, el tercero y luego vertiendo hormigón en el último 1/3, utilizando el método de compactación (varilla) para cada capa. Este método utiliza un tanque Washington para determinar la presión de la bomba de gasolina con un manómetro.

**La olla Washington,** Determine el contenido de aire de la mezcla de concreto aplicando presión y verificando el cambio de volumen. Lea la cantidad de aire contenido dentro del manómetro, expresado como porcentaje de aire atrapado en el c°.

**Figura N° 25 Olla de Washington. Lectura de resultados en (%en concreto)**



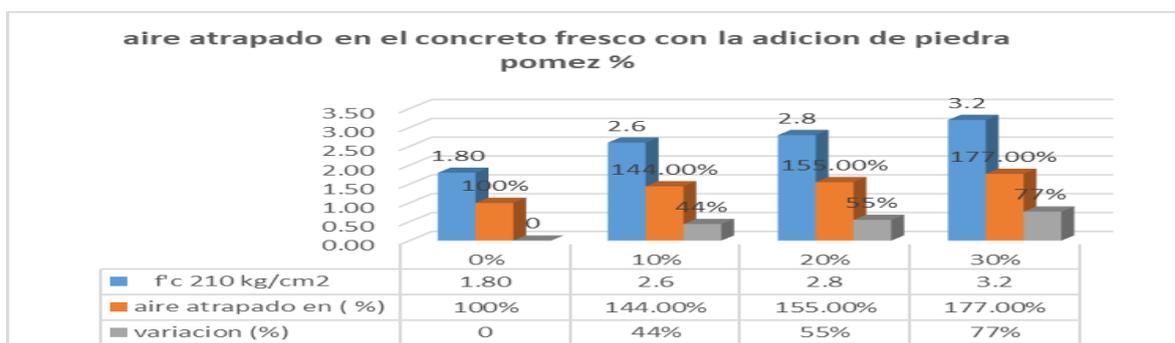
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 28 Cuadro resumen de aire atrapado en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en %**

aire a trapado en el concreto fresco con la adición de piedra pomez %				
% adición	0%	10%	20%	30%
f'c 210 kg/cm2	1.80	2.6	2.8	3.2
aire atrapado en (%)	100%	144.00%	155.00%	177.00%
variación (%)	0	44%	55%	77%

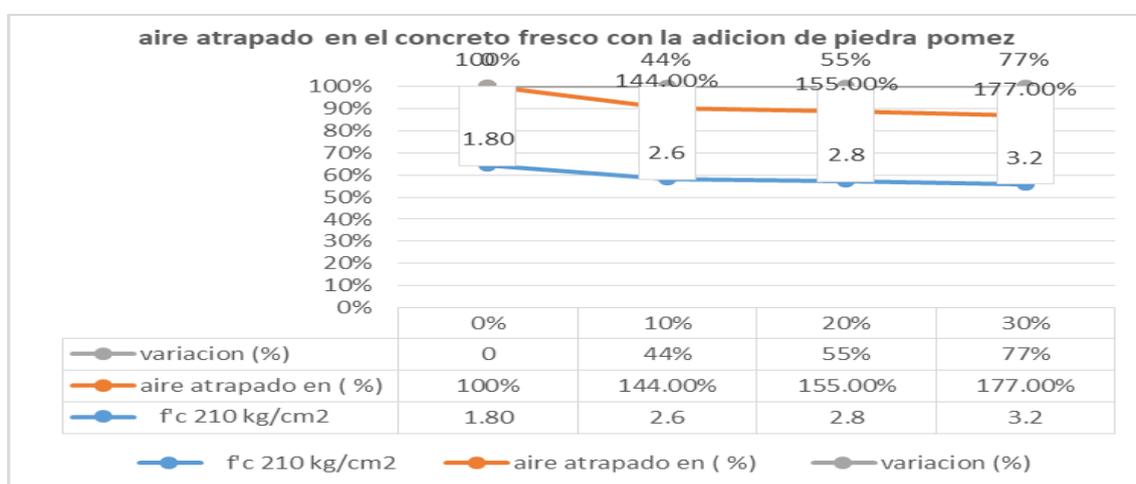
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 26 Contenido de aire atrapado en el concreto fresco con la adición de piedra pómez %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 27 Diagrama del aire atrapado en el concreto fresco con la adición de piedra pómez en %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## RESULTADOS

Según la Tabla 28 y las Figuras 26, 27 y 28, Aumentar % piedra pómez (10%, 20%, 30%) de piedra pómez, teniendo en cuenta la relación de aire en el hormigón. Hormigón con 10% de piedra pómez. 44% superior al hormigón estándar, 20% hormigón pómez 55,6% más que el hormigón estándar y 30%

hormigón pómez 77,8% más que el hormigón normal. Esto significa que cuanto mayor sea la cantidad de piedra pómez, mayor será el contenido de aire en el c°. De acuerdo con los resultados de la Tabla 28 y las Figuras 26, 27 y 28, esta suposición se cumple porque la adición de piedra pómez afecta significativamente la relación de aire en c° fresco.

### **Ensayo de Tiempo de fragua del concreto en fresco**

El cemento y el agua entran en relación, se inicia una reacción química que define el endurecimiento de la mezcla. En el curado normal, la mezcla pierde su ductilidad aparente y donde dificulta su manipulación. En esta circunstancia se corresponde a la configuración híbrida inicial. Cuando la mezcla se ha solidificado normalmente, parece un nuevo estado cuando la consistencia de la mezcla ha alcanzado la dureza.

### **Determinación del tiempo de fraguado inicial**

Después de verter, deje la muestra y el plato de vidrio sin obstrucciones en el gabinete de humedad durante 30 minutos. Adjunte la muestra e insértela en la máquina Vicat y coloque la aguja de 1 mm debajo del émbolo. Coloque la aguja en el dado, atornille el tornillo de fijación y registre la lectura inicial.

Suelte el émbolo, deje reposar la aguja durante 30 segundos y registre la lectura completa. Retire la aguja y límpiela, luego mida continuamente cada 15 minutos (10 minutos para cemento tipo III) hasta lograr una penetración de 25 mm o menos.

**Nota:** mantener una distancia de al menos 5 mm con respecta una penetración previa y al menos de 10 mm del borde del molde.

**Figura N° 28 Penetro metro o aparato de vicat medición tiempo de fragua del c°**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 29 Tiempos de fraguado con el método de Vicat**

MTC E 606															
TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO PORTLAND (METODO DE VICAT)															
N° DE PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
HORA DE REALIZACION	10:00:00	10:15:00	10:30:00	10:45:00	11:00:00	11:15:01	11:30:00	11:45:00	12:00:00	12:15:00	12:30:00	12:45:00	13:00:00	13:15:00	13:30:00
TIEMPO DE MEZCLA (min)	4 min 35 seg														
VOLUMEN DE AGUA (ml)	240	245	248	243	250	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
LECTURA INICIAL, Li (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LECTURA FINAL, Lf (mm)	50	48	46	45	43	41	40	38	35	32	30	28	25	23	21
PENETRACION =LFLi	50	48	46	45	43	41	40	38	35	32	30	28	25	23	21
PESO DEL CEMENTO (g)	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
PESO DEL AGUA (g)	240	245	248	243	250	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
W% (Ww/Ws)*100	36.923	37.692	38.154	37.385	38.462	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692	37.692

Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 30 Medición tiempo de fraguado del concreto**

N° DE PRUEBA	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
HORA DE REALIZACION	13:45:00	14:00:00	14:15:00	14:30:00	14:45:00	15:00:00	15:15:01	15:30:01	15:45:01	16:00:01	16:15:02	16:30:02	16:45:02
TIEMPO DE MEZCLA (min)	4 min 35 seg												
VOLUMEN DE AGUA (ml)	240	245	248	243	250	250	250	250	250	250	250	250	250
LECTURA INICIAL, Li (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LECTURA FINAL, Lf (mm)	20	19	17	15	14	12	10	8	6	4	2	1	0
PENETRACION =LFLi	20	19	17	15	14	12	10	8	6	4	2	1	0
PESO DEL CEMENTO (g)	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
PESO DEL AGUA (g)	240	245	248	243	250	250	250	250	250	250	250	250	250
W% (Ww/Ws)*100	36.923	37.692	38.154	37.385	38.462	38.462	38.462	38.462	38.462	38.462	38.462	38.462	38.462

Fuente: Elaboración Propia (2021)



de inicio y a los 300 minutos hay una variación del 53 % en función al tiempo de inicio y a los 315 minutos hay una variación del 54.5 % en función al tiempo de inicio y a los 330 minutos hay una variación del 60 % en función al tiempo de inicio y a los 335 minutos hay una variación del 61.5 % en función al tiempo de inicio y a los 350 minutos hay una variación del 64.5 % en función al tiempo de inicio del ensayo, y podemos determinar que el ensayo duro 6:45:02 tiempo de fragua final.

Según la norma ASTM-C150 el tiempo máximo para fragua es de 7 horas y no llegando a sobre pasar las 7 horas el ensayo si cumple el tiempo establecido en la norma antes mencionada.

### **CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO EN FRESCO**

La temperatura del c° fresco afecta el proceso de instalación ya que tiende a solidificarse rápidamente en climas cálidos, a diferencia de las regiones más frías donde la norma ASTM recomienda una hora y media de colocación del concreto ya colocado. Durante la fabricación del hormigón y durante la transferencia no debe exceder 90°F [32°C]. y el equipo o instrumento utilizado para esta medición debe ser Un año de calibración o al proporcionar datos falsos. Dimensionamiento debe hacerse comparando las lecturas a dos temperaturas diferentes y la diferencia no debe exceder los 30 °F (15 °C).

Los termómetros deben calibrarse por inmersión en aceite, que puede ser otro líquido con propiedades similares al aceite, y debe tener una densidad uniforme.

**Figura N° 30 Termómetro. Lectura de la temperatura del concreto fresco**



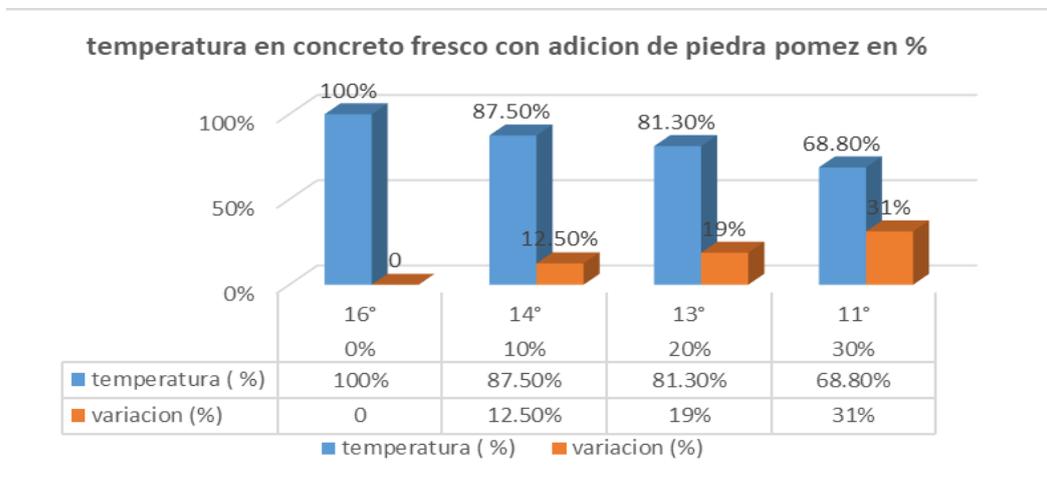
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 31 Resumen de la temperatura en el concreto en fresco con adición de piedra pómez en %**

temperatura en concreto fresco con adición de piedra pomez en %				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	16°	14°	13°	11°
temperatura (%)	100%	87.50%	81.30%	68.80%
variación (%)	0	12.50%	19%	31%

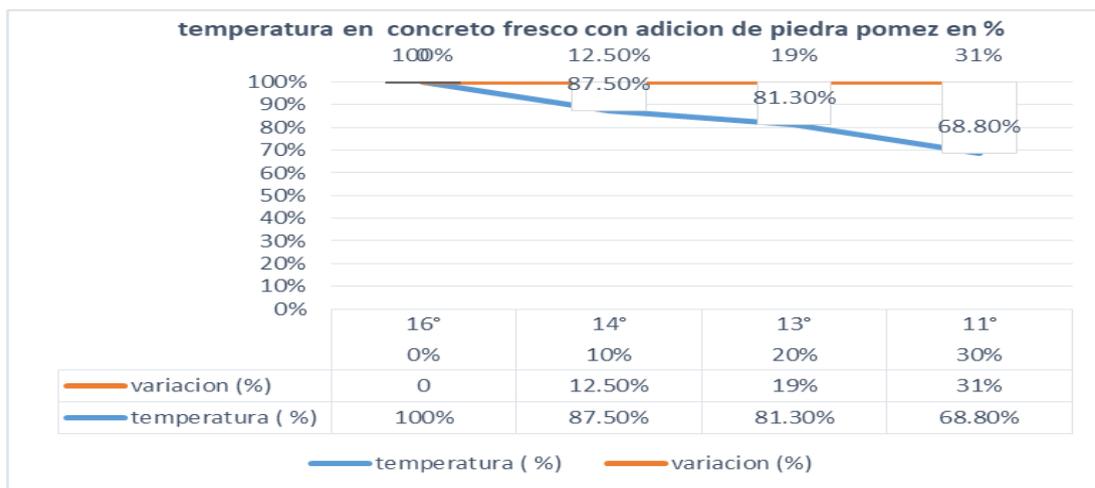
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 31 Temperatura en el concreto fresco con adición de piedra pómez en %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 32 Diagrama de la temperatura en el concreto fresco con adición de piedra pómez en %**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## RESULTADOS

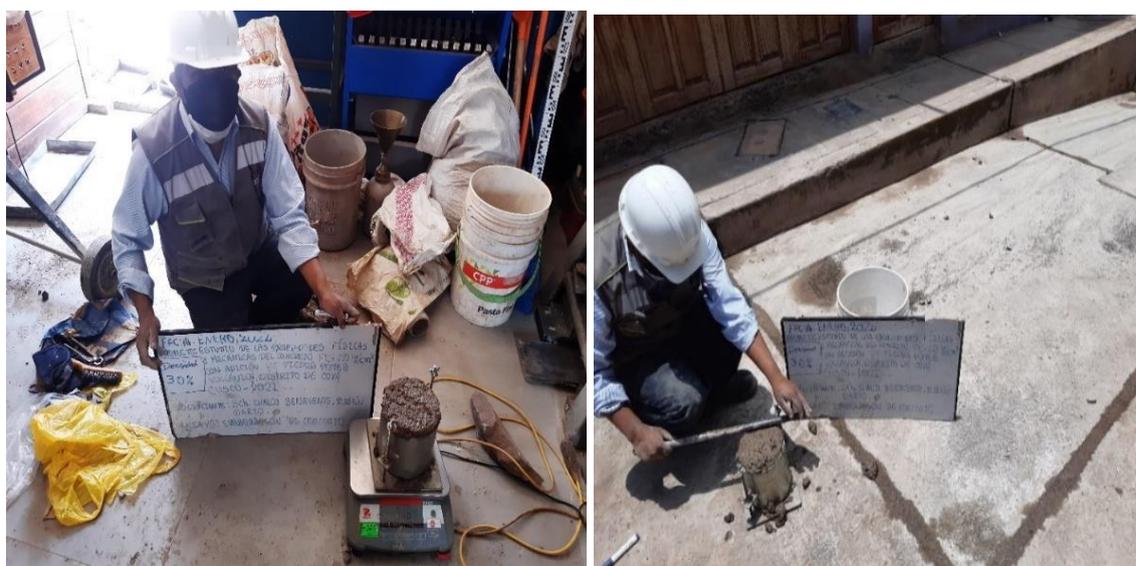
En la tabla 31 y la figura 31, 32 y 33 La adición de piedra pómez al concreto al (10%, 20%, 30%) de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de temperatura del concreto. El concreto con 10 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente la temperatura en un 12.5 % en función al c° patrón. El hormigón con un 20 % de piedra pómez es un 18,75 % más bajo que el hormigón estándar, y el hormigón con un 30 % de piedra pómez tiene una temperatura del hormigón fresco significativamente inferior al 31,25 % en comparación con el hormigón estándar.

Esto significa que cuanto mayor sea la cantidad de piedra pómez, mayor será el porcentaje de caída de temperatura en el hormigón. Rechazar la hipótesis con base en los resultados de la tabla 31 y las figuras 31, 32, 33; porque la adición de piedra pómez afecta significativamente la temperatura del hormigón fresco.

## DENSIDAD DEL CONCRETO EN FRESCO

Este método de prueba determina la densidad del concreto fresco y puede determinar el contenido de cemento, el límite elástico y el contenido de aire del concreto.

**Figura N° 33 Balde metálico normalizado para medir la densidad del concreto fresco**



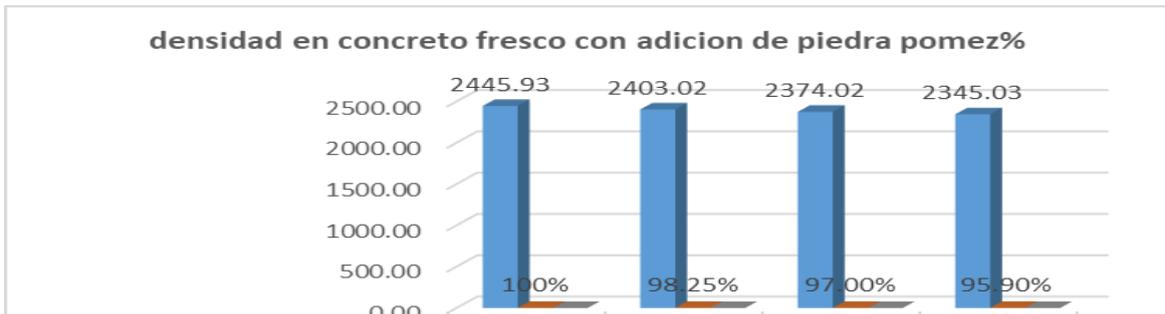
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 32 Resumen densidad del concreto en fresco con la adición de piedra pómez %**

densidad en concreto fresco con adición de piedra pomez%				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	2445.93	2403.02	2374.02	2345.03
densidad del concreto (%)	100%	98.25%	97.00%	95.90%
variación (%)	0	1.75%	3%	4%

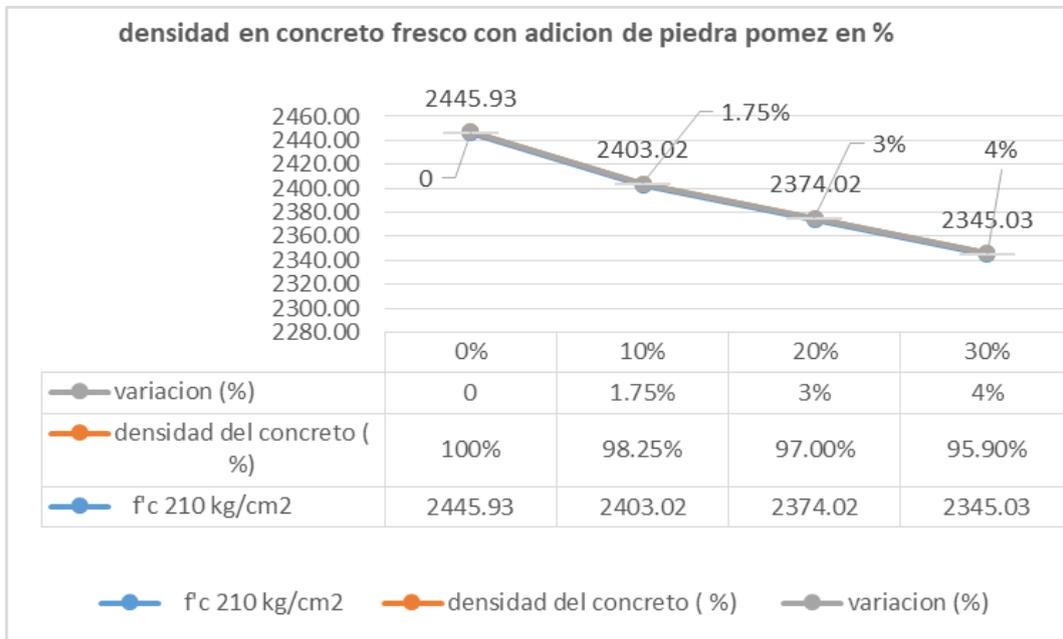
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 34 Densidad del concreto en fresco con adición de piedra pómez en %**



Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 35 Diagrama densidad del concreto en fresco con adición de pieza pómez en %**



Fuente elaboración propia (2021).

## **RESULTADOS**

En la Tabla 32 y las Figuras 34, 35 y 36, en el aumento de (10%, 20%, 30%) % de piedra pómez al hormigón reduce ligeramente la relación de densidad del hormigón. Hormigón 10% piedra pómez. La densidad se reduce ligeramente en un 1,75 % en comparación con el hormigón estándar, el hormigón con piedra pómez al 20 % es un 2,94 % inferior al hormigón estándar, y el hormigón con piedra pómez al 30 % tiene una densidad del hormigón fresco un poco menor en un 4,13 % en comparación con el hormigón estándar. Eso significa más piedra pómez. La reducción de la densidad es mayor en el hormigón. Con base en los resultados de la Tabla 32 y las Figuras 34, 35 y 36, esta hipótesis fue rechazada porque la adición de piedra pómez tuvo un efecto moderado en la densidad del concreto fresco.

### **ETAPA 06.- CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO**

En el desarrollo del endurecimiento se realiza de acuerdo a la NTP 339.033. Después de 24 h de solidificación, es decir, las muestras prismáticas cilíndricas se han solidificado, se retiran del molde y se marcan adecuadamente para prevenir equivocaciones.

#### **Materiales y aparatos utilizados**

- Marcador para los especímenes.
- Tachos de almacenamiento con agua
- Probetas cilíndricas y prismáticas.

### **ACTIVIDAD 07.- ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO**

#### **Objetivo específico 02**

Se tienen los valores en relación al objetivo específico 02: ¿Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, Coya -Cusco, ¿2021?"

“La resistencia a la compresión de Kosmatka es una medida de la resistencia máxima proporcionada por una muestra de hormigón en su dirección axial y su resistencia se puede expresar en unidades como kg por centímetro cuadrado, mega pascales, libras por libra cuadrada para obtener en el medio ambiente. Esta resistencia del hormigón también se determina en relación de la relación agua- cemento. Otro aspecto importante a determinar es el número

de días hasta la curación, normalmente 7 días de curación da un 75% de resistencia ganada después de 28 días, 56 días de resistencia es un 10% superior a 28 días de resistencia y 90% de resistencia, de lo contrario estos días han aumentado un 15%. en comparación con 28 días (2004 pág. 8)

### **ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Sirve para cuantificar la resist. a la compresión del hormigón donde se realizan cargas axiales en un área determinada, se realiza de acuerdo con la NTP 339.034. Aplicar prueba de compresión los días 7, 14 y 28.

#### **Materiales y aparatos utilizados**

- Probetas cilíndricas de c° Máquina de compresión axial.
- equipo de seguridad
- realización del ensayo

Se retira la muestra c° del pozo de almacenamiento y luego se mueve al lugar donde se realizará la prueba de compresión axial. Los pellets se colocan en un compresor axial. El ladrillo fue compactado y se recopilaron datos para el estudio de diseño.

**Figura N° 36 Ensayo de compresión prueba de resistencia**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## 4.2. Interpretación de resultados

**Tabla N° 33 Resultados de la resistencia a la compresión**

CONCRETO	% PIEDRA POMEZ	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
		lectura(Mpa)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	lectura(Mpa)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	lectura(Mpa)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	resultado final (kg/cm2)
D1	0%	16.525	168.51	167.3	18.525	188.90	190.1	21.856	222.87	220.81	220.81
		16.452	167.76		18.745	191.14		21.654	220.81		
		16.254	165.74		18.652	190.19		21.452	218.75		
D2	10%	15.859	161.71	160.9	18.325	186.86	187.8	21.326	217.46	216.5	216.5
		15.784	160.95		18.265	188.25		21.251	216.7		
		15.685	159.94		18.452	188.16		21.125	215.41		
D3	20%	14.969	152.64	149.3	18.212	185.71	185.6	20.969	213.82	213.2	213.2
		14.582	148.69		18.220	185.79		20.858	212.69		
		14.369	146.52		18.165	185.23		20.890	213.02		

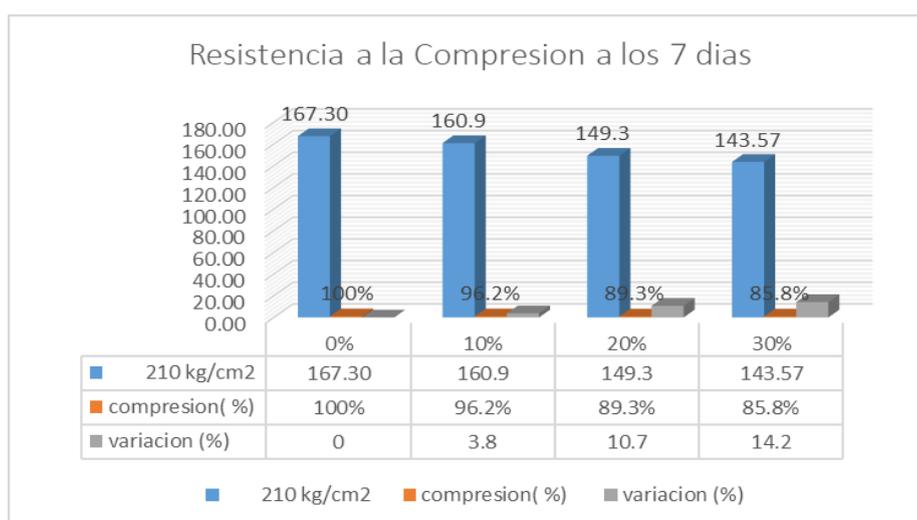
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 34 Tabla resumen Resultados de la resistencia a la compresión a los 7**

Resistencia a la Compresion a los 7 dias				
% adicion	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	<b>167.30</b>	<b>160.9</b>	<b>149.3</b>	<b>143.57</b>
compresion( %)	100%	96.2%	89.3%	85.8%
variacion (%)	0	3.8	10.7	14.2

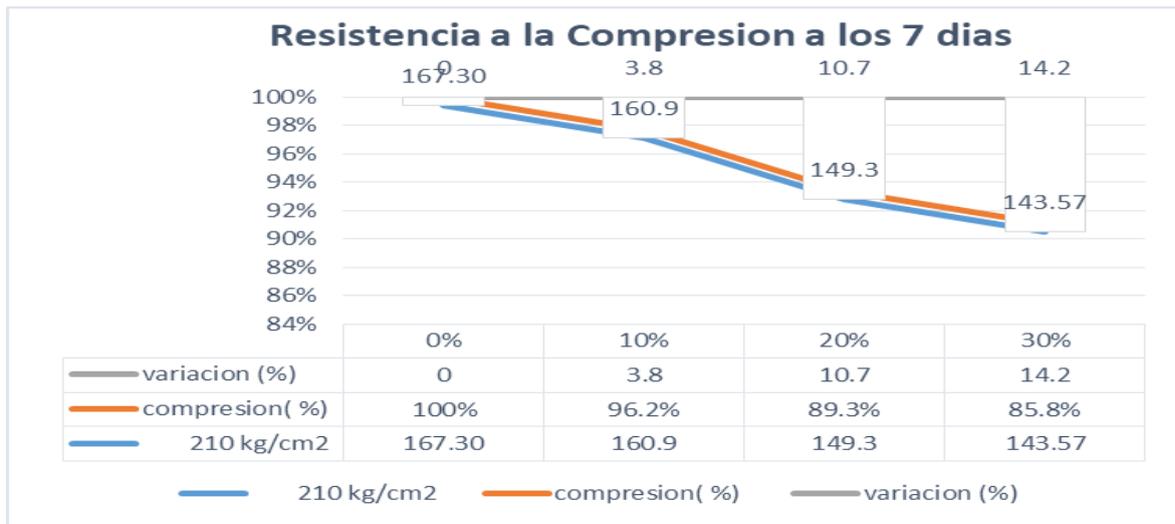
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 37 Ensayo de resistencia a la compresión a 7 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 38 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 7 días**



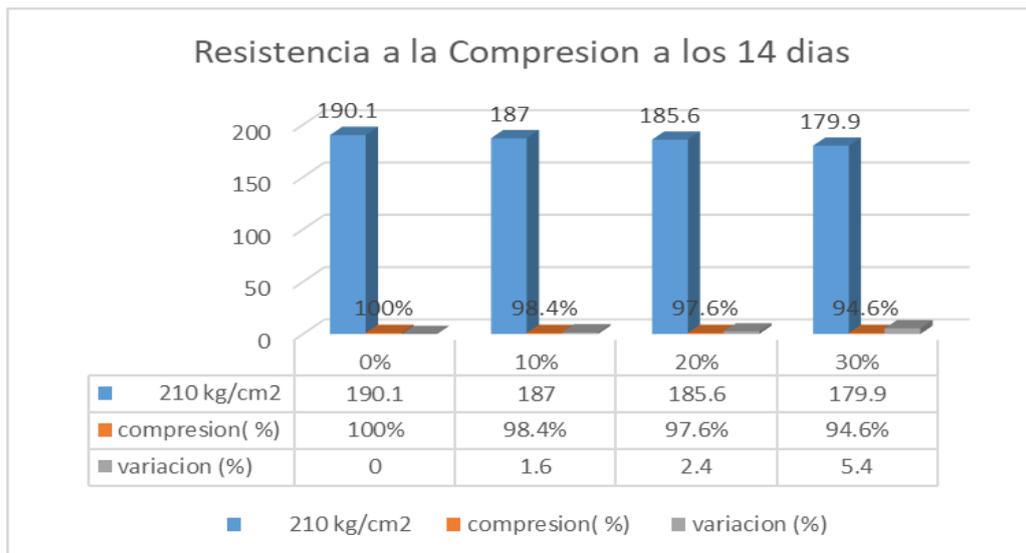
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 35 Resumen resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días**

Resistencia ala Compresion a los 14 días				
% adicion	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	190.1	187	185.6	179.9
compresion( %)	100%	98.4%	97.6%	94.6%
variacion (%)	0	1.6	2.4	5.4

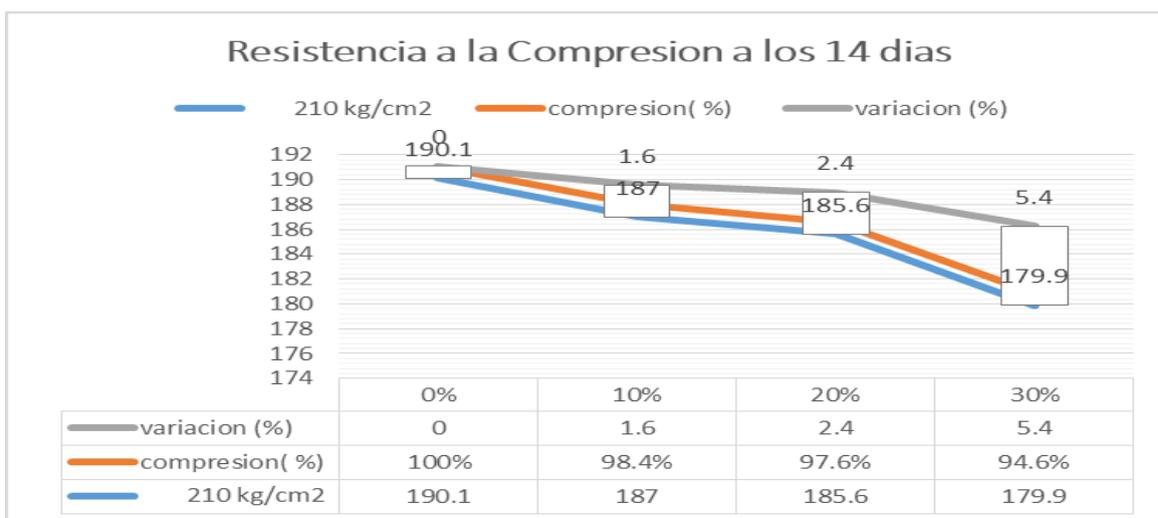
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 39 Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 40 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 14 días**



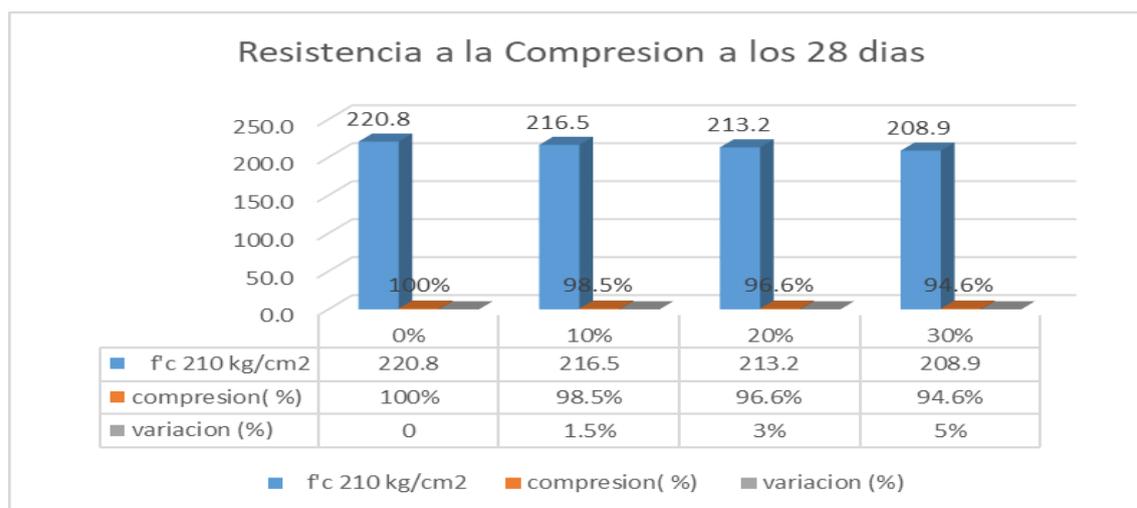
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 36 Resumen Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días**

Resistencia a la Compresion a los 28 dias				
% adicion	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	220.8	216.5	213.2	208.9
compresion( %)	100%	98.5%	96.6%	94.6%
variacion (%)	0	1.5%	3%	5%

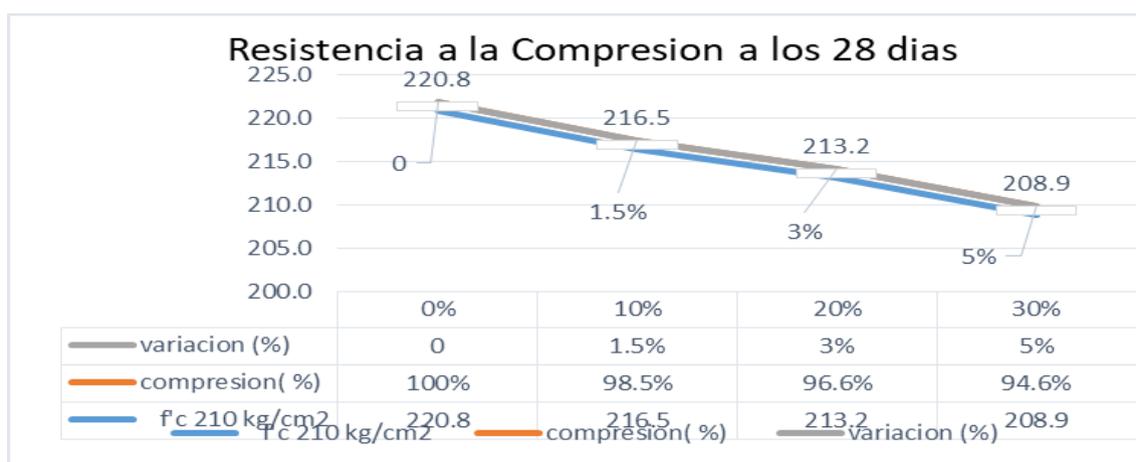
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 41 Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 42 Diagrama de ensayo de resistencia a la compresión a 28 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## RESULTADOS

Observando la tabla 33, 36 figuras 37, 42 y 43 se observa el cambio en la resist. a la compresión del hormigón estándar y del c° con adición de piedra pómez volcánica 10%, 20%, 30%. Y los días 7, 14 y 28 días de edad. Donde la piedra pómez disminuye en función al patrón de concreto convencional. con respecto al c° patrón, a los 7,14 y 28. El concreto con 10% de adición de piedra pómez volcánica. disminuye en 1.5 % en función al patrón y el c° con adición de piedra pómez volcánica a un 20% disminuye en 3 % de resistencia en función al patrón con respecto al 30% de adición de piedra pómez volcánica respecto al c° patrón, el concreto disminuye en resistencia en un porcentaje al 5 % observando esta relación al 30% no cumple la resistencia adecuada para un concreto diseñado del 210 kg/cm2 ya que llega en porcentaje a un 94.6 % de resistencia. Se admite la hipótesis, según los valores que se obtuvieron en la tabla 33, 36 y las figuras 37, 42 y 43

### Objetivo específico 03

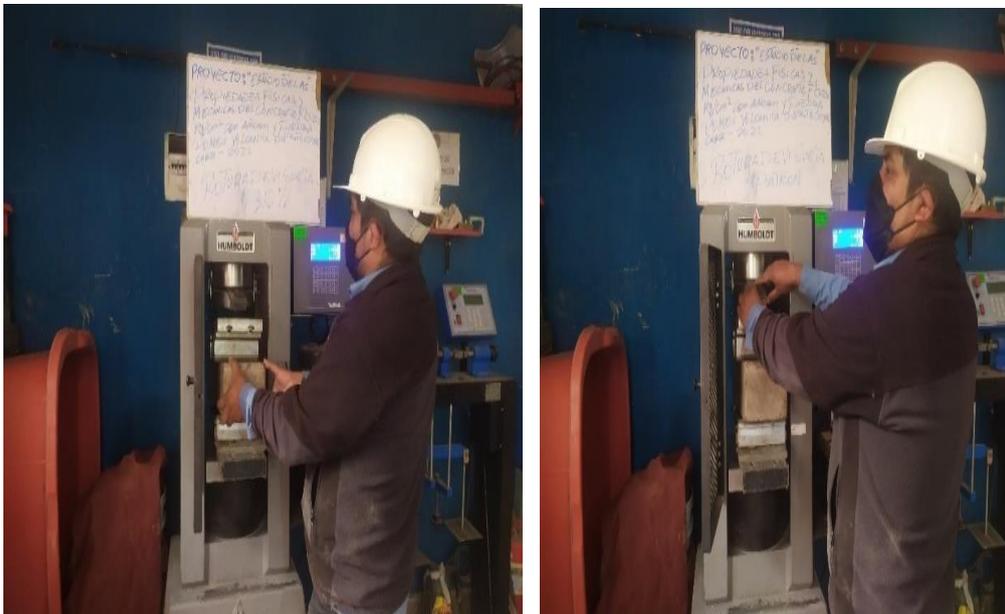
Se tienen los resultados en función al objetivo específico 02: “¿Determinar la resistencia a la flexión del concreto f'c=210g/cm2 con la adición de piedra pómez volcánica, Coya -Cusco, ¿2021”?

La **resistencia a la flexión** según Portugal (2007). La capacidad de flexión de las vigas se suele calcular suponiendo una distribución lineal de las deformaciones a lo largo de la altura de la sección y teniendo en cuenta el equilibrio de fuerzas y momentos. Hay dos factores a tener en cuenta al usar

este programa. Primero, debe conocerse la deformación a la que se comprime sin éxito la cara del extremo (pag.295), por otro lado, Gutiérrez (2003). Muestra resist. a la flexión la cual tiene mayor aplicación en la ingeniería de losas de carreteras y pistas de aeropuertos. La resist. a la flexión del  $c^{\circ}$  se determina en una viga prismática con una sección transversal de 15 x 15 y una longitud de 50 cm (pag.55)”

El elemento de viga tiene dos puntos de tensión en dos tercios de la longitud de la viga hasta que el elemento falla y se alcanza la resistencia a la flexión. (MR). (Cip - 16, pág. 01), según la manera correcta de elaborar, cuidar y romper por S, los testigos de concreto.

**Figura N° 43 Ensayo de prueba de resistencia a la flexión**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 37 Resultados de la resistencia a la flexión**

CONCRETO	% PIEDRA POMEZ	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
		lectura P (KG)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	lectura P (KG)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	lecturaP(KG)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	promedio final (kg/cm2)
D1	0%	1220.00 kg	25.39	25.9	1325.00 kg	27.63	28	1542.00 kg	32.12	32.5	32.5
		1254.00 kg	26.1		1341.00 kg	27.94		1574.00 kg	32.73		
		1252.00 kg	26.1		1365.00 kg	28.45		1565.00 kg	32.63		
D2	10%	1202.00 kg	24.98	25.1	1254.00 kg	26.1	26.2	1358.00 kg	28.25	28.5	28.5
		1203.00 kg	25		1258.00 kg	26.2		1396.00 kg	29.1		
		1208.00 kg	25.18		1266.00 kg	26.3		1355.00 kg	28.25		
D3	20%	1185.00 kg	24.67	24.5	1202.00 kg	24.98	25.1	1311.00 kg	27.32	27.3	27.3
		1148.00 kg	23.86		1208.00 kg	25.18		1302.00 kg	27.12		
		1196.00 kg	24.88		1204.00 kg	25.1		1315.00 kg	27.32		
D4	30%	1023.00 kg	21.31	21.4	1185.00 kg	24.68	24.5	1252.00 kg	26.1	26.1	26.1
		1041.00 kg	21.72		1169.00 kg	24.37		1245.00 kg	25.9		
		1021.00 kg	21.21		1174.00 kg	24.47		1265.00 kg	26.3		

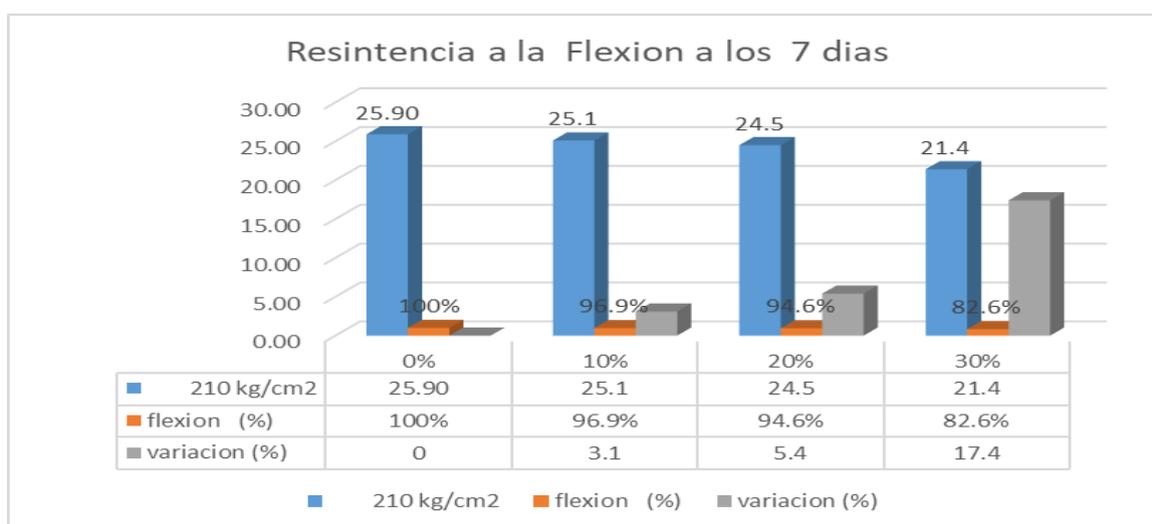
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 38 Resumen resultados de la resistencia a la flexión a los 7 días**

Resistencia a la Flexion a los 7 días				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	<b>25.90</b>	<b>25.1</b>	<b>24.5</b>	<b>21.4</b>
<b>flexion (%)</b>	<b>100%</b>	<b>96.9%</b>	<b>94.6%</b>	<b>82.6%</b>
<b>variacion (%)</b>	<b>0</b>	<b>3.1</b>	<b>5.4</b>	<b>17.4</b>

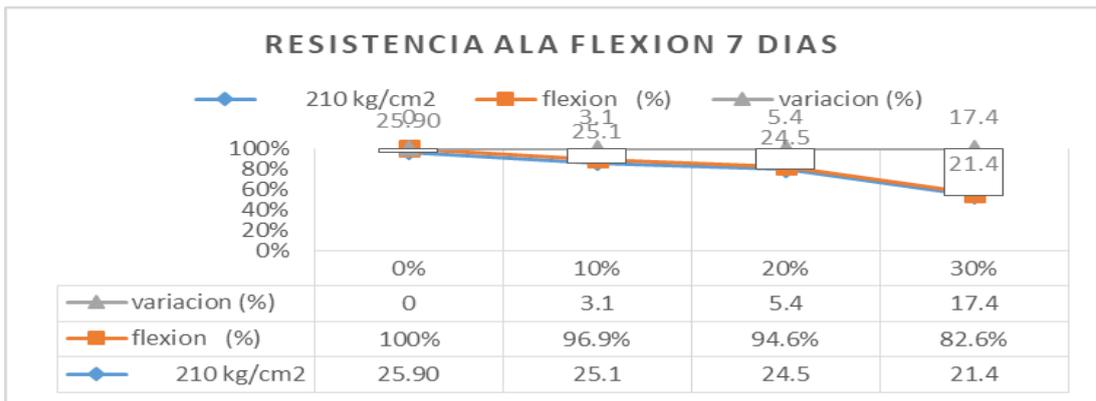
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 44 Ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 45 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 7 días**



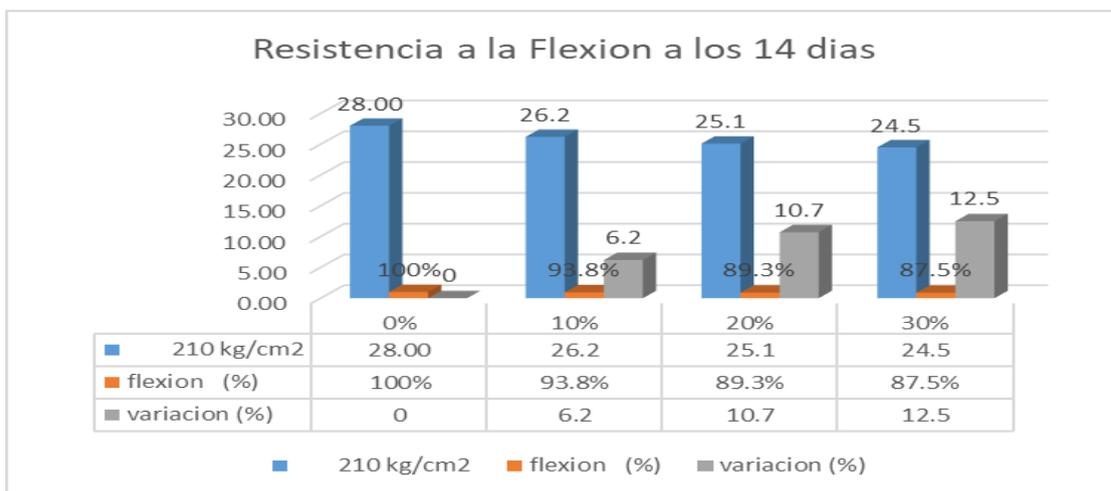
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 39 Resumen resultados de la resistencia a la flexión a los 14 días**

Resistencia a la Flexion a los 14 días				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm2</b>	28.00	26.2	25.1	24.5
flexion (%)	100%	93.8%	89.3%	87.5%
variacion (%)	0	6.2	10.7	12.5

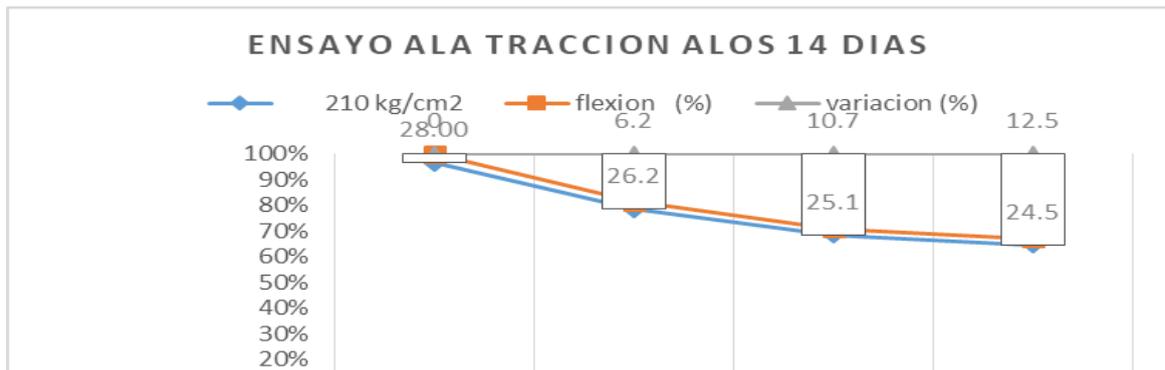
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 46 Ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N°47 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 14 días**



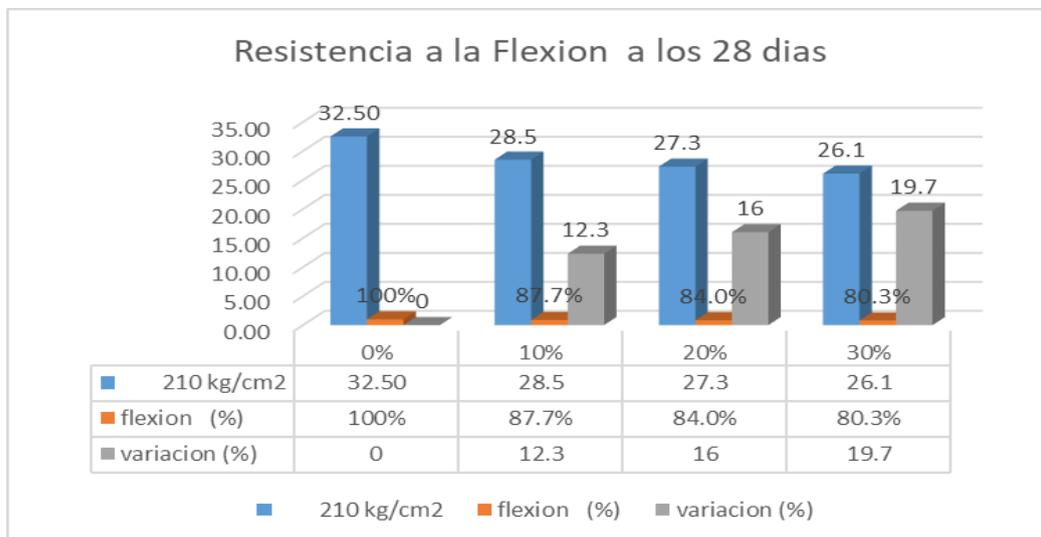
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Tabla N° 40 Resumen Resultados de la resistencia a la flexión a los 28 días**

Resistencia a la Flexion a los 28 dias				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm<sup>2</sup></b>	32.50	28.5	27.3	26.1
flexion (%)	100%	87.7%	84.0%	80.3%
variación (%)	0	12.3	16	19.7

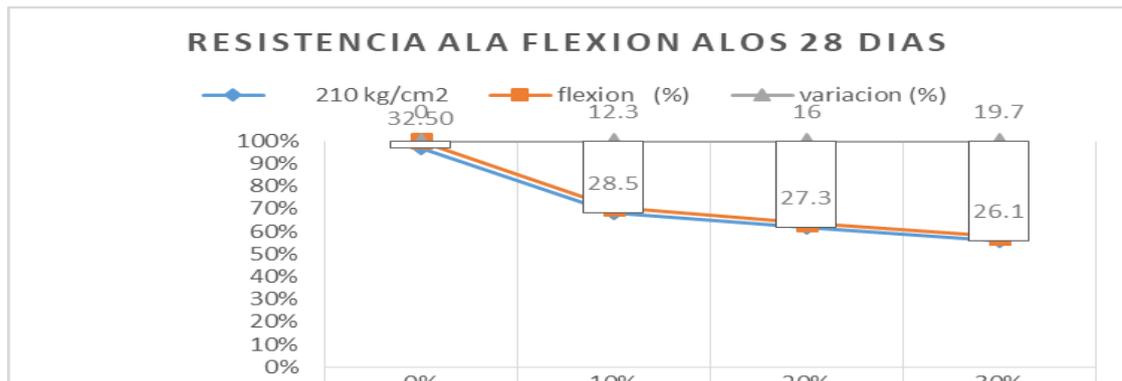
Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 48 Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura N° 49 Diagrama de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

## RESULTADOS

De acuerdo con las Tablas 37, 40 y las Figuras 44, 49 y 50, se observó un cambio en la resistencia a la flexión en % (10%, 20%, 30) para la muestra c° y el c° con el aumento de piedra pómez volcánica. En los 7, 14 y 28 días de edad. Donde disminuye ligeramente la resistencia a la flexión en relación al c° patrón, en los 28 días. La viga con 10 % de piedra pómez volcánica. disminuye en un 12.3% respecto a la viga patrón, la viga con 20 % de piedra pómez volcánica disminuye en un 16 % en función a la viga patrón y la viga con 30 % de adición de piedra pómez disminuye en un 19.7 % con respecto a la viga patrón. Se acepta parcialmente la hipótesis, según los resultados en la tabla 37, 40 y las figuras 44, 49 y 50 donde la piedra pómez disminuye su resistencia cuando se incrementa un mayor porcentaje de la piedra pómez a los 28 días, alcanzando su diseño de 210 pero hasta el 20% de adición de piedra pómez ya que el 30% de adición de piedra pómez no cumple para estructuras. Los resultados obtenidos se encuentran en el rango del (12–20 ) % de la resistencia a la flexión obtenida.

### Objetivo específico 04

A continuación, se tienen los resultados en función al objetivo específico 04: “¿Determinar la resistencia a la tracción del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?”

“La resistencia a la tracción según Sánchez de Guzmán (2001) por naturaleza, el c° es débil a la tensión de tracción, una propiedad que a menudo resulta en el desprecio de las dimensiones de las estructuras normales, las fuerzas de tracción asociadas con las grietas de C°, la contracción debido al

curado o los cambios de temperatura, ya que estos crean tensiones de tracción internas (pág. 55).

**Figura N° 50 Resistencia a la tracción**



Fuente elaboración propia (2021)

**Tabla N° 41 Resultados de la resistencia a la tracción**

CONCRETO	% PIEDRA POMEZ	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
		lectura(KG)	kg/cm2	promedio (kg/cm2)	lectura(KG)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	lectura(KG)	kg/cm2	promedio(kg/cm2)	promedio final (kg/cm2)
D1	0%	17545.00	29.201	29.2	18541.00	30.859	31.1	18580.00	30.924	30.9	30.9
		17485.00	29.101		18636.00	31.017		18585.00	30.932		
		17654.00	29.383		18747.00	31.202		18474.00	30.747		
D2	10%	16582.00	27.599	27.4	17362.00	28.897	28.9	18021.00	29.994	30.2	30.2
		16475.00	27.42		17421.00	28.995		18036.00	30.018		
		16328.00	27.176		17484.00	29.1		18045.00	30.033		
D3	20%	15848.00	26.377	25.9	16854.00	28.051	27.5	17588.00	29.273	29.6	29.6
		15468.00	25.744		16325.00	27.171		17848.00	29.706		
		15326.00	25.508		16444.00	27.369		17969.00	29.907		
D4	30%	14858.00	24.729	24.3	15465.00	25.739	25.6	16985.00	28.269	28.2	28.2
		14747.00	24.544		15445.00	25.706		16985.00	28.269		
		14232.00	23.687		15326.00	25.508		16858.00	28.058		

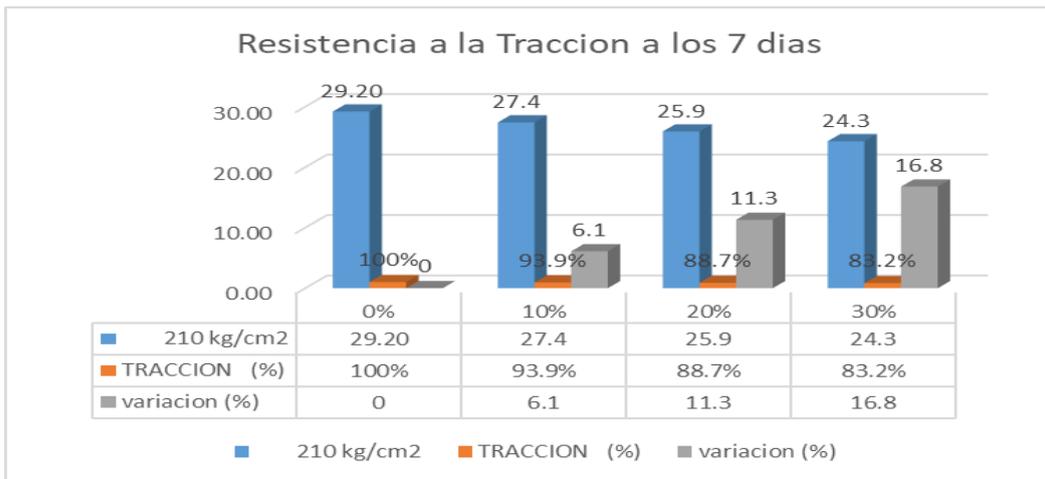
Fuente elaboración propia (2021)

**Tabla N°42 Resumen Resultados de la resistencia a la tracción a los 7 días**

Resistencia a la Tracción a los 7 días				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm</b>	<b>29.20</b>	<b>27.4</b>	<b>25.9</b>	<b>24.3</b>
<b>TRACCION (%)</b>	<b>100%</b>	<b>93.9%</b>	<b>88.7%</b>	<b>83.2%</b>
<b>variacion (%)</b>	<b>0</b>	<b>6.1</b>	<b>11.3</b>	<b>16.8</b>

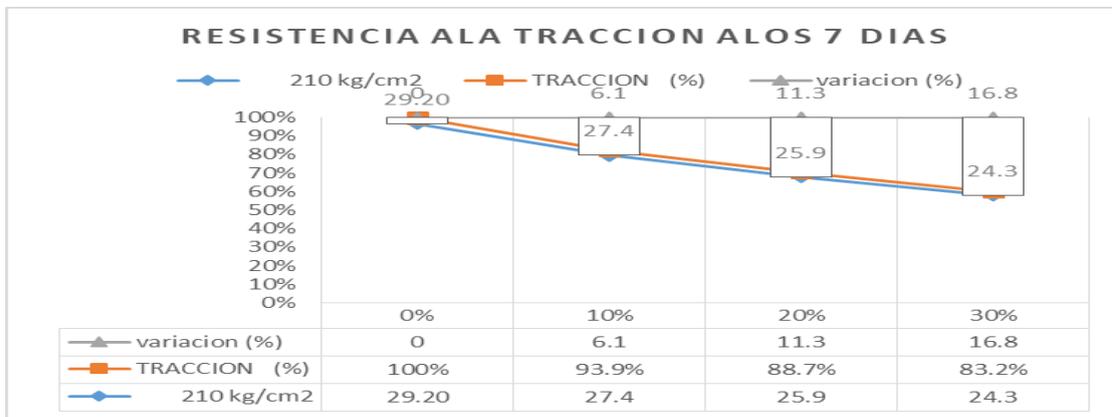
Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 51 Ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días**



Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 52 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días**



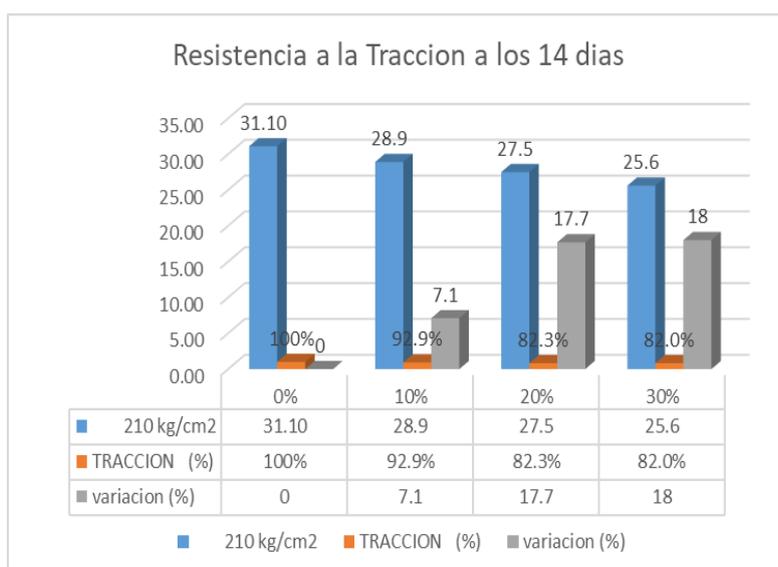
Fuente elaboración propia (2021)

**Tabla N° 43 Resumen Resultados de la resistencia a la tracción a los 14 días**

Resistencia a la Traccion a los 14 dias				
% adicion	0%	10%	20%	30%
$f'_{c210 \text{ kg/cm}}$	31.10	28.9	27.5	25.6
TRACCION (%)	100%	92.9%	82.3%	82.0%
variacion (%)	0	7.1	17.7	18

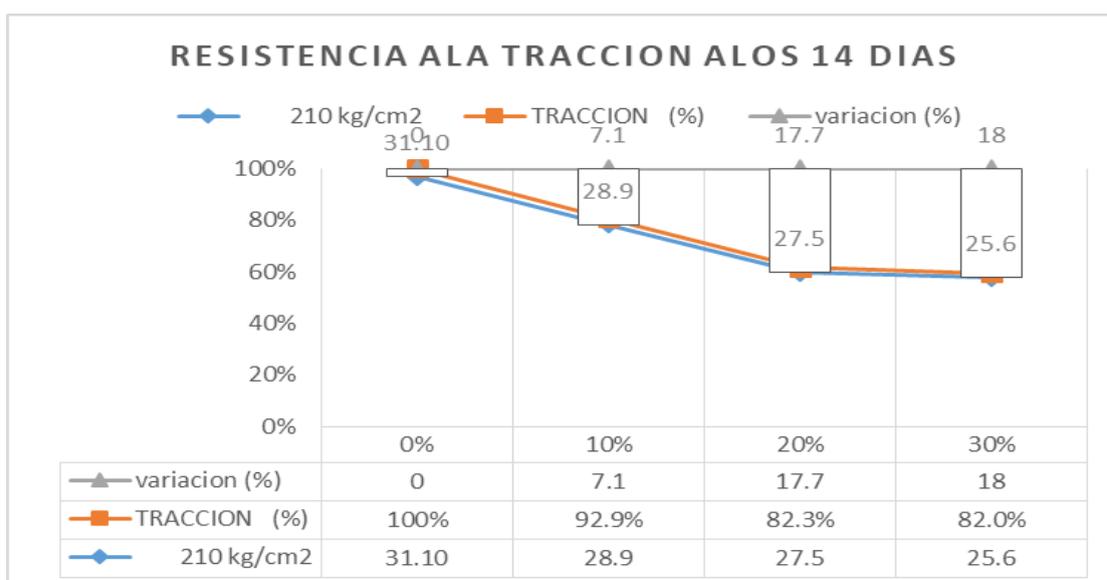
Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 53 Ensayo de resistencia a la tracción a los 14 días**



Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 54 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 14 días**



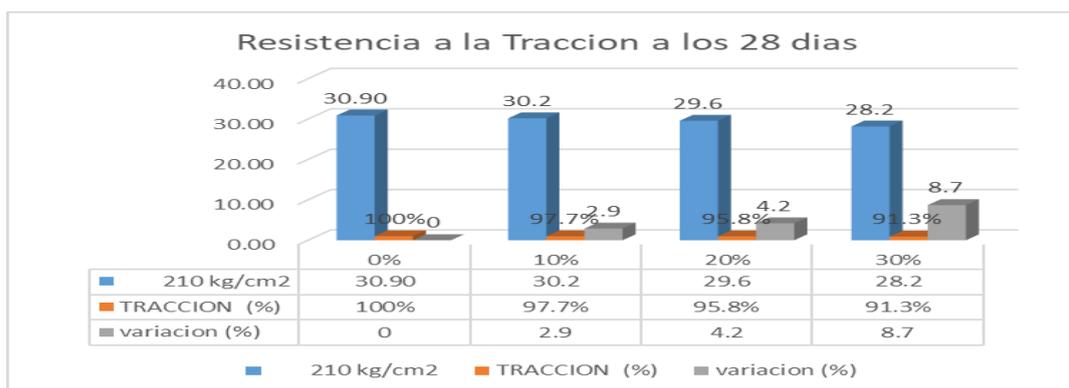
Fuente elaboración propia (2021)

**Tabla N° 44 Resumen resultados de la resistencia a la tracción a los 28 días**

Resistencia a la Traccion a los 28 dias				
% adición	0%	10%	20%	30%
<b>f'c 210 kg/cm<sup>2</sup></b>	30.90	30.2	29.6	28.2
TRACCION (%)	100%	97.7%	95.8%	91.3%
variacion (%)	0	2.9	4.2	8.7

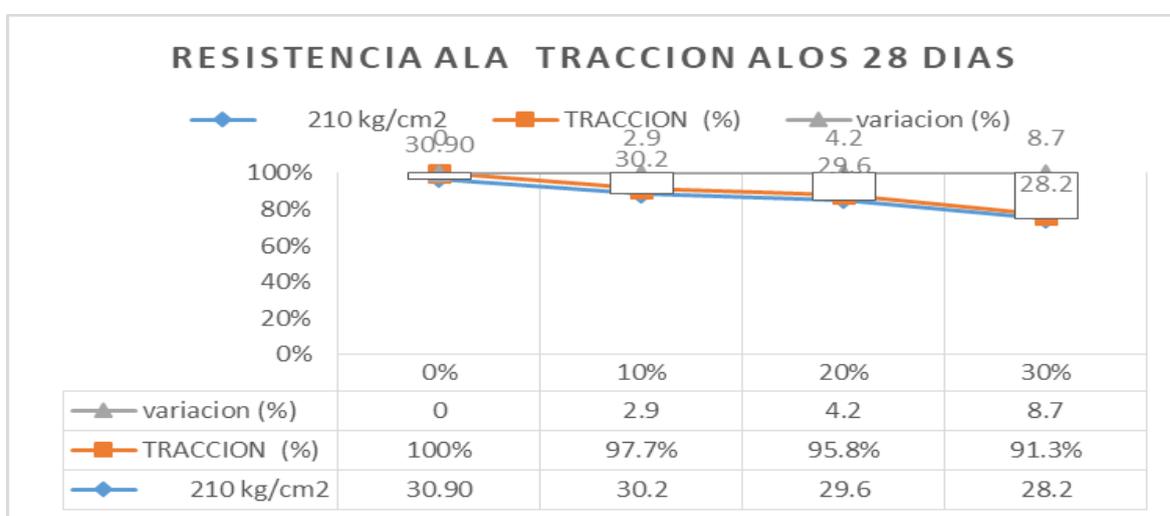
Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 55 Ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días**



Fuente elaboración propia (2021)

**Figura N° 56 Diagrama de ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días**



Fuente elaboración propia (2021)

## RESULTADOS

De acuerdo con las Tablas 41, 44 y las Figuras 51, 56 y 57, se verifica la variación en la resist. a la tracción para la fórmula c° y c°s al agregar piedra pómez volcánica (10%, 20%, 30%). 7, 14 y 28 días. Donde la adición de piedra pómez volcánica disminuye la resistencia ligeramente en esta prueba de tracción con respecto al concreto patrón, a los 28 días. con 10 % de piedra pómez disminuye ligeramente en un 2.9 % respecto al patrón, con 20 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente en 4.2 % respecto al patrón y con 30 % de piedra pómez. disminuye considerablemente en 8.7 % en relación al patrón. Se acepta parcialmente la hipótesis, según los valores de la tabla 41, 44 y las figuras 51, 56 y 57, donde la adición de piedra pómez al concreto. disminuye ligeramente la prueba de la tracción del concreto a los 28

días, en algunos casos disminuyendo su resistencia considerable sobre todo con el 30% de piedra pómez ya que con 10% y 20 % cumple la resistencia entonces a mayor % de piedra pómez el concreto pierde resistencia. Los valores obtenidos están en el rango (3-99%) de la resist. a la tracción obtenida.

## V. DISCUSIONES

Después de describir los resultados de la encuesta, este capítulo analiza las observaciones y los resultados y los compara brevemente con estudios anteriores citados en el estudio y detallado en el segundo capítulo donde está el marco teórico. Estas discusiones se puntualiza en el orden acordado y propuesto de los siguientes objetivos, que son:

1. Objetivo General “Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco, 2021”

Para **Mendoza (2017)** su **objetivo general** fue Determinar la influencia de la adición de puzolana volcánica en las propiedades físico – mecánicas de un  $C^\circ$  de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ . El investigador realizó su estudio para comparar común y  $C^\circ$  con 10%, 15% y 20% de ceniza volcánica (polvo de traquita) añadida. Para el diseño de la resistencia  $f'c\ 210\text{ kg/cm}^2$ , se realizaron los ensayos de resist. mecánicas correspondientes (compresión y flexión) de acuerdo a las normas técnicas peruanas. La resistencia a la compresión a los 60 días aumentó solo un 13 % a  $C^\circ$  cuando el contenido de puzolana era del 10 %, mientras que la resistencia a la compresión disminuyó un 10 % y un 19 %, un 15 % y un 20 %, respectivamente. De igual manera, la resist. a la flexión aumentó un 16,41 % con la adición del 10 % de puzolana y disminuyó un 4,54 % y un 16,49 % con la adición del 15 % y el 20%, respectivamente. encontró que con 10% de puzolana, la dosis óptima para el diseño de  $C^\circ$  en este estudio.

**En relación, ha esta investigación Mendoza (2017), investigación, se observa que ambas tienen similitud**, en relación a las dosificaciones con 10% cumple sobre requerido en un  $C^\circ\ 210\text{kg/cm}^2$  y ponemos en evidencia que el autor Mendoza con puzolana al 20% no cumple el diseño de mezclas del  $210\text{kg/cm}^2$ , ya que nuestro diseño con piedra pómez al 20% si cumple con el diseño de  $210\text{kg/cm}^2$ .

2. Objetivo específico 01 “Determina las propiedades físicas en estado fresco, trabajabilidad, densidad, trabajabilidad, aire atrapado, tiempo de fragua temperatura, densidad”.

Para Sivalinga, Radha, Bhaskar, Swami (2018) su **objetivo general** se encuentra que la densidad, su trabajabilidad del c° disminuye con el aumento en porcentaje de reemplazo de agr natural por agr de piedra pómez. Se encuentra que la resistencia a la compresión del c° reduce con el aumento del contenido de piedra pómez. Se encuentra que disminuye de 32,75 a 7,95 M P a medida se incrementa la cantidad de piedra pómez de 0 a 100 por ciento.

**En relación a los valores se tiene los siguientes resultados con respecto a la Trabajabilidad:** Según la tabla 25, 26 y las figuras 23, 24 y 25 la adición de piedra pómez al (10%,20%,30%) Reducir el asentamiento, afectando la trabajabilidad del hormigón. Hormigón con 10% piedra pómez, 12,5% menos que hormigón estándar, hormigón con 20% piedra pómez. 22% más bajo que el hormigón estándar, el 30% de espuma de hormigón es un 31,25% más bajo que el hormigón estándar. Esto significa que una mayor proporción de piedra pómez reduce la trabajabilidad. Se acepta la hipótesis, según los resultados en la tabla 15 y figura 19; donde la adición de piedra pómez influye considerablemente en la trabajabilidad del c°, entonces a mayor % de piedra pómez disminuye la trabajabilidad del c°. **En función al aire atrapado en el concreto fresco La adición de piedra pómez al (10%, 20%, 30%) % de piedra pómez** incrementa en porcentajes considerados el % de contenido de aire en el c° en fresco. El c° con 10 % de adición de piedra pómez. Incrementa en 44. % en base al c° patrón, el c° con 20 % de adición de piedra pómez incrementa en un 55.6 % en base al c° patrón y el c° con 30 % de adición de piedra pómez volcánica, incrementa en 77.8 % respecto al c° patrón. **Con respecto al Tiempo de fragua del concreto en fresco.**

Según la tabla 28 y 29 y la figura 29 y 30 ,el tiempo inicial del fraguado del cemento analizando las tablas tiene un inicio 100 % viendo que los resultados se toma cada 15 minutos hay una variación del 1.5% en función al inicio a los 30 minutos hay una variación al 3 % en función al inicio a los 45 minutos hay una variación de 4.5 % en función al inicio y a los 60 minutos hay una variación de 10% en función al tiempo de inicio y a los 75 minutos hay una variación del 11.5% en función al tiempo de inicio a los 90 minutos hay una variación en 13 % en función al inicio a los 105 minutos hay una variación 14.5 % en función

al inicio y a los 120 minutos hay una variación de 20 % en función al tiempo de inicio y a los 135 minutos hay una variación del 23 % en función al tiempo de inicio y a los 145 minutos hay una variación del 24.5% en función al tiempo de inicio y a los 160 minutos hay una variación del 30 % en función al tiempo de inicio y a los 175 minutos hay una variación del 31.5 % en función al tiempo de inicio y a los 190 minutos hay una variación del 33 % en función al tiempo de inicio y a los 205 minutos hay una variación del 34.5 % en función al tiempo de inicio y a los 220 minutos hay una variación del 40 % en función al tiempo de inicio y a los 235 minutos hay una variación del 41.5 % en función al tiempo de inicio y a los 250 minutos hay una variación del 43 % en función al tiempo de inicio y a los 265 minutos hay una variación del 44.5 % en función al tiempo de inicio y a los 280 minutos hay una variación del 50 % en función al tiempo de inicio y a los 295 minutos hay una variación del 51.5 % en función al tiempo de inicio y a los 300 minutos hay una variación del 53 % en función al tiempo de inicio y a los 315 minutos hay una variación del 54.5 % en función al tiempo de inicio y a los 330 minutos hay una variación del 60 % en función al tiempo de inicio y a los 335 minutos hay una variación del 61.5 % en función al tiempo de inicio y a los 350 minutos hay una variación del 64.5 % en función al tiempo de inicio del ensayo, y podemos determinar que se determina que el ensayo duro 6:45:02 tiempo de fragua final Según la norma ASTM-C150 el tiempo máximo para fragua es de 7 horas y no llegando a sobre pasar las 7 horas el ensayo si cumple el tiempo establecido en la norma antes mencionada.

**Temperatura del concreto en fresco** En la tabla 30 y las figuras 31, 32 y 33 El aumento de piedra pómez al concreto al (10%, 20%,30%) % de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de temperatura del concreto. El concreto con 10 % de adición de piedra pómez. Disminuye ligeramente la temperatura en un 12.5 % en base al c° patrón, el c° con 20 % de adición de piedra pómez disminuye en un 18.75 % en base al c° patrón y el c° con 30 % de adición de piedra pómez disminuye significativamente la temperatura del c° en fresco en un 31.25 % en relación al c° tradicional. Significa que, a mayor % de piedra pómez, mayor % de disminución de la temperatura en el concreto. **Con respecto a la densidad del concreto en fresco.** La adición de piedra pómez

al  $c^\circ$  al (10%, 20%,30%) % de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de la densidad del  $c^\circ$ . Hormigón con 10% de piedra pómez. La densidad se reduce ligeramente en un 1,75 % en comparación con el  $c^\circ$  estándar, el  $c^\circ$  con piedra pómez al 20 % es un 2,94 % inferior al  $c^\circ$  estándar, y el  $c^\circ$  con piedra pómez al 30 % tiene una densidad del  $c^\circ$  fresco un poco menor en un 4,13 % en comparación con el  $c^\circ$  estándar. Esto significa que cuanto mayor sea la cantidad de piedra pómez, el porcentaje de reducción en la densidad  $c^\circ$ . **Al respecto, se realizó la comparación entre la investigación de Para Sivalinga ,Radha , Bhaskar , Swami (2018) la presente investigación que tenemos una coincidencia con el investigador** en mención haciendo una exhaustiva verificación podemos afirmar, que ambas tienen similitud, en relación a que la piedra pómez influye en el  $c^\circ$  en fresco en trabajabilidad, y la densidad, que en nuestra investigación tiene coincidencias ya que a mayor adición de piedra pómez cambia la densidad del  $c^\circ$  y la trabajabilidad.

3. Objetivo específico 02 “Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210g/cm^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, Coya - Cusco, 2021”

Para Alayo; Polo (2019) cuyo objetivo general fue la “influencia del % de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un  $c^\circ$  estructural para pórticos, Trujillo” el investigador a través de su primer objetivo OE 01: Realizar la caracterización de agr de grano grueso, fino y ligero para su uso en el diseño de compuestos para  $c^\circ$ . Métodos Utilizados Este estudio se denomina Aplicado porque trata de utilizar el conocimiento obtenido al utilizar las proporciones óptimas de piedra pómez para generar  $c^\circ$  con el fin de obtener los parámetros de diseño que se aplicarán para el modelado estructural de un edificio de 6 pisos. por lo tanto, un método para verificar los valores de los parámetros de diseño especificados en el código en el RNE.

**Conclusiones** Se determinó el efecto del % de piedra pómez en el incremento de la resist. a la compresión  $c^\circ$  reemplazando la piedra pómez por árido grueso para obtener un peso unitario  $c^\circ$  que sea sólo un 10% inferior en resistencia. La piedra pómez superó el valor estándar (238  $kg/cm^2$ ) y su resistencia a la compresión se incrementó después de 28 días de endurecimiento, resultando en 277  $kg/cm^2$ , expresado como una disminución

en °C por unidad de masa en estado fresco. (2360 kg/m<sup>3</sup> **Como podemos verificar en la investigación se tiene la lectura de la adición de piedra pómez volcánica al 10% ,20% y 30% podemos verificar los datos obtenidos de nuestras siguientes tablas como podemos analizar lo siguiente:**

Observando la tabla 32 ,35 y las figuras 37, 42 y 43 El cambio en la resistencia a la compresión se observa para c° estándar y c° que contiene 10%, 20% y 30% de piedra pómez volcánica. Los días 7, 14 y 28. Donde la piedra pómez disminuye en función al c° patrón con respecto al concreto patrón, a los 7,14 y 28. El c° con 10% de adición de piedra pómez volcánica. disminuye en 2.9 % en función al patrón el c° con adición de piedra pómez volcánica a un 20% disminuye en 4,2 % de resistencia en función al patrón con respecto al 30% de adición de piedra pómez volcánica respecto al c° patrón, el concreto disminuye en resistencia en un porcentaje al 8.7 % observando esta relación al 30% no cumple la resistencia adecuada para un c° diseñado del 210 kg/cm<sup>2</sup> ya que llega en porcentaje a un 91.3% de resistencia. Se acepta la hipótesis, según los resultados obtenidos en la tabla 32, 35 y las figuras 37, 42, y 43

En relación a la investigación, se hizo una comparación entre el estudio de **Alayo; Polo (2019)** y la presente investigación que se está realizando donde tenemos una coincidencia que al 10% de reemplazo de piedra pómez por agr de grueso se cumple el c° 210 kg/cm<sup>2</sup> y como precedente no coincidimos que al 20% que adicionamos la piedra pómez volcánica cumple el diseño 210kg/cm<sup>2</sup> ya que en la investigación de Alayo; Polo (2019) no cumple los 210kg/cm<sup>2</sup>.

4. Objetivo específico 03 “Determinar la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, Coya -Cusco, 2021”

**Para Ramos (2017)** “mencionado como en un antecedente nacional se probó la resistencia a la flexión de 18 muestras suplementadas con mucílago de nopal a los 7, 14 y 28 días de maduración, donde la cantidad de agregado de 1% Mr fue de 20.44 kg/cm<sup>2</sup> y 20.44 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente 23.13 kg/cm<sup>2</sup>, 26.26 kg/cm<sup>2</sup>, Agregue 1.5% a Mr 23.13 kg/cm<sup>2</sup>, 25.65 kg/cm<sup>2</sup>, 27.93 kg/cm<sup>2</sup>, Agregue 2% a Mr 25.74 kg/cm<sup>2</sup>, 29.25 kg/cm<sup>2</sup>, 29.41 kg/cm<sup>2</sup> Los valores

anteriores se derivan de nuestro análisis de 3 años de curados, esto debido al aumento de piedra pómez nuestro estudio contiene características de origen ígneo el cual tienen la propiedad de tener una dureza resistente a comparación del elemento usado con adición por parte del investigador” **Ramos(2017)** Se pueden verificar que los resultados obtenidos para el segundo objetivo específico son consistentes, por lo que se logra el objetivo.

**En base a los resultados se obtuvieron:**

Según la tabla 36,39 y las figuras 44,49 y 50, Se observaron cambios en la resistencia a la flexión de las fórmulas  $c^{\circ}$  y  $c^{\circ}s$  con la adición de un % de piedra pómez volcánica (10%, 20%, 30). Después de 7, 14 y 28 días. Después de 28 días, la resistencia a la flexión se redujo ligeramente en comparación con el régimen estándar. El pack de piedra pómez volcánica al 10% es un 12,3% menos que el paquete estándar, el pack de piedra pómez volcánica al 20% se reduce significativamente en un 16% en comparación con el paquete estándar, añadiendo el paquete de piedra pómez al 30% es un 19,7%% menos que el paquete estándar. Se acepta parcialmente la hipótesis, según los resultados en la tabla 36,39 y las figuras 44, 49 y 50 donde la piedra pómez disminuye su resistencia cuando se incrementa mayor porcentaje la piedra pómez a los 28 días, alcanzando su diseño de 210kg/cm<sup>2</sup>, pero hasta el 20% de adición de piedra pómez ya que el 30% de adición de piedra pómez no cumple para estructuras. Los valores que se obtuvieron en el rango del (12–20) % de la resistencia a la flexión obtenida.

En este sentido, se han realizado comparaciones entre estudios de **Ramos (2017)** verificó que ambas tienen similitud, en relación al aumento de la piedra pómez volcánica cumple al 20% en función al diseño del 210kg/cm<sup>2</sup>

5. Objetivo específico 04 “Determinar la resistencia a la tracción del concreto  $f'c=210g/cm^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya - Cusco, 2021”.

**Para Oyola, Arrieta (2017) como Objetivo general** Caracterizar el  $c^{\circ}$  se presenta a 3500 psi utilizando una mezcla de gránulos de caucho al 5 % que consiste en un material 5 % más grueso y más fino que las mezclas convencionales. Objetivo detallado diseñar una mezcla que contenga 5% en peso de material granular de caucho regenerativo fino y grueso según (NTC)

siguiendo sus especificaciones para su correcta investigación. Las mezclas de laboratorio se realizarán de acuerdo con (NTC 722) prueba de tracción y compresión indirecta brasileña (NTC 673) en los días 7, 14, 21 y 28, con valores de prueba. Los datos obtenidos del laboratorio se analizan para obtener el porcentaje de caucho que da el mejor proceso al c° a **(compresión, y tracción indirecta método** brasilero según la (NTC 722, NTC 673) Desarrollar mezclas futuras para probar el uso de este material en la construcción. Reemplazar el caucho regenerativo afecta la resistencia a la tracción intermedia de manera similar, pero a la edad de 28 días recupera su resistencia a la tracción, lo que puede aumentar significativamente la resistencia a la tracción de las muestras con un tiempo de cierre sólido mayor. Se menciona que una mezcla con un mayor % de caucho bruto dará mejor propiedad al hormigón.

Además, se recomienda investigar la incorporación de caucho en pavimentos duros porque la acción del caucho para recuperarse de deformaciones severas puede reducir la fatiga causada por el impacto mecánico de los automóviles. Se recomienda hacer las pruebas de laboratorio en 28 días después del curado para ver si la eficacia mejora con el tiempo.

**En base a los resultados se obtuvieron los siguientes datos:**

**Según la tabla 40 ,43 y las figuras 51 ,56 y 57 se verifica el cambio de resistencia a la tracción del c° tradicional y los c°s con incremento de piedra pómez volcánica al (10%, 20%, 30%) a los 7, 14 y 28 días de edad.** Donde la adición de piedra pómez volcánica disminuye la resistencia ligeramente en esta prueba de tracción con respecto al concreto patrón, a los 28 días. con 10 % de piedra pómez disminuye ligeramente en un 2.9 % respecto al patrón, y con 20 % de adición de piedra pómez disminuye ligeramente en 4.2 % respecto a la viga patrón y con 30 % de piedra pómez disminuye considerablemente en 8.7 % en función a la viga tradicional. Se acepta temporalmente la hipótesis, según los resultados en la tabla 40, 43 y las figuras 51 ,56 y 57 donde la adición de piedra pómez al concreto. disminuye ligeramente la prueba de la tracción del concreto a los 28 días, en algunos casos disminuyendo su resistencia considerable sobre todo con el 30% de piedra pómez ya que con 10% y 20 % cumple la resistencia entonces

a mayor porcentaje de piedra pómez el concreto pierde resistencia. Los valores que se obtuvieron están en el rango del (3 –9) % de la resistencia a la tracción obtenida.

Para **Oyola, Arrieta (2017)** y el presente estudio se verificó que ambas tienen similitud, en relación al resultado en función a la aumento al c° convencional diferentes aditivos naturales o artificiales ya que a mayor aditivo de piedra pómez baja la resistencia del concreto el 10% y 20% de piedra pómez cumplen la resistencia adecuada en función del patrón que es un concreto convencional que cumple el 210kg/cm<sup>2</sup> y que al 30% no llega a la resistencia adecuada del concreto en mención , como podemos ver sucede casi lo mismo en la adición de caucha al concreto que menciona este autor vemos que reemplazo el 30%,70% con caucho en remplazo del agregado grueso y a los 28 días tenía 30% menos de resistencia que el concreto tradicional o convencional vemos que ahí se cumple con nuestro estudio al 30% por parte **Oyola, Arrieta**. Puede ver que los resultados que se obtuvieron dentro del segundo objetivo específico son consistentes, por lo que se logra el objetivo.

## VI CONCLUSIONES

En función a los resultados encontrados y del estudio realizado, se presenta:  
**Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'_c=210\text{g/cm}^2$  con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021.**

1. Del objetivo general, se concluye que:

Se concluye de acuerdo a los resultados que nos brindó el análisis de los datos obtenidos se concluye que hay variación tanto en las propiedades físicas y en las mecánicas como podemos mostrar en las siguientes conclusiones en: la tabla 25,26 y las figura 23, 24 y 25. La adición de 10%, 20%, 30% de piedra pómez reduce el asentamiento y afecta la trabajabilidad del concreto. El hormigón con un 10 % de piedra pómez es un 12,5 % inferior al hormigón estándar y al hormigón con un 20 % de piedra pómez. 22 % más bajo que el concreto estándar, 30 % de espuma de concreto es 31,25 % más bajo que el concreto estándar.

**En relación a la determinación del contenido de aire en concreto fresco** Según la Tabla 27 y las Figuras 26, 27 y 28, se aumenta el porcentaje de piedra pómez añadida (10%, 20%, 30%) de piedra pómez, teniendo en cuenta la relación de aire en el hormigón. Hormigón 10% piedra pómez. 44% superior al hormigón estándar, 20% hormigón pómez 55,6% más que el hormigón estándar y 30% hormigón pómez 77,8% más que el hormigón normal. Esto significa que cuanto mayor sea la cantidad de piedra pómez, mayor será el contenido de aire en el hormigón.

### **Ensayo de Tiempo de fragua**

En relación a la tabla 28 y 29 y la figura 29 y 30, el tiempo inicial del fraguado del cemento analizando las tablas tiene un inicio 100 % viendo que los resultados se toma cada 15 minutos hay una variación del 1.5% en función al inicio a los 30 minutos hay una variación al 3 % en función al inicio a los 45 minutos hay una variación de 4.5 %en función al inicio y a los 60 minutos hay una variación de 10% en función al tiempo de inicio y a los 75 minutos hay una variación del 11.5% en función al tiempo de inicio a los 90 minutos hay una variación en 13 % en función al inicio a los 105 minutos hay una variación 14.5 % en función al inicio y a los 120 minutos hay una variación de 20 % en función al tiempo de inicio y a los 135 minutos

hay una variación del 23 % en función al tiempo de inicio y a los 145 minutos hay una variación del 24.5% en función al tiempo de inicio y a los 160 minutos hay una variación del 30 % en función al tiempo de inicio y a los 175 minutos hay una 31.5% ya que podemos concluir que se tomó el ensayo desde las 10:00 am hasta las 16:45 en total fueron 6:45 minutos según la norma ASTM-C 150 estamos dentro del tiempo permitido

### **Control de la temperatura del concreto en fresco**

Se concluye Según la tabla 30 y la figura 31, 32 y 33. La adición de piedra pómez al concreto al (10%, 20%,30%) de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de temperatura del concreto. El concreto con 10 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente la temperatura en un 12.5 % en relación al c° tradicional, el concreto con 20 % de adición de piedra pómez disminuye en un 18.75 % en base al concreto patrón y el c° con 30 % de adición de piedra pómez disminuye significativamente la temperatura del concreto en fresco en un 31.25 % respecto al concreto patrón. Significa que, la cantidad de piedra pómez es inversamente proporcional a la temperatura en el c°.

### **Densidad del Concreto en Fresco**

Se con concluye según la tabla 31 y la figura 34, 35 y 36. La adición de piedra pómez al concreto al (10%, 20%,30%) % de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de la densidad del c°. El c° con 10 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente la densidad en un 1.75 % en relación al c° patrón, el concreto con 20 % de adición de piedra pómez disminuye en un 2.94 % en base al c° patrón y el concreto con 30 % de adición de piedra pómez disminuye ligeramente la densidad del c° en fresco en un 4.13 % respecto al concreto patrón. En relación al c° mecánico o endurecido se concluye Observando la tabla 32,35 figuras 37, 42 y 43 se verifica el cambio de resistencia a compresión del c° patrón y los concretos con adición de piedra pómez volcánica 10%,20%,30%. Y los días 7,14 y 28 días de edad. Donde la piedra pómez disminuye en función al patrón de concreto convencional. con respecto al concreto patrón, a los 7,14 y 28. El concreto con 10% de adición de piedra pómez volcánica. disminuye en 1.5 % en función al patrón y el concreto con aumento de piedra pómez volcánica a un 20% disminuye en 3 % de resistencia en función al patrón con respecto al 30% de adición de piedra pómez volcánica respecto al concreto patrón, el concreto disminuye en resistencia en un

porcentaje al 5 % en relación al ensayo de flexión se concluye Según la tabla 36 ,39 y las figuras 44 ,49 y 50 donde se verifica el cambio de resistencia a flexión del c° patrón y los concretos con aumento de piedra pómez volcánica en un % (10%, 20% , 30 ). En los 7, 14 y 28 días de edad. Donde disminuye ligeramente la resistencia ala flexión en efecto al concreto patrón, a los 28 días. La viga con 10 % de piedra pómez volcánica. disminuye en un en 12.3% respecto a la viga patrón, la viga con 20 % de piedra pómez volcánica disminuye en un 16 % respecto a la viga patrón y la viga con 30 % de adición de piedra pómez disminuye en un 19.7 % con respecto a la viga patrón. Con respecto al ensayo a la tracción se concluye. Según la tabla 40,43 y las figuras 51, 56 y 57, se observa la variación de resistencia a la tracción c° patrón y los c°s con aumento de piedra pómez volcánica al (10%, 20%, 30%) a los 7, 14 y 28 días de edad. Donde la adición de piedra pómez volcánica disminuye la resistencia ligeramente en esta prueba de tracción con respecto al concreto patrón, a los 28 días. con 10 % de piedra pómez disminuye ligeramente en un 2.9 % respecto al patrón, con 20 % de adición de piedra pómez disminuye ligeramente en 4.2 % respecto al patrón y con 30 % de piedra pómez disminuye considerablemente en 8.7 % respecto al patrón.

2. Del Objetivo específico 01, se concluye que:

En relación de resultados obtenidos y de los análisis realizados, se presenta las siguientes conclusiones:

#### **Trabajabilidad:**

Según la tabla 25,26 y las figura 23,24 y 25, la adición de piedra pómez al (10%,20%,30%) reduce el asentamiento y afecta la maquinabilidad c°. El C° al agregar un 10 % de piedra pómez se reduce en un 12,5 % en función del c° estándar y el c° cuando se agrega un 20 % de piedra pómez. 22% inferior al c° estándar, hormigón con 30% de piedra pómez 31,25% inferior al c° estándar. En base en los resultados obtenidos en las Tablas 25, 26 y las Figuras 23, 24 y 25, se acepta esta hipótesis; mientras que la adición de piedra pómez afecta significativamente la trabajabilidad del hormigón, una mayor cantidad de piedra pómez reduce la trabajabilidad c°.

#### **Contenido de Aire en el concreto en fresco**

Agregue piedra pómez a (10%, 20%, 30%) % de piedra pómez según las tablas 27 y las figuras 26, 27 y 28, y su porcentaje aumenta en función del porcentaje de aire

c°. Hormigón con 10% de piedra pómez. Aumento del 44,4 % en régimen c°, hormigón con 20 % piedra pómez 55,6 % en régimen c° y hormigón con 30 % piedra pómez volcánica ganancia 77,8 % en modo c°. esto quiere decir que, la cantidad de piedra pómez es directamente proporcional al porcentaje de aire en el c°. De acuerdo con los resultados de la Tabla 27 y las Figuras 26, 27 y 28, esta hipótesis se cumple porque la adición de piedra pómez afecta significativamente la relación de aire en el concreto fresco.

### **Tiempo de fragua del concreto en fresco**

Según la tabla 29 ,30 y las figura 28 y 29 ,el tiempo inicial del fraguado del cemento analizando las tablas tiene un inicio 100 % viendo que los resultados se toma cada 15 minutos hay una variación del 1.5% en función al inicio a los 30 minutos hay una variación al 3 % en función al inicio a los 45 minutos hay una variación de 4.5 % en función al inicio y a los 60 minutos hay una variación de 10% en función al tiempo de inicio y a los 75 minutos hay una variación del 11.5% en función al tiempo de inicio a los 90 minutos hay una variación en 13 % en función al inicio a los 105 minutos hay una variación 14.5 % en función al inicio y a los 120 minutos hay una variación de 20 % en función al tiempo de inicio y a los 135 minutos hay una variación del 23 % en función al tiempo de inicio y a los 145 minutos hay una variación del 24.5% en función al tiempo de inicio y a los 160 minutos hay una variación del 30 % en función al tiempo de inicio y a los 175 minutos hay una variación del 31.5 % en función al tiempo de inicio y a los 190 minutos hay una variación del 33 % en función al tiempo de inicio y a los 205 minutos hay una variación del 34.5 % en función al tiempo de inicio y a los 220 minutos hay una variación del 40 % en función al tiempo de inicio y a los 235 minutos hay una variación del 41.5 % en función al tiempo de inicio y a los 250 minutos hay una variación del 43 % en función al tiempo de inicio y a los 265 minutos hay una variación del 44.5 % en función al tiempo de inicio y a los 280 minutos hay una variación del 50 % en función al tiempo de inicio y a los 295 minutos hay una variación del 51.5 % en función al tiempo de inicio y a los 300 minutos hay una variación del 53 % en función al tiempo de inicio y a los 315 minutos hay una variación del 54.5 % en función al tiempo de inicio y a los 330 minutos hay una variación del 60 % en función al tiempo de inicio y a los 335 minutos hay una variación del 61.5 % en función al tiempo de inicio y a los 350 minutos hay una

variación del 64.5 % en función al tiempo de inicio del ensayo, se empezó a las 10:00:00 am y podemos determinar que el ensayo duro 6:45:02 tiempo de fragua final Según la norma ASTM-C150 el tiempo máximo para fragua es de 7 horas y no llegando a sobre pasar las 7 horas el ensayo si cumple el tiempo establecido en la norma antes mencionada.

### **Temperatura del concreto en fresco**

Según la tabla 30 y la figura 31,32 y 33. La adición de piedra pómez al c° al (10%, 20%,30%) % de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de temperatura del concreto. El concreto con 10 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente la temperatura en 12.5 % en base al c° patrón, el concreto con 20 % de adición de piedra pómez disminuye en un 18.75 % en función al c° patrón y el c° con 30 % de adición de piedra pómez es inversamente proporcional a la temperatura del concreto en fresco en un 31.25 % en función al c° patrón. Significa que, a mayor cantidad de piedra pómez, mayor porcentaje de disminución de la temperatura en el c°. No se acepta la hipótesis según resultados en la tabla 30 y la figura 31,32 y 33 porque la adición de piedra pómez influye significativamente en la temperatura del concreto en fresco.

### **Densidad del concreto en fresco**

Según la tabla 31 y la figura 34, 35 y 36. La adición de piedra pómez al c° al (10%, 20%,30%) % de piedra pómez disminuye, ligeramente el % de la densidad del c°. El c° con 10 % de adición de piedra pómez. disminuye ligeramente la densidad en un 1.75 % en base al c° patrón, el c° con 20 % de adición de piedra pómez disminuye en un 2.94 % en base al c° patrón y el c° con 30 % de adición de piedra pómez disminuye ligeramente la densidad del c° en fresco en un 4.13 % en función al c° patrón. Significa que, la cantidad de piedra pómez es inversamente proporcional a la densidad del c°. no se acepta la hipótesis según resultados obtenidos en la tabla 31 y la figura 34, 35 y 36 porque la adición de piedra pómez influye moderadamente en la densidad del concreto en fresco.

3. Del Objetivo específico 02, se concluye que:

Observando la tabla 32, 35 y las figuras 37,42 y se observaron cambios en la resistencia a la compresión de los modelos c° y c°s con la adición de piedra pómez volcánica 10%, 20%, 30%. Y los días 7, 14 y 28 días de edad. Donde la piedra pómez disminuye en función al patrón de concreto convencional. Con respecto al

c° patrón, a los 7, 14 y 28. El c° con 10% de adición de piedra pómez volcánica disminuye en 1.5 % en función al patrón y el c° con adición de piedra pómez volcánica a un 20% disminuye en 3 % de resistencia en función al patrón con respecto al 30% de adición de piedra pómez volcánica respecto al c° patrón, el c° disminuye en resistencia en un porcentaje al 5 % observando esta relación al 30% no cumple la resistencia adecuada para un c° diseñado del 210 kg/cm<sup>2</sup> ya que llega en porcentaje a un 94.6% de resistencia Se admite la hipótesis, según los resultados extraídos de la tabla 32 ,35 y las figuras 37 , 42 y 43

4. Del Objetivo específico 03, se concluye que:

Según la tabla 36, 39 y las figuras 44, 49 y 50, se verifica la variación de resist. a flexión del c° patrón y el c° con adición de piedra pómez volcánica en un % (10%, 20%, 30). En los 7, 14 y 28 días de edad. Donde disminuye ligeramente la resist. a la flexión con respecto al c° patrón, a los 28 días. La viga con 10 % de piedra pómez volcánica. Disminuye en un 12.3% en función a la viga patrón, la viga con 20 % de piedra pómez volcánica disminuye en un 16 % en función a la viga patrón y la viga con 30 % de adición de piedra pómez disminuye en un 19.7% en función a la viga patrón. Se acepta parcialmente la hipótesis, según los resultados en la tabla 36, 39 y figuras 44, 49 y 50 donde la piedra pómez disminuye su resistencia cuando se incrementa me mayor porcentaje la piedra pómez a los 28 días, alcanzando su diseño de 210 pero hasta el 20% de adición de piedra pómez ya que el 30% de adición de piedra pómez no cumple para estructuras. Los resultados obtenidos se encuentran en el rango del (12–20) % de la resistencia a la flexión obtenida.

5. Del Objetivo específico 04, se concluye que:

Según la tabla 33, 36 y las figuras 46, 51 y 52, se verifica el cambio de resistencia a la tracción del c° patrón y los concretos con adición de piedra pómez volcánica al (10%, 20%, 30%) a los 7, 14 y 28 días de edad. Donde la adición de piedra pómez volcánica disminuye la resistencia ligeramente en esta prueba de tracción con respecto al c° patrón, a los 28 días. con 10 % de piedra pómez. disminuye ligeramente en un 2.9 % en función a la viga patrón, con 20 % de adición de piedra pómez. Disminuye ligeramente en 4.2 % respecto al patrón y con 30 % de piedra pómez. Disminuye ligeramente en un 8.7 % respecto a la viga patrón. Se acepta temporalmente la hipótesis, según los resultados en la tabla 40, 43 y las figuras 51, 56 y 57, donde la adición de piedra pómez al c°, disminuye ligeramente la prueba

de la tracción del c° a los 28 días, en algunos casos disminuyendo su resistencia considerable sobre todo con el 30% de piedra pómez ya que con 10% y 20 % cumple la resistencia entonces a mayor porcentaje de piedra pómez el c° pierde resistencia. Los resultados que se encontró están en el rango del (3 – 9) % de la resistencia a la tracción obtenida.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar más investigaciones sobre la adición de 10 % a 20 % de piedra pómez para obtener suficiente resistencia en hormigón estructural de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Se recomienda realizar trabajos de investigación con adición de piedra pómez al 10% y 20% para un concreto estructural ya que estos porcentajes cumplen con el diseño del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>.

Se recomienda utilizar más agua que el concreto convencional para tener mayor trabajabilidad en el concreto en un aproximado del 20 % más agua que el concreto convencional sobre todo cuando se adiciona más del 10% de piedra pómez.

Se recomienda cuando se haga el llenado de las briquetas realizar más de 25 golpes por las tres capas que se realizan para el llenado de las briquetas.

Se recomienda realizar una investigación con el 20% de piedra pómez para diseñar concreto para lozas de viviendas ya que hemos investigado que es térmico.

Se recomienda utilizar el concreto con la adición de piedra pómez volcánica solo en aquellas zonas alto andinas donde tengan esta materia prima ya que será de gran utilidad para mantener las viviendas térmicas.

## REFERENCIAS

1. Abanto, Flavio Castillo. 2009. *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L., 2009. 978-612-302-060-6.
2. Aliven, 2012. s.l.: *Agregados Livianos de Venezuela*.  
[http://www.aliven.com.ve/producto\\_historia.html](http://www.aliven.com.ve/producto_historia.html) , 2012.
3. Alayo y Alfaro. 2019. *Influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo*. Trujillo: Universidad privada del norte, 2019.
4. Alayo y Polo. 2019. *Influencia de porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo*. Trujillo: universidad privada del norte, 2019.
5. *Aplicación de los conjuntos difusos en la evaluación de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones*.
6. Astroza, Maximiliano y Schmidt, Andrés. 2004. 2004, *Revista de Ingeniería Sísmica*, págs. 59-75.
7. Arias Odón, Fidas Gerardo. 2012. *Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Episteme C. A, 2012. 980-07-8529-9.
8. Azcona, Maximiliano, Manzini, Fernando y Dorati, Javier. 2013. *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en Psicología*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata, 2013. 67-71.
9. Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería Civil, 2018.
10. Bernal, Cesar. 2010. *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Education, 2010. 978-958-699-128-5.
11. Baquero, Guiza y García. 2018. 2,2019, Bogotá: fundación editorial del norte, 2018, Vol. 37. Bogotá.
12. Condori, Cristóbal, y otros. 2017. 2017, *Revista de sismología*, Vol. 21, págs. 987–999.
13. Cañarte. 2016. *“Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.

*Capacidad de deformación de muros de albañilería.*

14. Carrasco Díaz, Sergio. 2006. *Metodología de la Investigación Científica*. Lima. Perú: Ed. San Marcos, 2006. 9972-34-242-5.
15. Carrera y Changoluisa. 2019. *Diseño de hormigones ligeros con diferentes materiales locales y análisis comparativo con un hormigón ordinario*. Quito: universidad politécnica salesiana, 2019.
16. Comunicaciones, Ministerio de Transportes 2016. *Manual de ensayo de Materiales*. Lima: MTC, 2016.
17. Crisafulli, Francisco J., Genatios, Carlos y Lafuente, Marianela. 2016. *Vivienda de interés social en América Latina. Una guía para sistemas constructivos sismorresistentes*. Caracas: Banco de Desarrollo de América Latina, 2016.
18. Domingo, Instituto Tecnológico de Santo. 2012. *caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón*. Santo Domingo: s.n., 2012. Vol. 37, 3. 0378-7680. Eliz, A., & Vásquez, 2018. *V s.l. Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú., 2018.
19. Edynson, Terrones Cotrina Jhenner. 2020. *Comportamiento mecánico de muros de albañilería con ladrillos artesanales con adición de cenizas de tallo de algodón Cañete*; Lima 2020. Cañete: Tesis, 2020.
20. Flores Ortega, Rogelio E. 2016. 2016, *revista ciencia y tecnología para el Desarrollo-UJCM*.
21. Gallegos. 2015. *Diseño de la mezcla de hormigón alivianado usando piedra pómez de Latacunga, aplicación a la fabricación de paneles pre fabricados no estructurales*. Sangolquí: universidad de las fuerzas armadas espe-sangolqui, 2015.
22. Giraldo, Fortuna Luis Alejandro. 2018. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en la ciudad de Huaraz – Año 2016*. Gutiérrez de López, Libia. 2003. *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 958-9322-82- 4.
23. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL /

- Interamericana editores, 2014. 632.
24. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación quinta edición*. México: McGraw. Hill/Interamericana, S.A. DE C.V., 2014. pág. 656.
  25. Hernández-Sampieri, Roberto y Mendoza, Christian. 2018. *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill, 2018.
  26. Investigación, Fundamentos de. 2014. *Por BERNAL TORRES, Cesar Augusto [et al.]*. México: Pearson, 2014. 978-607-32-2245-7.
  27. Kosmatka, Steven, Kerkhoff, Beatrix y Paranase, William. 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto*. México: Portland Cement Association, 2004. 0-89312-233-5.
  28. Karthika, Vidyapriya, y otros. 2020. 767, Chennai: SRM Easwari Engineering College, Department de Ingeniería Civil, 600089 Ramapuram, Chennai, India, 2020, Vol. 14
  29. López Roldan y Fachelli, Sandra. 2015. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona: Bellaterra, 2015.
  30. Martínez, D. 2010. *Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá*.
  31. Matamoros. 2019. *"Influencia de piedra pómez en la elaboración de un concreto liviano estructural de  $F'C = 175 \text{ kg/cm}^2$  utilizando material de región de Huancavelica"*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2019
  32. Mendoza. 2017. *"determinación de las propiedades físico - mecánicas de un concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de puzolana volcánica en Cajamarca"*. Cajamarca: universidad nacional de Cajamarca, 2017.
  33. Moreno Ortiz, Yheferzon Leonardo y ROJAS VANEGAS, Erick Santiago. 2016. *Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Mezclas de Concreto Hidráulico Adicionadas con Residuos de Pealpe en la Ciudad de Villavicencio. Tesis grado (Ingeniero Civil)*. Cuenca: Universidad Cooperativa de Colombia, 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12494/8336>.
  34. Muñoz. 2018. *"Aplicación de la piedra pómez para modificar el comportamiento mecánico de la carpeta de rodadura del pavimento rígido – Lima*. Universidad

Cesar Vallejo, 2018.

35. Muñoz Rocha, Carlos I. 2016. *Metodología de la investigación*. México: Editorial Progreso S.A de C.V, 2016. ISBN 9786074265422.
36. Muñoz Rocha, Carlos. 2016. *Metodología de la Investigación*. México: Progreso S.A, 2016. 978-60742-65-422.
37. Mendoza Rojas, Ana Paula Marilyn. 2017. *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de puzolana volcánica en Cajamarca. Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1502>.
38. Maldonado, Rondón Esperanza, Gómez, Araújo Iván y Chio, Cho Gustavo. 2007. Ingeniería y Desarrollo, págs. 1-22. *Calibración de la escala de magnitud local (M L) para Perú*.
39. Nielson Intemin, Hugo. 1984. *tobas volcánicas su aplicación en viviendas económicas*. Madrid España: McGRAW HILL, 1984. 84-481-3988-7.
40. Nilson, Arthur. 2001. *Diseño de estructuras de Concreto*. Colombia: Mc Graw Hill, 2001. 958-600-953-X.
41. Niño Hernández, Jairo René. 2010. *Tecnología del concreto - TOMO 1- Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*. Colombia: Nomos Impresores, 2010. 978-958-8564-03-6.
42. Norma Técnica Peruana, NTP 400.017. 1999. *Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima: Indecopi, 1999.
43. Norma Técnica NTP 400.021; 2002. *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima: Indecopi, 2002.
44. Norma Técnica, NTP 400.22; 2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima: Indecopi, 2013.
45. *Obra*. Bogotá: Asocreto, 2004. 958-96709-9-7.
46. Oyola, Juan Carlos Pérez y Ballén, Yeison Leonardo Arrieta. 2017. *Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.

47. Osorio, Jesús David. 2004. *Manual de control de calidad del concreto en* Pacheco Zúñiga, Julio. 2006. *Tecnología de la Construcción*. Lima: Capeco, 2006. 9972-9433-0-5.
48. Pons-Gascón, Wilfredo Felipe y Álvarez, Deulofeu Eduardo Rafael. 2017. *Revista Ciencia en su PC*, págs. 36-52.
49. Parmo, Tavio, Hafiz, Efa y Kusnul, Faruq. 2018. 117, Surabaya: Facultad de Ciencias y Tecnología, UIN Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Planificación, Instituto de Tecnología Sepuluh Nopember, 2018, Vol. 54.
50. Pasquel Carbajal, Enrique. 1993. *Tópicos de Tecnología de concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1993.
51. Pasquel. 1993. *Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú. Consejo Departamental de Lima - Capitulo de Ingeniería Civil. Lima. Perú. s.l.: Colegio de ingenieros del Perú Consejo Nacional*, 1993.
52. Paz, Guillermina Baena. 2018. *Metodología de la Investigación*. México: Grupo Editorial Patria, 2018. 157.
53. Pestana, Santa Paella Stracuzzi & Feliberto Martins. 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2012. 279.
54. Portugal Barriga, Pablo. 2007. *Tecnología del Concreto de alto desempeño*. Paris: Lafayette, 2007.
55. Quileche Villate, Joseph Rafael. 2019. *Resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup> adicionando puzolana volcánica, Cajamarca 2019, Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Cajamarca: Universidad del Norte, 2019.
56. Ramos Vázquez, Jhosselyn Cristina. 2017. *Influencia en las Propiedades Mecánicas de un Concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017. Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12231>.
57. Revista Alconpat. 2016. Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción. *México* 6 (3). abril 2016: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v6i3.150>, 2016.

58. Revista de Investigaciones Altoandinas. 2018. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Puno 20 (2)*. Abril 2018: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>, 2018.
59. Revista Ingeniería UC. 2019. Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. *Carabobo 26 (2)*. julio 2019: ISSN: 2610-8240, 2019.
60. Revista Ingeniería: Ciencia, tecnología e innovación. 2016. Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. *Chiclayo 3 (2)*. Setiembre 2016: <http://orcid.org/0000-0002-7514-9059>, 2016.
61. Ríos y Rojas. 2019. *Ladrillo de concreto ligero utilizando como agregado grueso piedra pómez para muros de tabiquería en viviendas multifamiliares*. Lima: Universidad Ricardo palma, 2019.
62. Ruiz Bolívar, Carlos. 2013. *Instrumentos y Técnicas de Investigación Educativa*. Houston Estados Unidos: Danaga, 2013
63. Sivalinga, Radha, Bhaskar, Swami. 2018. *fibre reinforced light aggregate natural pumice stone concrete*. 2229-5518, 2018, Vol. 4.
64. Selvaprasanth<sup>1</sup>, Mathan Kumar<sup>2</sup>, Indumathi. 2019. 02, Tamilnadú: Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IR JET), 2019, Vol. 06.
65. Salazar, Calcina Andrea Karolyna. 2021. *Evaluación de vulnerabilidad sísmica para las viviendas autoconstruidas y propuesta de reforzamiento con fibra de carbono, Nuevo Ilo, Moquegua, 2021*. LIMA: Universidad César Vallejo, 2021.
66. Sánchez Carlessi, Hugo, Reyes Romero, Carlos y Mejía Sáenz, Katia. 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima-Perú: Bussiness Support Aneth S.R.L., 2018. ISBN N° 978- 612-47351-4-1.
67. Sánchez de Guzmán, Diego. 2001. *Tecnología del concreto y del Mortero*. Bogotá: Bhandar editores Ltda., 2001. 958-9247-04-0.
68. Sandoval Unapucha, Franklin Mauricio. 2017. *Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales*. Tesis

69. *grado (Ingeniero Civil)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato-Ecuador, 2017. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25961>.
70. Segovia. 2017. *Evaluación de un filtro artesanal de efluentes generados por una lubricadora en la ciudad de Latacunga, a base de piedra volcánica, piedra pómez, carbonato de calcio y algas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
71. Tavera, Hernando. 2008. 2008, Revista del Capítulo de Ingeniería Geológica, Vol. 5, págs. 25-27.
72. Terreros Rojas, Luis Eduardo y Carvajal Corredor, Iván Leonardo. 2016. *Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo. Tesis grado (Ingeniero Civil)*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/10983/6831>.
73. Terreros, C. 2013. *Hormigones Especiales*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL, 2013.
74. *Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua*.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Operacionalización de Variable

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA	METODOLOGIA
1. piedra pómez volcánica	<p><b>Piedra pómez.</b> Es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris. Cuando se refiere a la <b>piedra pómez</b> en lo que respecta a sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. Aunque es de dureza media, debido a su alta friabilidad el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie trabajada.</p>	<p>se operacionaliza mediante sus dimensiones como son: el peso específico, granulometría y dosificación que vienen hacer características de la piedra volcánica, a su vez 2 dimensión esta dividido en 3 indicadores y la dimensión de dosificación en 4 indicadores</p>	<p>1. Peso específico.</p> <p>2. Granulometría.</p> <p>3. Dosificación</p>	<p>Kg/cm<sup>3</sup></p> <p>Distribucion del tamaño de las partículas</p> <p>10 % 20% 30%</p>	<p>balanza hidrostática</p> <p>maquina tamizadora</p> <p>Balanza electrónica</p>	<p>Razón</p>	<p>METODO: científico TIPO: aplicada</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>DISEÑO experimental DISEÑO experimental</p> <p>POBLACIÓN: producción de concreto f<sub>c</sub>=210g/cm<sup>2</sup> con la adición de piedra pómez volcánica en un 10%,20%,30% en el distrito de Coya - cusco</p>
2.Comportamiento físico y mecánico del concreto	<p>comportamiento físico del concreto esta, "dada por las propiedades más relevantes del cemento son: la finura, la fluidez o consistencia normal, la densidad, la resistencia a la compresión, la expansión, los tiempos de fraguado y el fraguado rápido".</p>	<p>1. Determina las propiedades físicas en estado fresco, trabajabilidad y densidad</p>	<p>D1: propiedades físicas</p>	<p>trabajabilidad (slump en pulgadas)</p> <p>aire atrapado</p> <p>tiempo de fragua</p> <p>temperatura</p> <p>densidade/m<sup>3</sup></p>	<p>cono de abrams</p> <p>olla washinthom</p> <p>penetrometro</p> <p>termometro valde metalico normalizado</p>	<p>Escala de intervalo</p>	<p>para el ensayo de la Ensayo de Revenimiento, de Asentamiento o Slump test, consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde tronco-cónico, midiendo el asiento o descenso de la mezcla luego de desmoldarlo.</p>
	<p>comportamiento mecánico del concreto está gobernado por la resistencia de la pasta endurecida, los agregados y la interface pasta-agregados que viene hacer habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se pueda considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte, las cuales a su vez son modificadas por los procesos de colocación y condiciones de curado</p>	<p>2.- Determinar la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub>=210g/cm<sup>2</sup> con la adición de piedra pómez volcánica</p> <p>3.- Determinar la resistencia a la flexión del concreto f<sub>c</sub>=210g/cm<sup>2</sup> con la adición de piedra pómez volcánica</p> <p>4.- Determinar la resistencia a la tracción del concreto f<sub>c</sub>=210g/cm<sup>2</sup> con la adición de piedra pómez volcánica</p>	<p>1: Resistencia a la compresión.</p> <p>2: Resistencia a la flexión.</p> <p>3: Resistencia a la Tracción.</p>	<p>Kg/cm<sup>2</sup></p> <p>Kg/cm<sup>2</sup></p> <p>Kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>Prensa hidráulica</p> <p>Prensa hidráulica</p> <p>Prensa hidráulica</p>	<p>Escala de intervalo</p>	<p>muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la compresión, 36 muestras prismáticas para el ensayo de la resistencia a la flexión, 36 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la tracción</p> <p>MUESTREO: no probabilístico</p> <p>TECNICA: Observación directa</p>

## ANEXO 2: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia						
TITULO: Estudio de las Propiedades físicas y Mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de piedra Pómez volcánica distrito de Coya, Cusco - 2021						
AUTOR :BCH. Chalco Benavente, Rubén Darío						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Problema general:</b> ¿Cuánto varía el comportamiento físico y mecánico del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?	<b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya - Cusco,2021.	<b>hipótesis general:</b> El comportamiento físico y mecánico del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, varia significativamente distrito Coya - Cusco,2021;	<b>V1: piedra pómez volcánica</b>	D1. Peso específico	kg/cm <sup>3</sup>	balanza hidrostática
				D2. granulometria	Distribucion del tamaño de las partículas	maquina tamizadora
				D3.dosificacion	10% 20% 30%	Balanza electrónica
<b>Problemas específicos;</b> -¿Cuánto variara las propiedades físicas en estado fresco , trabajabilidad y densidad	<b>1. objetivos específicos:</b> Determina las propiedades físicas en estado fresco, trabajabilidad y densidad	<b>1.- hipótesis específicas;</b> -Las propiedades físicas en estado fresco ,trabajabilidad y densidad variara minimamente.	<b>V2:Comportamiento físico y mecánico del concreto</b>	D1:propiedades físicas	trabajabilidad (slump en pulgadas) aire atrapado tiempo de fragua temperatura densidad(kg/m <sup>3</sup> )	cono de abrams  olla washinthom penetrometro termómetro valde metalico normalizado
2.-¿Cuánto variara la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?	2.- Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, Coya - Cusco,2021;	2.-La resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica variara minimamente.		D1: Resistencia a la compresion	Kg/cm <sup>2</sup>	Prensa Hidraulica
3.-¿Cuánto variara la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?	3.-Determinar la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, Coya -Cusco,2021	3.-la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica variara minimamente		D2: Resistencia a la flexion .	Kg/cm <sup>2</sup>	Prensa Hidraulica
4.-¿Cuánto variara la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021?	4.- Determinar la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica, distrito Coya -Cusco,2021.	4 -la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de piedra pómez volcánica variara minimamente		D3: Resistencia a la traccion .	Kg/cm <sup>2</sup>	Prensa Hidraulica

**ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos Fichas Técnicas de  
Validación del Experimento realizado  
Ficha Técnica N° 1: Resistencia a la compresión**


 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)

TÍTULO: Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto con Adición de Piedra Pómez Volcánica Escoria de Casa,

AUTOR: Rober Carlo Ochoa Barrios

**FICHA TÉCNICA N° 1**

**INDICADORES: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

01 = CONCRETO PATRÓN = 0% DE PIEDRA POMEZ  
 02 = CONCRETO PATRÓN = 10% DE PIEDRA POMEZ  
 03 = CONCRETO PATRÓN = 20% DE PIEDRA POMEZ  
 04 = CONCRETO PATRÓN = 30% DE PIEDRA POMEZ

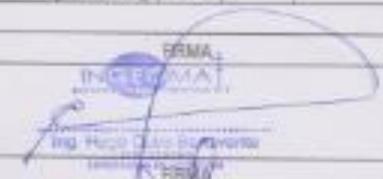
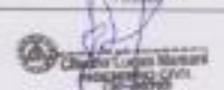
FECHA: \_\_\_\_\_

CONCRETO	SERIE	01%			10%			20%			
		Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)	Resistencia (MPa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)	Resistencia (MPa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)	Resistencia (MPa)	
01	01	9.122	88.11	327.3	9.122	88.90	328.1	11.059	107.67	388.6	353.0
		9.402	91.75		9.748	95.34		11.659	113.84		
		9.254	90.74		9.552	93.29		11.492	111.75		
02	02	10.850	105.71	369.3	9.122	88.90	328.1	11.528	112.46	393.9	358.0
		9.794	95.95		9.289	90.25		11.059	107.67		
		9.380	91.84		9.452	92.38		11.025	107.44		
03	03	14.989	145.64	533.3	9.122	88.90	328.1	9.989	97.62	361.1	333.0
		14.902	145.09		9.122	88.90		9.989	97.62		
		14.989	145.64		9.160	89.53		9.989	97.62		
04	04	14.920	145.78	540.37	11.658	113.90	393.9	9.989	97.67	361.1	333.0
		14.790	145.11		11.528	112.46		9.989	97.62		
		11.899	116.44		11.794	115.34		9.989	97.62		

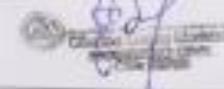
**OBSERVACIONES:**

NOMBRE	SERIE	INDICADOR	FECHA
Ing. Rober Carlo Barrios	01	2	2023
Ing. Rober Carlo Barrios	02	2	2023
Ing. Rober Carlo Barrios	03	2	2023
Ing. Rober Carlo Barrios	04	2	2023

## Ficha Técnica N° 2: Resistencia a la Flexión

	Tests : Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de piedra pómez Volcánica Distrito de Coya, Cuzco - 2021										
tesista	Bachiller : Ruben Darío Chalco Benavente										
FICHA TÉCNICA N°02											
INDICADORES : RESISTENCIA A LA FLEXION											
D1 = CONCRETO PATRON + 0.0 % DE PIEDRA POMEZ											
D2 = CONCRETO PATRON + 10 % DE PIEDRA POMEZ											
D3 = CONCRETO PATRON + 20 % DE PIEDRA POMEZ											
D4 = CONCRETO PATRON + 30 % DE PIEDRA POMEZ											
FECHA _____											
CONCRETO	% PIEDRA POMEZ	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
		Activa F (kg)	kg/cm <sup>2</sup>	f (kg/cm <sup>2</sup> )	Activa F (kg)	kg/cm <sup>2</sup>	promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Activa F (kg)	kg/cm <sup>2</sup>	f (kg/cm <sup>2</sup> )	f (kg/cm <sup>2</sup> )
D1	0%	1220.00 kg	25.39	25.3	1325.00 kg	27.63	28	1542.00 kg	32.12	32.5	32.5
		1254.00 kg	26.1		1341.00 kg	27.94		1574.00 kg	32.73		
		1252.00 kg	26.1		1363.00 kg	28.45		1565.00 kg	32.63		
D2	10%	1202.00 kg	24.98	25.1	1254.00 kg	26.1	26.2	1336.00 kg	28.25	28.5	28.5
		1201.00 kg	25		1258.00 kg	26.2		1396.00 kg	29.1		
		1204.00 kg	25.18		1266.00 kg	26.3		1353.00 kg	28.25		
D3	10%	1185.00 kg	24.67	24.5	1202.00 kg	24.98	25.1	1311.00 kg	27.32	27.1	27.1
		1148.00 kg	23.88		1208.00 kg	25.18		1302.00 kg	27.12		
		1196.00 kg	24.88		1204.00 kg	25.1		1313.00 kg	27.32		
D4	30%	1023.00 kg	21.31	21.4	1105.00 kg	24.68	24.5	1252.00 kg	26.1	26.1	26.1
		1041.00 kg	21.72		1109.00 kg	24.37		1243.00 kg	25.9		
		1021.00 kg	21.21		1174.00 kg	24.47		1265.00 kg	26.3		
OBSERVACIONES:											
DIPLOMADO		CALIFICACION (E)			FIRMA						
NOMBRE	Ing. Hugo Cuba Benavente			2	 Ing. Hugo Cuba Benavente Ingeiero Civil						
CP	120585										
DIPLOMADO		CALIFICACION (E)			FIRMA						
NOMBRE	Ing. Gliserio Lopez martari			2	 Gliserio Lopez martari Ingeiero Civil						
CP	80703										
DIPLOMADO		CALIFICACION (E)			FIRMA						
NOMBRE	Ing. José Darío Silva Guevara			2	 José Darío Silva Guevara Ingeiero Civil CP N° 105267						
CP	105267										

### Ficha Técnica N° 3: Resistencia a la tracción

 tests : Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de piedra Pómez volcánica Distrito de Coya, Cusco - 2021											
testista Bachiller : Ruben Dario Chalco Benavente											
FICHA TÉCNICA N°03											
INDICADORES : RESISTENCIA A LA TRACCION											
D1 = CONCRETO PATRON		+ 0,0 % DE PIEDRA POMEZ									
D2 = CONCRETO PATRON		+ 10 % DE PIEDRA POMEZ									
D3 = CONCRETO PATRON		+ 20 % DE PIEDRA POMEZ									
D4 = CONCRETO PATRON		+ 30 % DE PIEDRA POMEZ									
FECHA : _____											
CONCRETO	%PIEDRA POMEZ	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
		wt/metro3	kg/cm2	wt/kg/cm2	wt/metro3	kg/cm2	wt/kg/cm2	wt/metro3	kg/cm2	promedio (kg/cm2)	promedio final (kg/cm2)
D1	0%	17545.00	29.201	29.2	18541.00	30.859	31.1	18580.00	30.92	30.9	30.9
		17485.00	29.191		18636.00	31.027		18585.00	30.93		
		17054.00	29.383		18747.00	31.202		18474.00	30.75		
D2	10%	16582.00	27.599	27.4	17362.00	28.897	28.9	18021.00	29.99	30.1	30.1
		16475.00	27.42		17421.00	28.995		18036.00	30.02		
		16326.00	27.176		17484.00	29.1		18045.00	30.03		
D3	20%	15948.00	26.377	25.9	16954.00	28.051	27.5	17528.00	29.37	29.6	29.6
		15608.00	25.744		16326.00	27.171		17848.00	29.71		
		15326.00	25.508		16444.00	27.369		17959.00	29.91		
D4	30%	14858.00	24.729	24.3	15405.00	25.739	25.6	16085.00	26.27	28.1	28.1
		14747.00	24.544		15445.00	25.706		16085.00	26.27		
		14232.00	23.687		15326.00	25.508		16258.00	26.06		
OBSERVACIONES : _____											
DEPARTO (I) NOMBRE CP		DEPARTO (II) NOMBRE CP			DEPARTO (III) NOMBRE CP			FIRMA  Ing. Hugo Cuba Benavente INGENIERO CIVIL			
DEPARTO (I) NOMBRE CP		DEPARTO (II) NOMBRE CP			DEPARTO (III) NOMBRE CP			FIRMA  Ing. Gisela Luque Mamani INGENIERO CIVIL			
DEPARTO (I) NOMBRE CP		DEPARTO (II) NOMBRE CP			DEPARTO (III) NOMBRE CP			FIRMA  Ing. Jose Dario Silva Guévara INGENIERO CIVIL			

## ANEXO 04: Certificados de equipos calibrados



**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA**



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate - Laboratory of Force

<p><b>OBJETO DE PRUEBA</b>  <small>Object of test</small>  <b>Rango</b>  <small>Measurement range</small>  <b>FABRICANTE</b>  <small>Manufacturer</small>  <b>Modelo</b>  <small>Model</small>  <b>Serie</b>  <small>Identification number</small>  <b>Ubicación de la máquina</b>  <small>Location of the machine</small>  <b>Número de referencia</b>  <small>Internal identification number</small>  <b>Intervalo calibrado</b>  <small>Calibration interval</small>  <b>Solicitante</b>  <small>Customer</small>  <b>Dirección</b>  <small>Address</small>  <b>Ciudad</b>  <small>City</small>  <b>MATERIALES UTILIZADOS</b>  <small>Materials used</small>  <b>Tipo / Modelo</b>  <small>Type / Model</small>  <b>Rango</b>  <small>Measurement range</small>  <b>Referente</b>  <small>Reference</small>  <b>No. serie</b>  <small>Identification number</small>  <b>Certificado de calibración</b>  <small>Calibration certificate</small>  <b>Incertidumbre de medida</b>  <small>Measurement uncertainty</small>  <b>Método de calibración</b>  <small>Calibration method</small>  <b>Unidades de medida</b>  <small>Units of measurement</small>  <b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>  <small>Date of calibration</small>  <b>FECHA DE EXPIRACIÓN</b>  <small>Date of expiry</small>  <b>NÚMERO DE PARTES DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS</b>  <small>Number of parts of the certificate including annexes</small>  <b>FIRMA Y RESPONSABILIDAD</b>  <small>Signature and responsibility</small>    <b>Tel. Oficina de Atención al Cliente</b>  <small>Customer Service Office Phone</small>  <b>Redacción de Certificados de Metrología</b>  <small>Metrology Certificates Issuance</small></p>	<p><b>MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN</b>  <small>Compression Test Machine</small>  <b>181 972 kgf</b>  <small>181 972 kgf</small>  <b>TEST MARK (INDICADOR) / HERBOLDT (MARCO)</b>  <small>TEST MARK (INDICATOR) / HERBOLDT (MARK)</small>  <b>NO PRESENTA (INDICADOR) / 121820H (MARCO)</b>  <small>NO PRESENTA (INDICADOR) / 121820H (MARK)</small>  <b>LX13-129024-69 (INDICADOR) / CM-3009-LX P16 (MARCO)</b>  <small>LX13-129024-69 (INDICADOR) / CM-3009-LX P16 (MARK)</small>  <b>LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGGOMAT E.I.R.L.</b>  <small>LAB. DE SUELOS Y CONCRETO - INGGOMAT E.I.R.L.</small>  <b>NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)</b>  <small>NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)</small>  <b>Del 10% al 100% del Rango</b>  <small>Del 10% al 100% del Rango</small>  <b>INGGOMAT E.I.R.L.</b>  <small>INGGOMAT E.I.R.L.</small>  <b>MZA. C LOTE 3 APV EL EDÉN - CUSCO - SAN SEBASTIÁN</b>  <small>MZA. C LOTE 3 APV EL EDÉN - CUSCO - SAN SEBASTIÁN</small>  <b>CUSCO</b>  <small>CUSCO</small>  <b>TT1P / 250</b>  <small>TT1P / 250</small>  <b>150 in</b>  <small>150 in</small>  <b>CHAUS / KELI</b>  <small>CHAUS / KELI</small>  <b>850453000 / 5058609</b>  <small>850453000 / 5058609</small>  <b>N° NP - LZ - 245 - 18</b>  <small>N° NP - LZ - 245 - 18</small>  <b>0,050 %</b>  <small>0,050 %</small>  <b>Comparación Directa</b>  <small>Comparación Directa</small>  <b>Sistema Internacional de Unidades (SI)</b>  <small>Sistema Internacional de Unidades (SI)</small>  <b>2028 - 03 - 17</b>  <small>2028 - 03 - 17</small>  <b>2028 - 03 - 18</b>  <small>2028 - 03 - 18</small>  <b>3</b>  <small>3</small></p>
--	---





LABORATORIO DE METROLOGÍA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

NÚMERO **009-3926 GUT**  
Pag. 2 de 2

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE  
Tipo de Instrumento: MÁQUINA ELÉCTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**

Descripción de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 2.00 kgf

Indicación de la Máquina		Series de mediciones, Indicación del Patrón				
%	kgf	1 (ASCO)	2 (ASCO)	3 (DSECO)	4 (ASCO)	5 (ASCO)
		kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	10200	10250	10250		10250	
20	20300	20420	20440		20410	
30	30500	30620	30620		30680	
40	40700	40840	40840		40840	
50	50900	51130	51140	No Aplica	51000	No Aplica
60	61100	61230	61220		61230	
70	71300	71510	71400		71430	
80	81500	81690	81620		81610	
90	91700	91800	91840		91850	
100	101900	102010	102000		102020	
Indicación después de la Carga		0	0		0	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Error Relativo Calibrado				Resolución	Interferencia
%	kgf	Exactitud	Proporcionada	Reversa	Accesoria	Relativa	Relativa
		g (%)	± (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	Us (%) x2
10	10200	-0.46	0.29			0.008	0.106
20	20300	-0.16	0.15			0.010	0.110
30	30500	-0.17	0.20			0.007	0.130
40	40700	-0.14	0.05			0.005	0.064
50	50900	-0.20	0.23	No Aplica	No Aplica	0.004	0.157
60	61100	-0.05	0.02			0.003	0.064
70	71300	-0.12	0.11			0.005	0.090
80	81500	-0.27	0.13			0.002	0.090
90	91700	-0.10	0.07			0.002	0.064
100	101900	-0.05	0.02			0.002	0.064
Error Relativo de Campo (%)		0.04	0.30	0.30		No Aplica	

Técnico de Calibración: César Humberto Pajonara

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 18.1 °C Humedad Mínima: 31.8 100%  
Temperatura Máxima: 16.4 °C Humedad Máxima: 31.8 100%





Anexo 05 Fotos de ensayo de resistencia a la compresión



Anexo 06 Fotos de ensayo de resistencia a la flexión



Anexo 07 Fotos de ensayo de resistencia a la tracción



Anexo 08 Fotos de ensayo de medición de la temperatura en concreto fres con adición de piedra pómez volcánica



Anexo 09 Fotos de ensayo de medición del slump en concreto fresco con adición de piedra pómez volcánica



Anexo 10 Fotos de ensayo de aire atrapado con la olla Washington en concreto fresco con adición de piedra pómez volcánica

