



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Nuñez Casilla Gustavo Elias (ORCID: 0000-0003-1513-790X)

**ASESOR:**

Mg. Sagastegui Vasquez German (ORCID: 0000-000)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**HUARAZ – PERÚ**

**2022**

### **Dedicatoria**

A mis padres Ivan Giovanni Nuñez Añari y Rosa Elena Casilla Frisancho que en todo momento me apoyaron incondicionalmente por todos los medios posibles para lograr este paso importante en mi carrera profesional.

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a Dios por guiarme en el camino de la vida, brindándome salud, sabiduría y fuerzas para afrontar todo obstáculo que pueda presentarse.

A mi madre Mg. Rosa E. Casilla Frisancho, por guiarme en la elaboración de mi tesis y a mi asesor Mg. Sagastegui Vasquez German por el apoyo y guía intelectual para el desarrollo de tesis.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra y muestreo .....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS .....	59
ANEXOS.....	64

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Trabajabilidad del concreto respecto al asentamiento.....</i>	10
<i>Tabla 2. Factores que interfieren en la trabajabilidad.....</i>	10
<i>Tabla 3. Variables dependiente e independiente .....</i>	13
<i>Tabla 4. Cantidad de especímenes por diseño.....</i>	15
<i>Tabla 5. Granulometría del agregado fino .....</i>	23
<i>Tabla 6. Granulometría del agregado grueso .....</i>	24
<i>Tabla 7. Peso específico y absorción del agregado fino .....</i>	26
<i>Tabla 8. Peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	26
<i>Tabla 9. Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino.....</i>	27
<i>Tabla 10. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso .....</i>	27
<i>Tabla 11. Contenido de humedad del agregado fino .....</i>	28
<i>Tabla 12. Contenido de humedad del agregado grueso.....</i>	28
<i>Tabla 13. Propiedades del agregado fino.....</i>	29
<i>Tabla 14. Propiedades del agregado grueso .....</i>	29
<i>Tabla 15. Resistencia promedio requerida cuando no hay datos de desviación estándar .....</i>	30
<i>Tabla 16. Selección del asentamiento .....</i>	30
<i>Tabla 17. Cantidad aproximada de agua .....</i>	31
<i>Tabla 18. Contenido de aire atrapado .....</i>	31
<i>Tabla 19. Relación agua cemento .....</i>	32
<i>Tabla 20. Volumen de agregado grueso compactado.....</i>	32
<i>Tabla 21. Valores de diseño de mezcla.....</i>	34
<i>Tabla 22. Valores de diseño de mezcla corregidos por humedad.....</i>	35
<i>Tabla 23. Dosificación para 9 probetas patrón de 15x30cm adicionando un 5% por desperdicios. ....</i>	36
<i>Tabla 24. Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 5% de perlita y sílice.....</i>	36
<i>Tabla 25. Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 7% de perlita y sílice. ....</i>	37
<i>Tabla 26. Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 10% de perlita y ílice.....</i>	37

*Tabla 27.* Resistencia a compresión del concreto de las 4 dosificaciones.....41

*Tabla 28.* Ensayos de asentamiento para las 4 dosificaciones de mezcla.....45

## Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1.</i> Diagrama de flujo de procedimientos a realizar.....	17
<i>Figura 2.</i> Clasificación de consistencia .....	54
<i>Figura 3.</i> Pesado de los elementos del concreto .....	86
<i>Figura 4.</i> Preparación de los elementos a mezclar .....	86
<i>Figura 5.</i> Pesando la Perlita.....	87
<i>Figura 6.</i> Almacenamiento de las probetas luego del vaciado en el molde .....	87
<i>Figura 7.</i> Proceso de desmoldar las probetas .....	88
<i>Figura 8.</i> Acarreo de las probetas para ser sumergidas en las pozas de curado...88	
<i>Figura 9.</i> Rotulación de los especímenes .....	89
<i>Figura 10.</i> Etapa de curado de las probetas debidamente rotuladas.....	89
<i>Figura 11.</i> Ubicación de 26 probetas en las pozas de curado .....	90
<i>Figura 12.</i> 36 probetas en etapa de curado .....	90
<i>Figura 13.</i> Proceso de peso unitario de las probetas de control .....	91
<i>Figura 14.</i> Calibración de la maquina a compresión .....	92
<i>Figura 15.</i> Alistando las probetas para el ensayo de compresión.....	92
<i>Figura 16.</i> Introducción de las probetas a la máquina de compresión.....	93
<i>Figura 17.</i> Ensayo a compresión a los 14 días de curado.....	93
<i>Figura 18.</i> Muestra luego de ser sometida al ensayo de compresión.....	94
<i>Figura 19.</i> Acarreo de las muestras ensayadas.....	94
<i>Figura 20.</i> Identificación de fallas de probetas con 14 días de curado .....	95
<i>Figura 21.</i> Identificación de fallas de probetas a 28 días de curado.....	95
<i>Figura 22.</i> Pesado del agregado fino para ensayo de peso específico .....	96
<i>Figura 23.</i> Ensayo de absorción de arena para el agregado fino .....	96
<i>Figura 24.</i> Aforando el matraz para el ensayo de peso específico .....	97
<i>Figura 25.</i> Eliminando espacios vacíos de la muestra.....	97
<i>Figura 26.</i> Desaforando la muestra del matraz calibrado .....	98
<i>Figura 27.</i> Introduciendo la muestra al horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ .....	98
<i>Figura 28.</i> Proceso para determinar el porcentaje de humedad del agregado grueso.....	99
<i>Figura 29.</i> Almacenaje de los insumos que se utilizaron para la elaboración de las probetas.....	99

## Resumen

Esta investigación tuvo diferentes objetivos, entre los cuales tenemos uno principal que es determinar la influencia del compuesto de perlita y sílice en las propiedades físico-mecánicas de un concreto en su estado fresco y en su estado endurecido, donde la metodología fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y se utilizó fichas de recolección de datos como instrumentos.

Para lograr cumplir con el objetivo principal, primero se estableció un diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, la cual está regida por la norma ACI, este diseño nos servirá para controlar nuestra muestra patrón y a su vez reemplazar parte del cemento por el compuesto de perlita y sílice en el diseño de mezcla, utilizando tres diferentes dosificaciones a reemplazar las cuales serán del 5%, 7% y 10% con respecto al peso del cemento.

Después, se procedió a elaborar 9 probetas por cada diseño de mezcla, dándonos un total de 36 probetas que serán ensayadas en su estado fresco con los ensayos de asentamiento; por otro lado, se realizarán ensayos en el estado endurecido del concreto como resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad; todos los ensayos antes mencionados serán normados por la Norma Técnica Peruana, al realizar los ensayos a compresión a los 28 días de curado, se logra observar una mejora considerable en la resistencia de las probetas que fueron elaboradas con la sustitución parcial del cemento en un 7% y 10% del compuesto de perlita y sílice, logrando alcanzar las resistencias de  $f'c = 305.02 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 317.83 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, las cuales fueron comparadas con probetas patrón que fueron diseñadas y elaboradas con un factor de seguridad que logra alcanzar una resistencia de  $f'c = 294 \text{ kg/cm}^2$  utilizando el procedimiento establecido por la norma ACI 211.11; por lo tanto la influencia del compuesto de perlita y sílice es relevante y ayuda a mejorar la resistencia a compresión del concreto. Como conclusión pudimos obtener que la dosificación con mayor eficacia para una adición del compuesto es de 10% en sustitución parcial del cemento, la cual nos brinda mejores propiedades físico-mecánicas, por otro lado, es importante tener en cuenta que a mayor adición de perlita y sílice tiende a reducir la trabajabilidad de la mezcla, ya que la perlita tiene una propiedad que absorbe el agua.

**Palabras Claves:** Perlita, sílice, resistencia a la compresión, concreto, hormigón.

## Abstract

This research had different objectives, among which we have a main one, which is to determine the influence of the perlite and silica compound on the physical-mechanical properties of a concrete in its fresh state and in its hardened state, where the methodology was of an applied type, with a quantitative approach and the data collection sheets were modified as instruments.

In order to achieve the main objective, first a mix design will be established for a resistance of 210 kg/cm<sup>2</sup>, which is governed by the ACI standard, this design will help us control our standard sample and in turn replace part of the cement with the perlite and silica compound in the mix design, using three different dosages to replace which will be 5%, 7% and 10% with respect to the weight of the cement.

Afterwards, 9 specimens were made for each mix design, giving us a total of 36 specimens that will be tested in their fresh state with the settlement tests; on the other hand, tests will be carried out in the hardened state of the concrete as resistance to compression at 7, 14 and 28 days of age; all the tests before will be regulated by the Peruvian Technical Standard, when carrying out the compression tests after 28 days of curing, a considerable improvement was observed in the resistance of the specimens that were made with the partial replacement of the cement by 7%. and 10% of the perlite and silica compound, achieving resistances of  $f'c = 305.02 \text{ kg/cm}^2$  and  $f'c = 317.83 \text{ kg/cm}^2$  respectively, which were compared with standard specimens that were designed and manufactured with a factor of security that achieves a resistance of  $f'c = 294 \text{ kg/cm}^2$  using the procedure established by the ACI 211.11 standard; therefore the influence of perlite and silica compound is relevant and helps to improve the compressive strength of concrete. As we conclude to obtain that the most effective dosage for an addition of the compound is 10% in partial substitution of the cement, which gave us better physical-mechanical properties, on the other hand, it is important to take into account that the greater the addition of perlite and Silica tends to reduce the workability of the mix, as perlite has a water-absorbing property.

**Keywords:** Perlite, silica, compressive strength, concrete, concrete

## I. INTRODUCCIÓN

**Realidad problemática**, en la actualidad de nuestra localidad existe un gran incremento en la demanda del sector de construcción debido a un acelerado crecimiento de la población urbana existente, es por ello que podemos notar un incremento notable de forma vertical en las edificaciones por lo tanto los constructores y diseñadores vienen proponiendo y edificando construcciones cada vez con mayor altura y con requerimientos de seguridad cada vez con mayores estándares de exigencia. (Molina y Chara, 2017, p.15). Debido a esta demanda antes mencionada, se busca realizar una investigación experimental de la adición de un compuesto de perlita en un 60% y sílice en un 40%, pretendiendo evaluar las cualidades físicas del concreto, en sus dos estados: estado fresco y estado endurecido; donde en la actualidad el cemento es uno de los materiales que se utilizan con mucha frecuencia para la elaboración de nuevas edificaciones en el sector de construcción, sin embargo en algunos casos presenciamos que la resistencia del concreto no es la adecuada, la cual brinde seguridad al usuario, por consiguiente se utilizan diversos tipos de aditivos o componentes que nos pueda optimizar algunas características físico-mecánicas del hormigón. Dado que en la ciudad de Arequipa no se han realizado trabajos similares no contamos con los antecedentes necesarios en la aplicación de este componente debido a que la ciudad de Arequipa presenta diversos agregados y cuenta con un clima diferente a comparación de los otros departamentos del Perú, teniendo en cuenta que estos factores pueden influir en las propiedades físicas del concreto. Por ende, el **problema general** ¿En qué medida influye la perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?; para la **justificación de la investigación**; el motivo de la demanda de realizar edificaciones de una mayor envergadura con alturas cada vez, elementos prefabricados, y cualquier otro requerimiento que necesite un concreto con una resistencia eficiente y segura, por lo tanto es necesario realizar nuevas investigaciones referidas a la incorporación de complementos a nuestra mezcla para lograr optimizar algunas propiedades físicas del hormigón; por consiguiente se proyecta ejecutar una investigación experimental sobre la “Influencia de la Perlita y Sílice en la resistencia a compresión de un concreto”, por consiguiente esta investigación nos proporcionará mayor información sobre cómo se comporta el concreto utilizando diferentes tasas

de incorporación de nuestro complemento en mención a nuestro diseño de proporciones adecuadas del concreto, siendo evaluado en su estado endurecido y fresco, por medio de un ensayo experimental de laboratorio de ingeniería civil con equipos debidamente calibrados y certificados, dentro de los cuales podemos mencionar a la prueba de slump y ensayo de resistencia a la compresión; por otro lado, es importante conocer las propiedades de los agregados que utilizaremos en el diseño de mezcla, como contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso específico de los agregados grueso y fino, peso unitario suelto y compactado.. Obtendremos resultados de laboratorio de diferentes ensayos por lo cual esta investigación experimental se busca recopilar resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, para futuras investigaciones o como apoyo pedagógico para la comprensión de este tema que cada vez tiene mayor auge. El **objetivo general** es determinar la influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c= 210 \text{ kg /cm}^2$ ; y como **objetivos específicos** tenemos a) Determinar un diseño de mezcla convencional para una resistencia de  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , empleando el método ACI; b) Determinar el porcentaje óptimo de perlita y sílice en la resistencia a compresión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ; c) Evaluar de qué manera influye la adición de perlita y sílice en nuestro diseño con respecto a un diseño convencional  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .

En esta investigación tenemos como **hipótesis** que usando el compuesto de perlita y sílice se logrará obtener una mayor resistencia en el concreto a comparación de una mezcla convencional en la ciudad de Arequipa, y como **hipótesis específicos** tenemos a) El diseño de mezcla convencional para una resistencia  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  sirve como muestra patrón; b) La dosificación de perlita y sílice óptimo influye de manera significativa a la resistencia a compresión de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ; c) La adición de perlita y sílice influye de manera positiva en el diseño de mezcla de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

## II. MARCO TEÓRICO

Según los **antecedentes nacionales** tenemos a **Joya (2020)** “Influencia de la sílice de la roca pórfido en la evaluación del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, Distrito de Mala”, su objetivo general es establecer cuanto influye la sílice que proviene de la roca pórfido, evaluando a un hormigón que cuenta con un diseño de resistencia de 210 kg / cm<sup>2</sup>, de igual forma se realizaron ensayos en laboratorio normados. Es una investigación experimental de carácter cuasiexperimental en donde la muestra son las pruebas de laboratorio aplicadas al concreto donde se aplicaron fichas técnicas que fueron los instrumentos de recolección de resultados, el investigador llegó a la conclusión de que el empleo de sílice en forma de adición a la mezcla de hormigón tiene efecto positivo en el concreto donde se mejoró las características mecánicas, en el estado sólido y fluido del concreto; también tenemos **Caballero (2019)** “Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de Añashuayco de Arequipa” esta investigación tuvo como objetivo principal analizar la influencia que tiene la adición de nanosílice al diseño para la elaboración de un hormigón preparado con agregados provenientes de Añashuayco. Investigación de carácter experimental con muestras de especímenes cuya información es recogida con el instrumento de fichas técnicas según norma, el investigador obtuvo resultados donde se logra apreciar que el concreto diseñado alcanza los requerimientos normados por ACI. Por parte de **Castillo y Quispe (2019)** en su tesis “Propiedades mecánicas del concreto elaborado con adición de vidrio molido y cuarcita” el objetivo principal es identificar en qué medida influye la cuarcita molida y vidrio reciclado molido en el hormigón, donde se realizó el remplazo de proporciones del cemento en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso, asimismo evaluando su comportamiento del concreto al ser sometido a una carga de compresión. Investigación experimental cuya muestra son los especímenes de hormigón elaborados con cuarcita molida y vidrio reciclado molido donde utilizaron el cemento de la marca Yura del tipo I, plasmada dentro de la fichas técnicas según norma, en la investigación se muestra que en el espécimen en el cual se adiciono 5% de vidrio triturado reemplazando al cemento logro alcanzar un aumento en la propiedad de resistencia del hormigón a una edad temprana de curado, de igual forma se

observó un mejor rendimiento del concreto en estado fresco, finalmente este diseño se puede aplicar como material que aporta en el progreso de la construcción eco amigable De igual forma tenemos a **Fernandez y Ramos (2019)**, realizó un proyecto de investigación para obtener su grado profesional de Ingeniero Civil, el cual fue titulado “Influencia de la microsílíce sobre la resistencia a la compresión de concretos con relaciones agua/cemento 0.30; 0.35 y 0.40, Trujillo, 2019”, presentado en la Universidad Privada del Norte. La finalidad del proyecto fue identificar de qué forma la microsílíce tiene influencia en el concreto al ser sometido a una fuerza de compresión, con dosificaciones de agua/cemento establecidas por el autor, con un tiempo de curado de 7, 28 y 63 días. En el proyecto se identificó como población al concreto elaborado con adición de microsílíce, donde la muestra fue establecida por el método no probabilístico, utilizando la observación directa y fichas técnicas como instrumentos de recopilación de resultados. Finalmente en la investigación obtuvieron como principal resultado que para una dosificación de mezcla con proporción A/C de 0.4 el porcentaje óptimo de microsílíce es de 7.5% y 10% de igual forma para una proporción de agua/cemento de 0.30 es de 10%, ya que se estableció como resultado que el cemento tiene un aumento de resistencia al 12.06% a los 7 días de edad del concreto; también **Beltrán (2019)** en su tesis pregrado titulada “Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural” su motivo principal de este proyecto es identificar la dosificación adecuada del CCA en remplazo del cemento en el diseño de mezcla que nos brinde mejores propiedades físico-mecánicas del hormigón, haciendo una comparación con cenizas volantes y puzolana natura, el diseño de investigación fue comparativa cuya muestra fueron las escorias de cascara de arroz tabuladas en fichas técnicas según norma, en donde obtuvo como resultado que la mezcla que contiene escoria de cascarilla de arroz es amigable con el medio ambiente, ya que el uso del mismo ayuda a disminuir la contaminación que produce el dióxido de carbono en la producción de Clinker, teniendo en cuenta que se emite 0.507 Tn. de dióxido de carbono por cada tonelada producida de hormigón, de la misma forma logra contribuir con los problemas ecológicos que son producidos por el sector de la construcción que tiene cada vez tiene un mayor auge en la actualidad, gracias a la reutilización de la escoria de cascarilla de arroz. Así

mismo tenemos a Camac (2018) en su tesis profesional “Influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice en la resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>”, el propósito de este trabajo es de identificar de qué manera influye el vidrio de sosa, cal y sílice en la resistencia del concreto, donde el cemento se remplazara parcialmente por los elementos antes mencionados en dosificaciones diferentes, con el objetivo de analizar el comportamiento del concreto con la adición de los componentes propuestos por el autor. El proyecto es de diseño experimental cuya muestra fueron de 48 probetas de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con dimensiones de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto, dimensiones establecidas por la NTP, se utilizaron fichas de recolección de datos que se encuentran normadas por la NTP, finalmente el autor llegó a la conclusión de que los parámetros estudiados del concreto se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma y por lo tanto cumplen con todos los estándares. También tenemos **antecedentes internacionales**, donde según **Sequeira (2021)** en la tesis titulada “evaluación de la influencia de materiales cementantes suplementarios en las propiedades de una mezcla de concreto” aplicada en la ciudad de Guatemala, su objetivo es calcular en qué medida influye de la escoria de cascarilla de arroz, humo de sílice, escoria de bagazo de caña y ceniza volante sustituyendo parcialmente al cemento en las proporciones para la elaboración de la mezcla, para lograr conseguir una optimización positiva en las propiedades mecánicas del hormigón, la investigación es tipo experimental, donde se estableció que la muestra serían los diseño de mezclas mostradas en fichas técnicas normalizadas en donde se llegó como resultado final que la escoria de cascarilla de arroz tiene una influencia positiva en la durabilidad y resistencia de la mezcla. Por otro lado, la escoria volante solamente tiene influencia en la resistencia del concreto de una manera positiva y la ceniza de bagazo de caña solamente influye positivamente en la durabilidad. Sin embargo, la escoria de cascarilla de arroz influye de manera negativa tanto en resistencia como durabilidad, por lo tanto, se descartó su uso como MSC. Se recomienda ampliar la investigación utilizando RHA a un nivel industrial y SBA como reemplazo de arena y no de cemento. Para **Artigas, Positier, Quintana y Oshiro (2021)** en su artículo “Influencia de Finos de Perlita en Hormigones” publicada en la revista científica de tecnología, Argentina, el objetivo fundamental es estudiar en qué medida influye la incorporación de finos de perlita como aditivo en la elaboración de hormigones y el remplazo del

cemento, sugiriendo la cantidad a incorporar al diseño de mezcla para definir si los FP pueden ser utilizados como un aditivo o activo o sencillamente cambia algunas propiedades no relevantes del hormigón. El modelo de diseño es experimental donde se evaluó al concreto mediante ensayos normalizados en estado fresco, se determinó el tiempo de fraguado y la consistencia y de igual forma se realizaron pruebas de laboratorio en estado solidificado, donde se evaluó la resistencia a compresión, pulso ultrasónico en velocidad y absorción, los cuales fueron regulados por fichas técnicas especializadas, finalmente se obtuvieron como resultados que la incorporación de finos de perlita incluso al 10% de sustitución del cemento, establece la viabilidad del uso de finos de perlita comportándose al igual que un aditivo . Así mismo **Martinez (2016)**, en su proyecto de investigación para la obtener el grado profesional de Ingeniero Civil, titulado como “Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la comparación del hormigón elaborado con diferentes marcas de cementos portland”, de la Universidad técnica de Ambato. El objetivo del estudio realizar un análisis comparativo desde una perspectiva de edad vs resistencia a la compresión del concreto, el cual fue elaborado a partir de diferentes marcas de cementos del tipo portland. Fue un proyecto aplicado y experimental, teniendo como población de estudio fue de 48 cilindros de hormigón con dimensiones de 15 cm por 30 cm con una resistencia de 240 kg/cm<sup>2</sup>, estas muestras fueron elaboradas a partir de la norma ASTM C39. El autor llego a la conclusión de que existe una diferencia significativa de la resistencia a compresión entre las diversas marcas que fueron evaluadas y sometidas a los ensayos de laboratorio. Por otro lado, **Caiza (2017)**, en su trabajo de investigación para lograr obtener el grado profesional de Ingeniero civil, con título “Estudio comparativo de la resistencia a compresión entre el hormigón ( $f'c = 240$  kg/cm<sup>2</sup>), hormigón con adición de microsílíce y hormigón con adición de ceniza de cáscara de trigo utilizando agregados pertenecientes a la planta de trituración “Jaime Vaca” del cantón tena de la provincia del napo”, de la Universidad Técnica de Ambato. El principal objeto de estudio fue cotejar la resistencia a la compresión de dos diseños de hormigón con resistencia de 240 kg/cm<sup>2</sup> , uno de ellos es una mezcla en la cual se reemplaza una cantidad del cemento por microsílíce y esta es comparada con una mezcla patrón, de igual forma se adiciono ceniza de cáscara de trigo, donde se utilizó la misma fuente de agregados provenientes de la planta

de trituración ya antes mencionada para todos los diseños, este estudio se realizó en la provincia de Napo. Donde la población de estudio fue establecida por hormigones con material puzolánico, el investigador determino que la muestra se encuentra conformada por un hormigon con microsílíce y cenizas de trigo, donde se utilizaron instrumentos de investigaciones bibliográficas, fichas de recopilación de información, trabajos de investigación y normas. Recopilando información se encontraron importantes hallazgos que fueron los ensayos de resistencia que se realizaron al patrón específico del 28% arrojaron un valor de  $f'c$  244,31 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que al diseño que se adiciono escoria de cáscara de trigo en un 28% obteniendo una resistencia a la compresión del 146,19 kg/cm<sup>2</sup> y de la misma forma se le adiciono microsílíce en un 15% a otro espécimen donde se alcanzó la resistencia de 464,30 kg/cm<sup>2</sup>. Como conclusión se establece que se logra adquirir un ahorro en el factor económico de un 8.13% cuando a la mezcla se le adiciona el 20% ceniza de cáscara de trigo comparado con un patrón convencional  $f'c=240$ kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, se pudo observar que la resistencia es menor. Finalmente, el autor determinó que el uso del microsílíce es más viable, ya que arrojó una mayor resistencia a comparación del patrón específico. Finalmente tenemos a **Muñoz et al. (2021)** en la Revista Tecnología y Ciencia en el artículo “Uso del aditivo mineral como modificador de las propiedades mecánicas en el concreto: una revisión” la finalidad principal fue recolectar y reconocer la adición de algunos minerales que pueden servir como aditivos para el uso cotidiano en la elaboración de concreto en el rubro de la construcción que generen una alteración positiva en las características del hormigón cuando se encuentre solidificado, algunos de los compuestos son utilizados como sustituto parcial del cemento en la actualidad. Recientemente los investigadores se encuentran en la indagación de optimizar las características físico y mecánicas del hormigón modificando los elementos que conforman parte del hormigón, teniendo en cuenta nuevas adiciones de materiales, de igual forma que sea beneficioso económicamente y amigable con el medio ambiente. Este proyecto fue de carácter descriptivo, donde se utilizaron instrumentos: fichas técnicas normadas de recopilación y seguimiento de datos, el autor llego a la conclusión que se debe de tener en cuenta una idea especifica de como incorporar aditivos minerales tanto un antes y después de los procesos experimentales, estableciendo todos los resultados positivos y negativos que nos

pueda generar la adición de estos mismos en nuestro diseño de mezcla que interfieran en las características mecánicas del hormigón. Por otro lado, es importante considerar las **bases teóricas** mencionando la definición del **concreto**, el cual interviene en nuestra variable dependiente; el **hormigón** es un pétreo artificial hecho a partir de un diseño de mezcla establecido de: cemento Tipo I, agua, agregado grueso y agregado fino según relaciones establecidas para adquirir un concreto con propiedades físico mecánicas específicas, principalmente la propiedad de resistencia (León et al, 2015). Los componentes que conforman una **cantidad de la mezcla** (cemento, agregados y agua) son los que reaccionan químicamente para hacer una mezcla homogénea con todos los componentes de la mezcla, dando como resultado un material heterogéneo. Ciertos aditivos, a menudo conocidos como aditivos, a veces se agregan a un producto para mejorar o modificar sus propiedades. Para lograr conseguir propiedades mecánicas óptimas, el hormigón debe tener una consistencia pétreo, con el fin de eliminar todos los espacios vacíos que se encuentren en nuestra mezcla elaborada. (Pasquel, 1998, p. 30). Al mismo tiempo es necesario conocer una propiedad mecánica de gran importancia del concreto, también conocida como **resistencia a la compresión**, donde un elemento es capaz de tolerar fuerzas externas hasta el momento de rotura. Por otro lado, la compresión viene a ser la fuerza que se genera en un cuerpo produciendo una resistencia al corte. (Lefevre y Villar, 2015, p. 41). Para ensayar la resistencia a la compresión, es necesario colocar una fuerza descendente sometida en toda la superficie principal del espécimen (briqueta, cilindro, plaqueta, etc.). Por otro lado (Caballero, 2019, p.11), señala que la resistencia a la compresión viene a ser la posibilidad de soportar cargas, las cuales tienen unas estructuras o elementos, donde el esfuerzo a compresión es la resistencia que tiene un elemento a ser sometido bajo fuerzas de compresión. Esta resistencia a la compresión puede ser obtenida a través la evaluación de especímenes de concreto que son elaboradas en laboratorio, las cuales deben de cumplir con el procedimiento que indica la Norma Técnica Peruana, estas probetas de concreto luego de cumplir los 7, 14 y 28 días de curado, puede ser ensayados en un equipo de compresión debidamente calibrado. El concreto tiene diversas propiedades de resistencia, las cuales puede ser tensión, torsión, cortante y compresión; siendo las tres primeras no tan resistentes y la cuarta es

la propiedad principal del concreto. Se utiliza un equipo conocido como **prensa hidráulica manual o semiautomática** que cumpla con la norma establecida, el producto de esta operación nos arrojará un gráfico o los resultados del esfuerzo de deformación y el equipo nos indicara cuanta fuerza fue utilizada para romper la probeta. Este procedimiento tiene una duración de entre 2 minutos hasta 3 minutos, y el peso que provoca el fallo del espécimen se registra en una máquina especializada ya antes mencionada para este tipo de ensayo. Para obtener el esfuerzo requerido y que fue aplicado en la probeta para la rotura del mismo es necesario dividir la fuerza aplicada (dato obtenido del equipo) entre el área promedio del espécimen tomada desde la sección transversal. (Loayza, 2010 p. 126). Es importante conocer las características en el estado fresco del concreto, algunas de ellas podemos mencionar y definir; al **mezclado**, según (Kosmatka et al, 2014, p.3) establece que es integrar todos los componentes (agregado fino y grueso, cemento, agua), estos son elementos necesarios para la preparación del concreto, buscando que al realizar la combinación de estos se logre obtener una mezcla semifluida y plástica que nos permita ser fácilmente manipulada manualmente y por consiguiente ser vertido en moldes; este proceso puede ser asistido por una mezcladora de hormigón para facilitar el proceso y obtener una mezcla homogénea, es importante tener en cuenta la capacidad de la mezcladora para controlar el volumen de los componentes de la mezcla. Por otro lado podemos denotar otra propiedad conocida como la **trabajabilidad**, la cual es definida por (Chan et al, 2003, p.6) como la propiedad del hormigón con la cual establecerá la disposición de poder transportar y utilizar el concreto sin perder la homogeneidad de la mezcla, donde todos los elementos que constituyen el concreto vienen a ser involucrados ( agregados fino y grueso, agua, cemento), la trabajabilidad nos brindará fluidez con la cual podremos trabajar nuestra mezcla, esta propiedad puede ser determinada a través del ensayo conocido como prueba de asentamiento, también algunos profesionales conocen al ensayo como cono de abrams donde se seguirá todo procedimiento establecido por la Norma Técnica Peruana para determinar el slump. Asimismo, (Martinez, 2016, p.30) establece la siguiente tabla en la cual se puede distinguir los diferentes **niveles de trabajabilidad** que puede presentar nuestra mezcla de concreto, este cuadro se encuentra regulado por una escala de medición de trabajabilidad muy baja, baja, media, alta y muy alta, según el tipo

de asentamiento que se encuentra medido en pulgadas.

**Tabla 1:** *Trabajabilidad del concreto respecto al asentamiento*

<b>Asentamiento (pulg)</b>	<b>Trabajabilidad</b>
0 a 2	Muy Baja
3 a 5	Baja
6 a 9	Media
10 a 15	Alta
>= 16	Muy Alta

Fuente: Elaborado por Martínez L. 2016, p.30

Al mismo tiempo se puede establecer varios factores que logren influenciar en la trabajabilidad de nuestro concreto, los cuales son detallados en la siguiente tabla según (Mayta L., 2014, p.62)

**Tabla 2:** *Factores que interfieren en la trabajabilidad*

<b>Factores Internos</b>					<b>Factores Externos</b>	
Cemento	Agua	Agregados	Aditivos	Dosificación	Medioambiente	Condiciones de Obra
Composición Tipo Cantidad Calor de hidratación Finura	Cantidad	Granulometría Forma Tamaño máximo nominal Textura	Cantidad Tipo	Relación finos/gruesos Relación agua/cemento	Humedad relativa Velocidad de viento Temperatura	Encofrados Acero de refuerzo Método de compactación

Fuente: Elaborado por Mayta L. (2014)

De igual forma tenemos al asentamiento como otra propiedad del concreto la cual es definida por (Imbaquingo, 2012, p.52) que cuando el hormigón se encuentra en la etapa de reposo en el molde y que se encuentre debidamente vibrado, procede a empezar la etapa de asentamiento en la cual los agregados más pesados de la mezcla suelen dirigirse a la parte inferior de la mezcla a comparación del agua que es el elemento con menor densidad, por lo tanto el agua va proceder a subir, estos procesos mencionados son denominados asentamiento y sangrado. A continuación, tenemos otra propiedad del cemento, conocida como la consolidación la cual es definida por Kosmatka et al. (2004), el autor menciona que en la etapa del vibrado las partículas del concreto se empiezan a desplazar para llenar todo espacio vacío de la mezcla, generando que toda la mezcla se libere del aire atrapado y lograr un buen grado de

consolidación. Cuando tenemos una consolidación efectiva, la cual es obtenida por medio de la vibración, el concreto adquiere algunos beneficios que pueden ser una mayor durabilidad, resistencia y mayor densidad. Otra propiedad del concreto es conocida como segregación, esta etapa es cuando las partículas de los elementos de la mezcla del concreto tienden a separarse cuando ya se dio por terminada la mezcla de estos, causando una disposición desigual de todos los elementos que comprenden al concreto, y a causa de la segregación puede traer problemas en el proceso de la colocación y de igual forma en el proceso de la compactación, causando problemas como superficies irregulares, adquisición de poros y otros; y a su vez estos problemas repercuten en propiedades importantes y fundamentales del concreto, las cuales pueden ser la resistencia mecánica del concreto y también su permeabilidad y durabilidad. Así también podemos definir a la cohesión que es otra propiedad del concreto, la cual el autor Chiluisa (2014), p.30, determina que la cohesión es cuando el concreto logra mantener la homogeneidad de mezcla, tanto en su estado fresco en movimiento y de igual forma cuando el concreto se encuentre en total reposo en el encofrado y/o moldes. Según algunos estudios han logrado llegar a la conclusión que cuando utilizemos agregados con menor tamaño nominal logramos obtener una mejor cohesión en el concreto. Por ultimo tenemos al fraguado y endurecido que es definido por Moyano (2014), el autor define que es la etapa donde se presentan las reacciones químicas de la mezcla del concreto, principalmente esta reacción se da entre el agua y el cemento; la primera etapa llamada también como el principio o inicio del fraguado, en este proceso nuestra mezcla de concreto empieza a perder la plasticidad; por consiguiente tenemos la etapa final que es conocida como el final del fraguado, donde el concreto adquiere una consistencia más sólida y por lo tanto un endurecimiento que es fácilmente apreciable. En este proceso el agua tiende a ser componente principal para la hidratación de nuestro hormigón, por lo cual ayudara a obtener una mayor resistencia. Por otro lado, tenemos a nuestra variable independiente que es un compuesto de **perlita y sílice** con un 60% y 40% respectivamente, donde la **perlita** es un vidrio volcánico silíceo que al calentarse rápidamente se logra expandir hasta veinte veces su volumen inicial, obteniendo lo que se conoce como perlita expandida, la cual posee numerosos campos de aplicación. En horticultura su uso se basa principalmente en retener la humedad y proporcionar

aireación sin compactar el suelo. Debido a que es habitable, resistente al fuego y tiene excelentes propiedades aislantes, la perlita expandida tiene un diverso campo de aplicaciones en el sector de construcción. (Artigas, Positieri, Quintana y Oshiro, 2021, p. 2).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

En la actual investigación será de **tipo aplicada**, donde se buscará conocer la tecnología y modo de uso para cumplir con los objetivos antes mencionados; de igual forma el presente estudio será **experimental** mediante la cual se evaluará y medirá la capacidad de resistir compresión de las muestras de hormigón provenientes del laboratorio en su estado endurecido, comparando las diferentes muestras con una muestra patrón, y con la ayuda de la realización de los diferentes ensayos lograremos determinar el porcentaje óptimo del compuesto de perlita y sílice para mejorar la resistencia del concreto. Hernández et al. (2014)

#### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables trabajadas en esta investigación cuantitativa son:

**Tabla 3.** Variables dependiente e independiente

Variable Dependiente (VD)	Resistencia a la compresión del concreto
Variable Independiente (VI)	Perlita y Sílice

*Ver matriz en Anexo.*

Fuente: Elaboración propia

#### **Variable dependiente**

**Definición conceptual:** La resistencia a la compresión del concreto es el criterio primordial para determinar la calidad del concreto, que se mide mediante ensayos sobre probetas cilíndricas o bicas preparadas en el momento del vaciado, o núcleos extraídos directamente del elemento estructural. J. Moreno & O. Troconis, (2019).

**Definición operacional:** En el presente proyecto se determinará la mejora del concreto, donde se evaluará al concreto por medio de sus propiedades mecánicas con la ejecución de pruebas mecánicas donde se ejercerá una fuerza de compresión con la ayuda de un equipo calibrado y normado.

**Indicadores:** 5%, 7% y 10%

**Escala de medición:** La escala de medición utilizada fue la razón

### **Variable independiente**

**Definición conceptual:** Del mismo modo tenemos que la perlita es un material amorfo que contiene entre 2 y 5% de agua atrapada, la cual proviene de una roca volcánica vítrea, también conocida como silicato de aluminio. Landis et al., (1990).

**Definición operacional:** En este estudio se sustituirá un porcentaje del cemento por perlita y sílice en el diseño de mezcla, ajustando la dosis en cada mezcla para evaluar de qué forma influye esta incorporación en el concreto, teniendo un enfoque en su capacidad de soportar cargas a compresión y este será reflejado en su resistencia a compresión.

**Indicadores:** Ensayo del cono de Abrams (pulg), ensayo de resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>) y ensayo de peso unitario (kg/m<sup>3</sup>).

**Escala de medición:** La escala de medición utilizada fue la razón

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

#### **Población.**

Podemos definir la población según (Borja, 2012), desde una perspectiva estadística la cual menciona a una determinada población, la cual se encuentra conformada por diversos elementos o sujetos, los cuales sean de interés y relevancia para el objeto de estudio, a partir del cual se pretende encontrar un beneficio logre aportar a la problemática planteada.

Para nuestro estudio he establecido que la población será considerada por el concreto con resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> elaborado en laboratorio con adición de perlita y sílice reemplazando el cemento Yura Tipo I, en el distrito de Cercado del departamento de Arequipa.

#### **Muestra.**

Según (Hernández et al., 2014) establece una definición de la muestra como una porción de la población, dicha parte o subgrupo será el objeto a estudiar, en la cual se determinará sus características y sus propiedades, la muestra tiene que encontrarse ligada con nuestro objeto de estudio ya que tiene que dar respuesta a este mismo.

Nuestra muestra es el concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionando perlita y sílice elaborado en el Cercado del departamento de Arequipa. Donde podemos establecer la cantidad de muestras en este proyecto de investigación será: 36 probetas cilíndricas con medidas de 15 cm y 30 cm de diámetro y altura respectivamente, las cuales serán detalladas en la siguiente tabla según sus dosificaciones y días de curado; cabe mencionar que la designación de esta cantidad de muestra se encuentra contemplada en la NTP 339.034 donde establece los procedimientos, calidad y cantidad de muestras para la realización de los ensayos planteados con alta confiabilidad y bajo parámetros ya establecidos para obtener datos con gran precisión.

**Tabla 4.** Cantidad de especímenes por diseño.

Tipo de ensayo	Diseño de mezcla + % compuesto	Días			Cantidad total por diseño
		7	14	28	
		CANTIDAD PROBETAS			
Resistencia a la compresión NTP 339.034	D0 + 0%	3	3	3	9
	D1 + 5%	3	3	3	9
	D2 + 7%	3	3	3	9
	D3 + 10%	3	3	3	9
<b>Total de probetas</b>					36

Fuente: Elaboración Propia

### **Muestreo.**

En el actual proyecto de investigación he optado por un muestreo no probabilístico, por lo tanto, realizaré una recopilación aleatoria para determinar la muestra de estudio, por criterio propio y según investigaciones anteriores los ensayos a compresión en laboratorio se realizarán en 7, 14 y 28 días después de preparada la probeta con el fin de recopilar los datos generados por los ensayos de laboratorio realizados.

### **Criterios de Inclusión y Exclusión**

#### **Inclusión:**

- Cemento de la marca Yura y que sea del tipo IP (multipropósito).
- Todas las probetas realizadas en laboratorio con un tamaño de 15x30 cm.

- Probetas que cumplieron la edad de curado según NTP de 7,14 y 28 días.

**Exclusión:**

- Aquellos agregados que no cumplan con los rangos permitidos por la NTP y ACI.
- Todos los cementos que no sean de tipo IP.
- Aquellas probetas que sobrepasen el tiempo de curado establecido.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

Se manejó como técnica a la observación en el proceso de esta investigación, la cual será regulada por la norma técnica peruana, donde podemos obtener los métodos de evaluación según los ensayos a realizar, donde la variable independiente será manipulada con el objetivo de lograr una consecuencia en nuestra variable dependiente; la información obtenida será debidamente registrada e interpretada, donde usaremos una técnica de la observación experimental.

Para poder recopilar todos los datos adquiridos en nuestros diferentes ensayos de laboratorio especializado, utilizaremos diferentes instrumentos, entre ellos usaremos fichas técnicas las cuales se encuentran reguladas por la NTP, para asegurar datos confiables, ser procesados y finalmente establecer una conclusión coherente del presente trabajo.

Se utilizarán instrumentos como guías de observación que serán auténticos, fiables y normados para las pruebas y recopilación de datos de la presente investigación, serán respaldadas por la norma técnica peruana debido a que son métodos estandarizados, por lo tanto, podemos determinar una validez y confiabilidad positiva; los ensayos de laboratorio se realizarán en equipos debidamente acreditados, calibrados y con el mantenimiento vigente.

### 3.5. Procedimientos

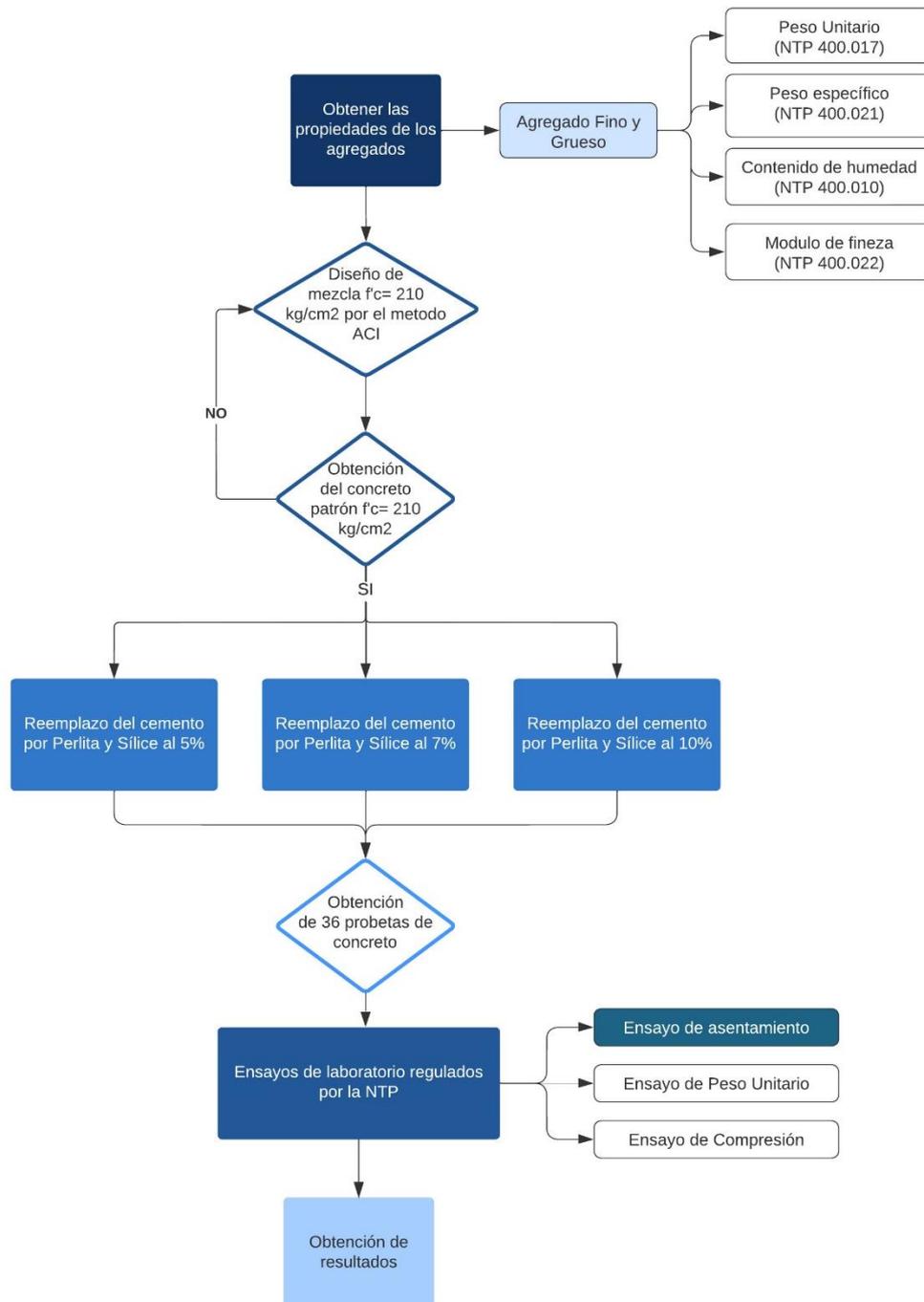


Figura 1. Diagrama de flujo de procedimientos a realizar

**Adquisición de los materiales.** Para asegurar una resistencia previamente establecida en el objetivo específico, tenemos que diseñar la dosificación óptima del concreto respaldada por el ACI, para ello es necesario adquirir materiales apropiados los cuales comprenden: cemento, agua, agregados fino y grueso. Por

otro lado, es necesario adquirir los componentes: perlita y sílice, los cuales servirán como sustitución parcial del cemento en porcentajes establecidos en nuestros objetivos específicos.

**Caracterización de los agregados.** Luego procedemos a realizar las pruebas de laboratorio para hallar las características mecánicas de los mismos, los cuales son conocidos como finos y los gruesos respectivamente; con estos ensayos podremos determinar el peso unitario, distribución granulométrica, peso compactado, contenido de humedad y peso específico; todos estos procedimientos serán regulados por la NTP. Se evaluarán los datos obtenidos de los agregados, los cuales serán resultado de los experimentos realizados en laboratorio, para finalmente tener una aplicación adecuada en nuestra dosificación que será determinada por el método ACI. Se realizaron ensayos para determinar la granulometría, para realizar el ensayo de granulometría se realiza por medio de tamices establecidos y regulado en la NTP 400.012, este ensayo es relevante para obtener la fluidez de la mezcla y así determinar las relaciones de agua y cemento. Mediante este proceso obtendremos los totales de cada elemento que utilizaremos para la producción del concreto, y de igual forma podremos calcular las finuras de los agregados, este proceso implica distribuir los tamices con mayor abertura en la parte superior e ir descendiendo de mayor a menor. A partir de este ensayo podremos diagramar nuestra curva granulométrica, en la cual podremos evaluar el porcentaje retenido en cada tamiz vs el tamaño de abertura del tamiz. Para este ensayo es necesario utilizar una balanza calibrada con 0.1 g de precisión, tamices de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°.4, N°.8, 16, 30, 50 100, el fondo, tapa, y utilizaremos un cepillo especial y brocha fina que nos ayudara a limpiar los tamices de cualquier impureza que puedan interferir en los resultados del ensayo. Seleccionaremos la muestra a ensayar por medio del método del cuarteo, una vez seleccionada procederemos a colocar la muestra en el tamiz superior teniendo en cuenta que al final de los tamices se tiene que colocar la tapa de fondo para no perder finos de nuestra muestra, una vez que la muestra se encuentre dentro de los tamices procedemos a cerrarlo con la tapa y seguidamente introduciremos los tamices en el equipo de laboratorio conocido como agitador mecánico. Para realizar el cálculo tendremos que recopilar los datos de las cantidades retenidas por cada malla, y así hallar el porcentaje que

cada tamiz logra retener seguidamente de realizar el cálculo de la cantidad que logra atravesar por los diferentes tamices que establece la norma en función al peso total de la muestra, finalmente procederemos a utilizar las formulas establecidas por la NTP 400.012. Otro ensayo a realizar es el módulo de fineza, se encuentra regulado por la NTP 400.011, donde nos indica que realizando la división del total de porcentajes de la muestra que fue retenido por los tamices establecidos en la norma, entre el valor de 100. Por otro lado, en la norma se encuentra establecido que el módulo de finura tiene que encontrarse entre los valores de 2.3 a 3.1 para que el agregado sea apto en la dosificación de mezcla; en la norma ACI 211.4 establece que podemos utilizar un agregado con módulo de finura de 3.2 si es que este fuese empleado para la elaboración de un hormigón que tenga una resistencia alta. Otro ensayo que se realizará es conocido como peso unitario suelto y compactado, este ensayo lo podemos encontrar establecido en la Norma 400.017; donde menciona que el peso unitario se encuentra relacionado con la magnitud de volumen y la masa del agregado. En este ensayo podemos determinar el peso unitario suelto, que es hallado después de colocar la muestra dentro del molde sin ningún otro procedimiento. Así mismo, podemos determinar el peso unitario compactado, introduciendo el agregado a ensayar en un recipiente normado para este ensayo, pero será introducido en 3 estratos y en cada estrato será compactada por 25 golpes con una varilla normada. Este proceso se debe de realizar en 3 ocasiones para sacar un peso promedio. Por otro lado, tenemos el ensayo de contenido humedad, esta prueba de laboratorio está establecido dentro de la NTP 339.185, donde se busca establecer el total de agua encontrado dentro de nuestro agregado a utilizar en la dosificación de mezcla. También es conocida como el agua total que contiene los agregados; el fin principal de esta prueba es conocer cuánta agua puede contener los agregados sin alterar, expresado en porcentajes. Para realizar este ensayo es necesario utilizar una balanza de precisión, un horno que pueda llegar hasta 110° de temperatura para el secado del espécimen y un depósito con tapa resistente al calor.

**Diseño de mezcla.** Diseñaremos una dosificación de mezcla para una  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con el método que indica el ACI 211.11, este diseño nos proporcionará nuestras probetas patrón para la resistencia ya antes mencionada. Por

consiguiente, podremos sustituir el cemento por el compuesto de perlita y sílice en nuestro diseño de mezcla en un 5%, 7% y 10% respectivamente.

**Ensayo en estado fresco del concreto.** En este punto realizaremos el ensayo de asentamiento con la ayuda del equipo de laboratorio conocido como “Cono de Abrams” y será regulado por la NTP 339.035, este método se realizará a los 4 diseños de mezcla ya establecidos para el determinado control y la toma de datos.

**Elaboración de las probetas de concreto.** En este punto procederemos a utilizar moldes estandarizados y normados con una medida de 15 cm por 30 cm establecidos por la NTP 339.034; produciremos 9 especímenes como muestra que serán controlados a los 7,14 y 28 días, en total tendremos la suma de 36 especímenes.

Los especímenes de hormigón se encuentran elaborados y regulados por la norma técnica peruana, ya que en la norma nos indica los procesos para elaborar cada probeta, los cuales nos servirán para obtener cuanta carga puede soportar el concreto sometido a una fuerza de compresión, para lo cual es necesario utilizar una máquina de compresión debidamente certificada y calibrada.

Una vez ubicado una superficie que se encuentre nivelada y no tenga algún obstáculo que pueda dificultar el trabajo a realizar podremos colocar los moldes de 30x15cm encima de la superficie establecida evitando que este lugar se encuentre a exposición del sol, teniendo en cuenta que los moldes a utilizar deben de encontrarse totalmente limpios, si fuera necesario se tiene que lijar el interior de estos para limpiar toda impureza que podamos encontrar, luego de este proceso se aplicará un desmoldante al interior de los moldes para facilitar la extracción de los testigos, al momento de llenar los moldes se debe de utilizar herramientas húmedas, el llenado se realiza en tres capas, estas capas deben de tener la misma altura y de igual forma deberán compactarse con 25 golpes cada capa, al finalizar se debe de enraizar y limpiar los excedentes; es recomendable utilizar un cucharón de  $\frac{1}{2}$  L para evitar la segregación y lograr una mezcla uniforme; luego de transcurrir 24 horas después del llenado de los moldes procederemos a desmoldar y por consiguiente llevarlos a las pozas de curado debidamente rotuladas; el fin de este último paso es de alcanzar una resistencia óptima mediante la hidratación del cemento.

**Curado de probetas.** A continuación de realizar el desmolde de las probetas procederemos a ubicar las 36 probetas en las pozas de curado las cuales serán sometidas a un curado de 7, 14 y 28 días, según lo estipula la NTP 339.183 con el fin de obtener las óptimas cualidades mecánicas de nuestro hormigón con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, para esto se debe de llenar las pozas y adicionar cal con una dosificación de 3 g por litro; se tiene que tener en cuenta que se tiene 30 minutos como máximo después de desmoldar para proceder a sumergirlo en las pozas de curado.

**Ensayo de compresión al concreto endurecido.** Una vez pasados los días de curado previamente establecidos procederemos a realizar los ensayos de compresión en nuestro equipo normado y calibrado de laboratorio, estos ensayos serán regulados por la norma NTP 339.034.

**Interpretación y discusión de resultados.** Con la ayuda de nuestras fichas técnicas normadas por la NTP haremos la recolección de datos obtenidos de los ensayos realizados, estos datos serán interpretados para finalmente establecer resultados; los cuales nos servirán para la discusión y comparación de resultados con otros investigadores.

**Conclusiones y recomendaciones.** Se llegará a conclusiones en base a los hallazgos y se harán las recomendaciones para futuros estudios con los mismos objetivos.

### **3.6. Método de análisis**

Para proceder a analizar los resultados adquiridos nos basaremos en hacer cálculos correspondientes a los datos registrados de las pruebas experimentales realizadas en laboratorio especializado con la finalidad de dar una solución óptima al problema general en la presente investigación. Las 36 muestras serán sometidas a un estudio comparativo independientemente por cada diseño mezcla en los cuales fue adicionado el compuesto de perlita y sílice, teniendo como patrón 9 especímenes con un diseño convencional, donde se buscará evaluar las propiedades y características del hormigón donde realizaremos ensayos conocidos como resistencia a la compresión, pruebas slump y peso unitario. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se determinará si la dosificación del compuesto de perlita y sílice aplicada es la más óptima, aportando mayores beneficios a nuestro diseño de mezcla patrón. Se utilizarán cuadros, tablas y ecuaciones para analizar y evaluar los resultados.

### **Validez y confiabilidad**

El grado de confiabilidad se logra obtener cuando un instrumento es utilizado en múltiples ocasiones en estudio de un mismo individuo y se sigan obteniendo los mismos resultados. (Hernández et al, 2014. P. 200)

Para garantizar la validez y confiabilidad de los ensayos y resultados, a pesar que estos se encuentran estandarizados según norma, se utilizó otro tipo de evaluación adicional para corroborar la confiabilidad de los resultados obtenidos de laboratorio; el cual será con la ayuda de la aplicación del programa IBM SPSS Statistics, donde obtendremos la normalidad y la aplicación ANOVA para corroborar nuestra hipótesis general planteado, de tal modo de garantizar la confiabilidad.

### **3.7. Aspectos éticos**

El actual estudio se construyó sobre bases de diversos aspectos éticos; **Beneficencia:** Obteniendo los resultados con criterio necesario para la obtención de datos reales, que no serán manipulados ni alterados, los resultados conseguidos servirán como bagaje teórico para investigaciones que se puedan realizar en un futuro en la población nacional e internacional; **No maleficencia:** Toda información se basará en antecedentes y conceptos teóricos extraídos de diversas fuentes bibliográficas y normas técnicas establecidas. Las cuáles serán debidamente mencionadas en las citas respetando la propiedad intelectual del autor; **Autonomía:** En la presente investigación el tesista actuará con el criterio profesional para cotejar los datos y resultados obtenidos; **Justicia:** Para lograr garantizar los resultados de esta investigación se regirá por las NTP y el ACI, donde se cumplirá con todos los requisitos mínimos y así cumplir con los estándares de calidad. Como resultado, se garantiza que: Se respeta toda información sustraída de una fuente bibliográfica citando al autor; todas las pruebas se ejecutarán en un laboratorio especializado en ingeniería civil nos proporcionará resultados verídicos y confiables; y los resultados que obtendremos producto de la investigación serán verificables.

#### IV. RESULTADOS

En el presente capítulo, podremos detallar los resultados adquiridos de las pruebas en laboratorio, los cuales fueron establecidos en el capítulo de procedimientos, entre los cuales podemos mencionar: contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso específico de los agregados grueso y fino, peso unitario suelto y compactado; con el objetivo de determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados para lograr determinar un diseño de mezcla que nos servirá como punto de control mediante la metodología ACI; de igual forma será con las pruebas de laboratorio que fueron realizadas al hormigón en su etapa fresca y en su etapa endurecida con las diferentes dosificaciones que obtendremos a partir del diseño patrón, los cuales son la prueba de cono de abrams y la prueba de resistencia a la compresión.

Para responder el **primer objetivo específico a) diseño y elaboración de la mezcla patrón para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**, para esto primero se realizó los ensayos a los agregados que detallaré a continuación.

#### Análisis de granulometría

##### Agregado Fino

**Tabla 5:** *Granulometría del agregado fino*

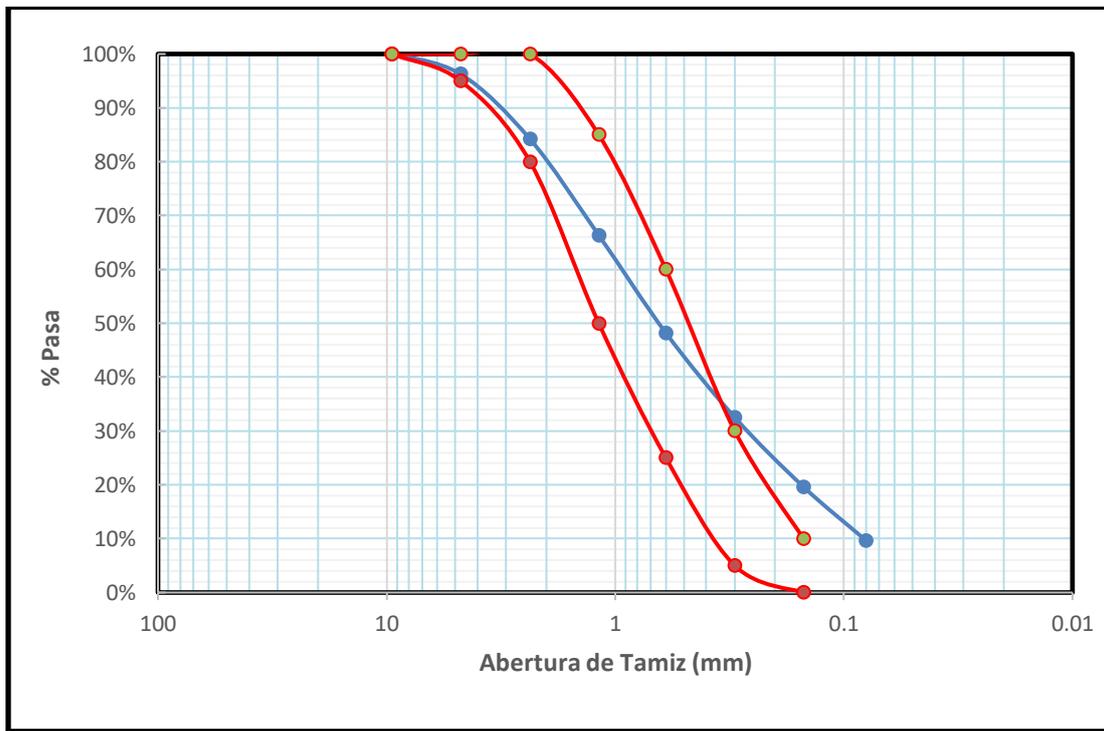
Malla	mm	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3/8"	9.525	0	0.00	0.00	100.00
# 4	4.76	18.3	3.72	3.72	96.28
# 8	2.36	59.3	12.07	15.79	84.21
# 16	1.18	87.8	17.87	33.66	66.34
# 30	0.6	89.2	18.15	51.81	48.19
# 50	0.3	77	15.67	67.48	32.52
#100	0.15	63.4	12.90	80.38	19.62
#200	0.8	48.9	9.95	90.33	9.67
Fondo		47.5	9.67	100.00	0.00
Total		491.4	100.00		

Fuente: Elaboración propia

En la actual tabla logramos observar granulometría del agregado fino, siguiendo el procedimiento determinado por NTP 400.011, donde podemos obtener el

módulo de finura que según norma se tiene que encontrar dentro de los parámetros 2.3 y 3.1; realizando los cálculos establecidos en la norma logramos obtener un Módulo de Fineza de 2.69, por lo tanto, este valor está dentro de lo permisible según norma.

**Gráfico 1:** Curva Granulométrica del Agregado Fino



Fuente: Elaboración propia

### Agregado Grueso

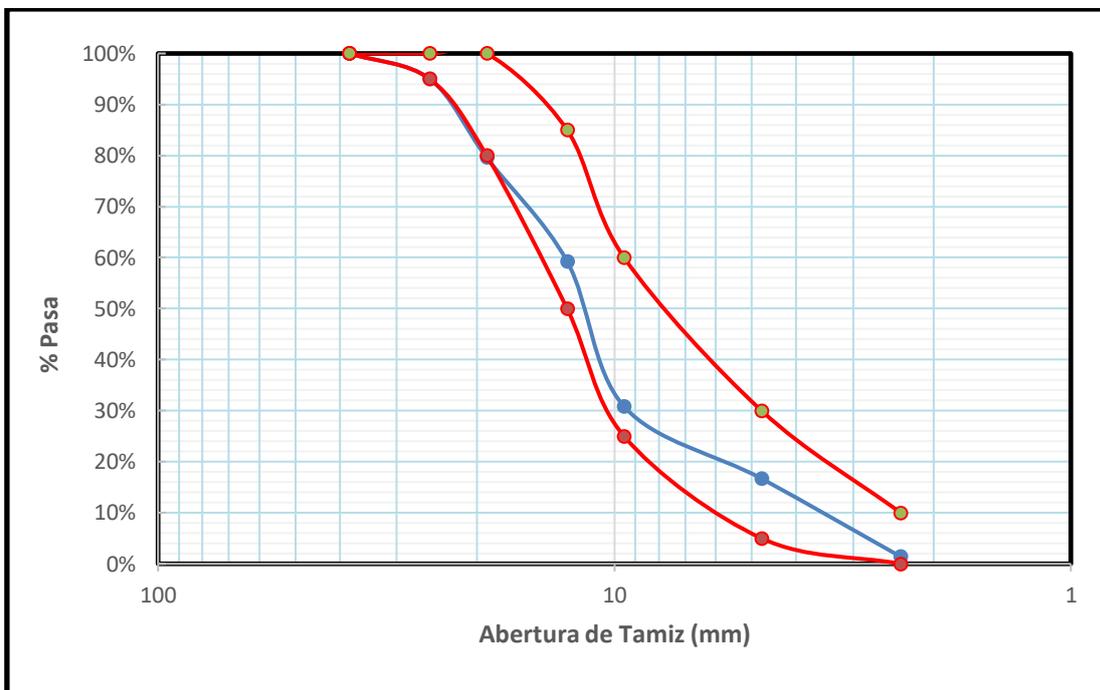
**Tabla 6:** Granulometría del agregado grueso

Malla	mm	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
1 1/2"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	3500	20.42	20.42	79.58
1/2"	12.7	3480	20.30	40.72	59.28
3/8"	9.525	4880	28.47	69.19	30.81
3/4"	4.76	2420	14.12	83.31	16.69
#4	2.36	2620	15.29	98.60	1.40
Fondo		240	1.40	100.00	0.00
Total		17140	100		

Fuente: Elaboración propia

De similar forma según tabla 6 podemos visualizar la granulometría del agregado grueso, siendo este regulado por la NTP 400.012, donde la muestra ensayada no podrá presentar más del 5% retenido en la malla de 1 ½"; este ensayo nos permitió determinar una propiedad del agregado grueso que es conocido como el tamaño máximo nominal, en este caso obtuvimos un tamaño máximo nominal ¾"

**Gráfico 2:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración propia

## Peso específico y absorción

**Tabla 7:** *Peso específico y absorción del agregado fino*

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO		
A	Masa de la muestra seca al horno (g)	493
B	Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (g)	647
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (g)	951
S	Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)	500
	Masa del picnómetro	150
	Gravedad Especifica (OD)= $A/(B+S-C)$	2.52
	Densidad Relativa (SSD)= $S/(B+S-C)$	2.55
	Absorción = $((S-A)/A)*100$ (%)	1.42

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la actual tabla 7 cómo se determinó el % de absorción que fue de 1.42% y su respectivo peso específico de la muestra del agregado fino que se ensayó, donde se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.022.

**Tabla 8:** *Peso específico y absorción del agregado grueso*

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO			
A	Peso de la muestra seca en el aire (g)	4057	4057
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g)	4088	4088
		3431.	3431.
C	Peso en el agua de la muestra saturada	5	5
	Peso Específico de masa = $A/(B-C)$	6.18	6.49
	Peso Específico de masa con superficie seca = $B/(B-C)$	6.23	6.23
	Peso específico aparente = $A/(A-C)$	6.49	6.49
	Absorción = $((A-B)/A)*100$ (%)	0.76	0.76

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la tabla 8 cómo se determinó el porcentaje de absorción que fue de 0.76% y su respectivo peso específico del agregado grueso que se ensayó, donde utilizamos los pasos a seguir que se encuentran establecidos en la NTP 400.021.

## Peso unitario

**Tabla 9:** *Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino*

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO Y COMPACTADO							
DESCRIPCIÓN		SUELTO			COMPACTADO		
G	Peso del recipiente más el agregado (kg)	7.20	7.24	7.21	7.35	7.36	7.34
T	Peso del recipiente (kg)	5.295	5.295	5.295	5.295	5.295	5.295
V	Volumen del recipiente (m3)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M	Peso Unitario del agregado (kg/m3)	352.5 4	359.9 5	354.5 8	380.6 9	381.4 3	379.3 9
PROMEDIO PESO UNITARIO (kg/m3)		355.69			380.50		

Fuente: Elaboración propia

Como logramos visualizar según tabla 9 realizamos los cálculos con el fin de establecer el peso unitario en su estado suelto y a su vez en su estado compactado, se realizó 3 ensayos de los cuales se estableció un promedio para establecer el peso unitario promedio.

**Tabla 10:** *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO Y COMPACTADO							
DESCRIPCIÓN		SUELTO			COMPACTADO		
G	Peso del recipiente más el agregado (kg)	22.17	21.94	22.02	23.63	23.43	23.54
T	Peso del recipiente (kg)	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
V	Volumen del recipiente (m3)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M	Peso Unitario del agregado (kg/m3)	1850.86	1826.77	1835.30	2006.67	1985.78	1997.29
PROMEDIO PESO UNITARIO (kg/m3)		1837.64			1996.58		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 logramos observar que se realizaron cálculos para establecer el peso unitario en su estado suelto y de igual forma en su estado compactado del espécimen ensayado en este caso fue el agregado grueso, cuyo procedimiento se encuentra establecido en la NTP 400.017, se realizó 3 ensayos de los cuales se estableció un promedio para establecer el peso unitario promedio el cual es 1996.58 kg/cm<sup>3</sup>.

## Contenido de Humedad

**Tabla 11:** *Porcentaje de humedad en el agregado fino*

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
W	Masa de la muestra húmeda original (g)	235	235
D	Masa de la muestra seca (g)	232	232
P	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje	1.29	1%

Fuente: Elaboración propia

Podemos visualizar en la tabla 11 el cálculo que se realizó luego de la obtención de resultados en laboratorio del ensayo que es normado por la NTP 339.185, donde podemos determinar que el agregado fino tiene como contenido de humedad el 1.29%

**Tabla 12:** *Porcentaje de humedad del agregado grueso*

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
W	Masa de la muestra húmeda original (g)	1915	1915
D	Masa de la muestra seca (g)	1911	1911
P	Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje	0.21	0.21 %

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar estos ensayos procedimos a responder nuestro **primer objetivo específico, a) determinar un diseño de mezcla convencional para una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> empleando el método ACI**, el cual es determinar un diseño de mezcla que nos sirvió como punto de control, procedimos a realizar el diseño correspondiente con los resultados recopilados de laboratorio de nuestros agregados a utilizar.

## DISEÑO DE MEZCLA

Tenemos que considerar los siguientes datos obtenidos de laboratorio para nuestro diseño que detallaremos en la siguiente tabla.

**Tabla 13:** *Propiedades del agregado fino*

Propiedades del Agregado Fino		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso específico de la masa	2.55	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.42	%
Contenido de humedad	1	%
Módulo de finura	2.62	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14:** *Propiedades del agregado grueso*

Propiedades del Agregado grueso		
Descripción	Cantidad	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4"	pulg
Peso específico de la masa	2.79	g/cm <sup>3</sup>
Peso seco compactado	1996.58	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	0.76	%
Contenido de humedad	0.21	%

Fuente: Elaboración propia

Luego de ejecutar las pruebas de laboratorio, las cuales son normados por la norma técnica peruana de los agregados con el fin de hallar las características de los elementos de nuestro concreto, hacemos la recolección de las propiedades de los mismos, estas propiedades las podemos observar en la tabla 13 y en la tabla 14 correspondientemente. Luego de esto procedemos a realizar el diseño de mezcla, donde seguiremos todos los pasos establecidos en la norma ACI 211.1.

**Paso 1:** Establecemos una resistencia promedio del concreto que deseamos alcanzar, en esta investigación es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que fue determinada con la ayuda de la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla 15:** Resistencia promedio requerida cuando no hay datos de desviación estándar

F'c Kg/cm <sup>2</sup>	F'cr Kg/cm <sup>2</sup>
<210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
>350	f'c+98

Fuente: Norma ACI 211.1

En la tabla 15 procedemos a escoger una resistencia de diseño que contenga factor de seguridad de  $f'c+84$  kg/cm<sup>2</sup>, debido a que nuestra resistencia que establecimos en nuestro objetivo específico es para diseñar un concreto con resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Paso 2:** Selección del asentamiento para obtener un concreto trabajable a partir de la siguiente tabla

**Tabla 16:** Selección del asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración normal / Chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Norma ACI 211.1

Debido que utilizaremos una compactación por el método de chuseado, según la tabla 16 que se encuentra establecido en la norma ACI 211.1 trabajaremos con un slump de 3" a 4".

**Paso 3:** Selección del volumen unitario del agua a partir de la siguiente tabla

**Tabla 17:** Cantidad aproximada de agua

CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO								
SLUMP	Tamaño Máximo de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Norma ACI 211.1

Donde seleccionamos 205, ya que nuestro diseño será sin aire incorporado, consideramos un slump de 3" a 4" y con un tamaño máximo nominal del agregado grueso hallado en laboratorio que es de 3/4".

**Paso 4:** Determinamos el contenido de aire en nuestra mezcla, a partir de la siguiente tabla.

**Tabla 18:** Contenido de aire atrapado

Contenido de aire atrapado	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3%
1/2"	2.50%
3/4"	2%
1"	1.50%
1 1/2"	1%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Norma ACI 211.1

Donde seleccionamos la cantidad de 2% debido a que contamos con un tamaño máximo nominal de 3/4" hallado en laboratorio.

**Paso 5:** Determinamos la relación agua cemento

**Tabla 19:** *Relación agua cemento*

f'cr 28 días	Concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.8	0.76
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
294	x	X'
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Norma ACI 211.1

En la tabla 19 se realizó una interpolación para lograr hallar la correlación agua cemento, teniendo en cuenta nuestro diseño no utilizaremos algún aditivo incorporador de aire, en dicha interpolación se estableció que  $X = 0.56$ .

**Paso 6:** Por consiguiente, procedimos a determinar el volumen a utilizar de agregado grueso.

**Tabla 20:** *Volumen de agregado grueso compactado*

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO					
Volumen de A°G° Compactado en Seco					
Tamaño Maximo	Modulo de Fineza de la Arena				
	2.40	2.60	2.80	2.93	3.00
3/8 "	0.50	0.48	0.46		0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55		0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	X	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67		0.65
1 1/2 "	0.75	0.73	0.71		0.69
2 "	0.78	0.76	0.74		0.72
3 "	0.82	0.79	0.78		0.75
6 "	0.87	0.85	0.83		0.81

Fuente: Norma ACI 211.1

En la tabla 20 procedimos a realizar una interpolación teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " y un módulo de finura de 2.93, donde nos dio

como resultado que  $X = 0.61$ .

Por lo tanto; Peso del AG seco = Volumen de AG seco compactado X Peso unitario seco compactado

$$0.61 \times 1996.58 = 1217.91 \text{ kg/m}^3$$

**Paso 7:** Calculamos los volúmenes absolutos

- Cemento = Factor cemento / peso específico del cemento  
Cemento =  $366.07 / (3.14 \times 1000) = 0.117 \text{ m}^3$
- Agua = Volumen unitario de agua / Peso específico del agua  
Agua =  $205 / 1000 = 0.205 \text{ m}^3$   
Aire =  $2\% = 0.02 \text{ m}^3$
- Agregado grueso = Peso del AG seco / Peso específico del AG  
Agregado grueso =  $1217.91 / (2.794 \times 1000) = 0.436 \text{ m}^3$
- Volúmenes absolutos conocidos (suma total) =  $0.777 \text{ m}^3$

**Paso 8:** Contenido de agregado fino

- Volumen absoluto agregado fino =  $1 - 0.777$   
Volumen absoluto agregado fino =  $0.223 \text{ m}^3$
- Peso del AF en estado seco = Volumen absoluto del AF x peso específico masa  
Peso del agregado fino en estado seco =  $0.223 \times 2.551 \times 1000$   
Peso del agregado fino en estado seco =  $568.873 \text{ kg/m}^3$

**Paso 9:** Valores de diseño de mezcla

**Tabla 21:** Valores de diseño de mezcla

Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	366.071	kg/m3
Agua de diseño	205	lt/m3
Agregado fino seco	568.873	kg/m3
Agregado grueso seco	1217.911	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 tenemos las cantidades de cada elemento por m3.

**Paso 10:** Corrección por humedad del agregado

- Corrección del agregado fino:

Contenido de humedad del Agregado Fino: 1%

Calculamos el valor del diseño agregado fino =  $568.873 \times 0.021 = 5.69 \text{ kg/m}^3$ .

Por lo tanto; Peso húmedo del agregado fino =  $574.56 \text{ kg/m}^3$

- Corrección del agregado grueso:

Contenido de humedad del Agregado Grueso: 0.21%

Calculamos el valor del diseño AG =  $1217.911 \times 0.01 = 25.58 \text{ kg/m}^3$ .

Por lo tanto; Peso húmedo del AG =  $1243.489 \text{ kg/m}^3$

- Luego determinamos la humedad superficial de los agregados:

Humedad superficial del agregado fino.

$$1\% - 1.42\% = -0.42\%$$

$$0.21\% - 0.764\% = -0.554\%$$

Aporte de humedad de los agregados:

- Aporte humedad agregado fino

$$568.873 \times (-0.42\%) = - 2.389 \text{ lt/m}^3$$

- Aporte humedad agregado grueso

$$1217.911 \times (-0.554\%) = - 6.747 \text{ lt/m}^3$$

- Aporte total de humedad de los agregados =  $- 9.136 \text{ lt/m}^3$

Por lo tanto; Agua efectiva:

$$205 + 9.136 = 214.136 \text{ lt/m}^3$$

Pesos corregidos por humedad:

**Tabla 22:** *Valores de diseño de mezcla corregidos por humedad*

Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	366	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	214	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino seco	569	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso seco	1218	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 podemos observar los valores de los elementos de la mezcla corregidos por humedad.

**Paso 11:** Proporción en peso

C		AF		AG		A
366		569		1218		214
366	:	366	:	366	:	8.6
1	:	1.55	:	3.33	:	24.88

Dónde:

**C:** Cemento

**AF:** Agregado fino

**AG:** Agregado grueso

**A:** Agua

- Relación agua/cemento de diseño:

$$205/366 = 0.56$$

- Relación agua/cemento efectivo:

$$214/366 = 0.58 \text{ (corregida)}$$

Luego de realizar los cálculos correspondientes establecidos por la norma ACI 211.1 podemos determinar un diseño de mezcla el cual nos sirvió como punto de control, el cual se presenta en la siguiente tabla, esta dosificación fue calculada para elaborar 9 probetas.

**Tabla 23:** *Dosificación para 9 probetas patrón de 15x30cm adicionando un 5% por desperdicios.*

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	19.22	kg
Agua	11.24	lt
Agregado Fino	29.87	kg
Agregado Grueso	63.95	kg

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, a partir de esta dosificación pudimos establecer las 3 dosificaciones de mezcla con la sustitución parcial del cemento por perlita y sílice en reemplazo de un 5%, 7% y 10% del cemento, con el fin de dar respuesta a nuestro **segundo objetivo específico, b) determinar cuál es el porcentaje óptimo de adición para la mejora de nuestro concreto endurecido, los cuales serán detallados en las siguientes tablas.**

**Tabla 24:** *Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 5% de perlita y sílice.*

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	18.26	kg
Agua	11.24	lt
Agregado Fino	29.87	kg
Agregado Grueso	63.95	kg
Perlita	0.58	kg
Sílice	0.38	kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 podemos observar que se procedió a restar el 5% del cemento contemplado para 9 probetas en la tabla 23, para que se pueda distribuir el valor de 0.96kg por el cemento de perlita y sílice en un 60% y 40% respectivamente,

lo cual nos da un valor total de perlita de 0.58 kg y 0.38 de sílice.

**Tabla 25:** *Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 7% de perlita y sílice.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	17.87	kg
Agua	11.24	lt
Agregado Fino	29.87	kg
Agregado Grueso	63.95	kg
Perlita	0.81	kg
Sílice	0.54	kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 podemos observar que se procedió a restar el 7% del cemento contemplado para 9 probetas en la tabla 23, para que se pueda distribuir el valor de 1.35kg por el comento de perlita y sílice en un 60% y 40% respectivamente, lo cual nos da un valor total de perlita de 0.81 kg y 0.54 de sílice.

**Tabla 26:** *Dosificación para 9 probetas de 15x30cm con la adición del 10% de perlita y sílice.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	16.43	kg
Agua	11.24	lt
Agregado Fino	29.87	kg
Agregado Grueso	63.95	kg
Perlita	1.15	kg
Sílice	0.77	kg

Fuente: Elaboración propia

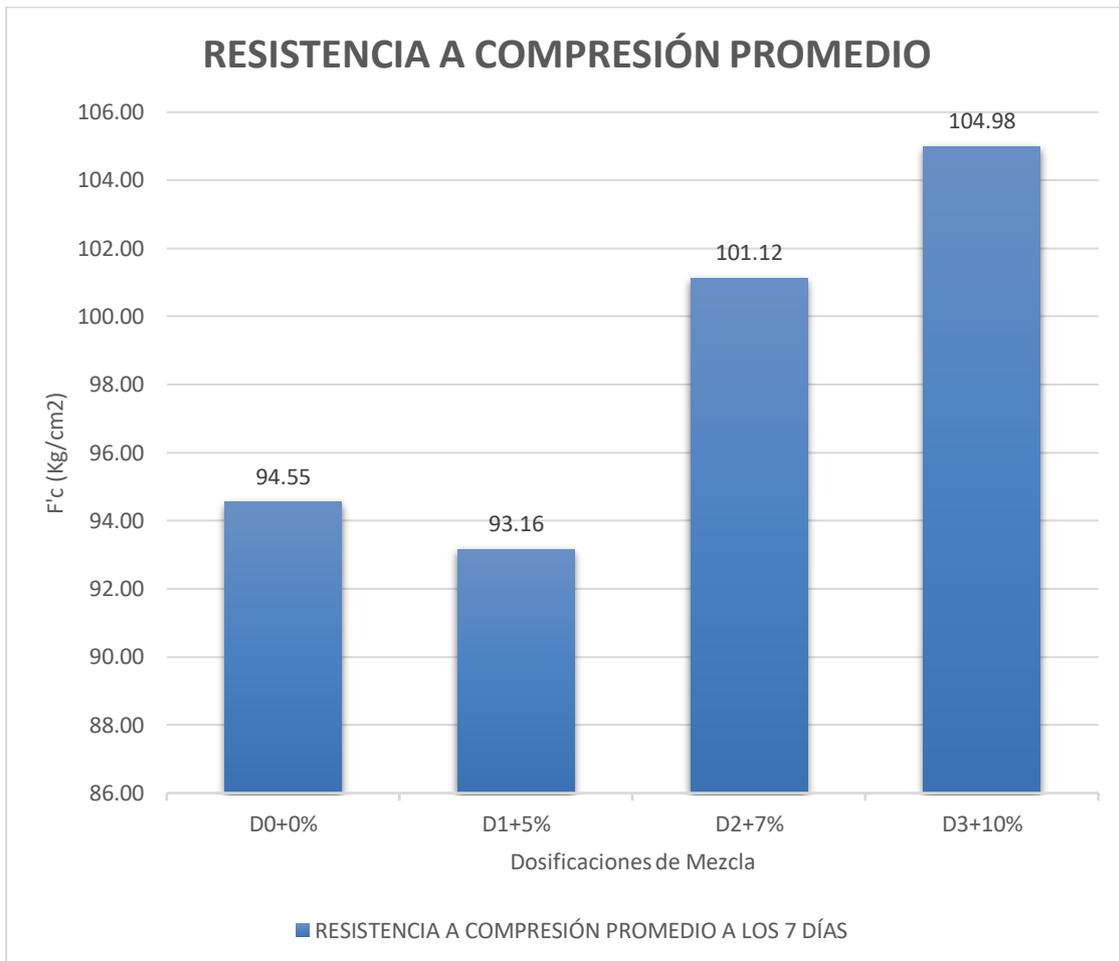
En la tabla 26 podemos observar que se procedió a restar el 10% del cemento contemplado para 9 probetas en la tabla 23, para que se pueda distribuir el valor de 1.92kg por el comento de perlita y sílice en un 60% y 40% respectivamente, lo cual nos da un valor total de perlita de 1.15 kg y 0.77 de sílice.

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

Se evaluó la resistencia a la compresión de nuestras probetas debidamente

curadas según la NTP, donde se sometieron 3 especímenes de cada diseño con una edad de curado de 7, 14 y 28 días; para este proceso utilizamos la máquina que ejerce compresión a un cuerpo esta se encuentra debidamente calibrada.

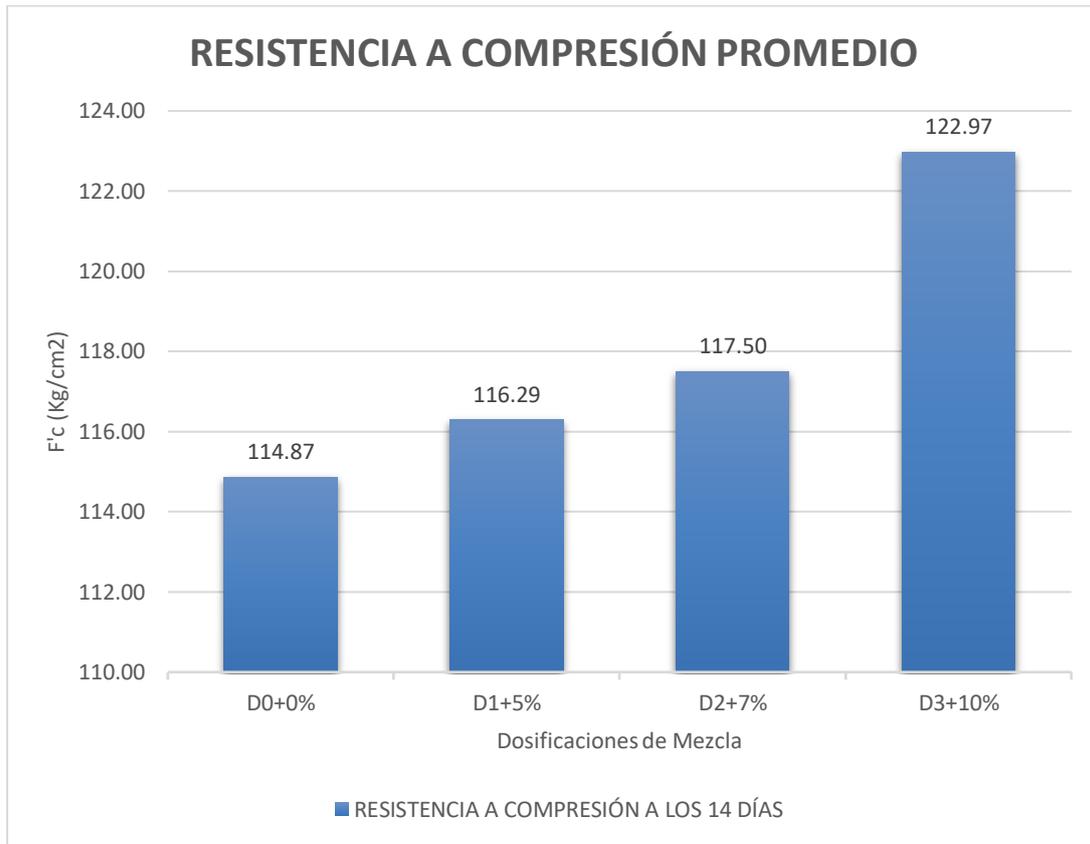
**Gráfico 3:** Comparación de la resistencia a compresión promedio a los 7 días



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en el Gráfico 3 los resultados recopilados, de los diferentes ensayos realizados para determinar la resistencia a compresión promedio del hormigón con una vida de 7 días a partir del curado, haciendo una comparación de las 3 dosificaciones con la dosificación de control, donde podemos notar que existe un leve incremento de resistencia a la compresión en dos diseños establecidos, los cuales son D2+7% y D3+10% y en cuanto a la dosificación D1+5% se denota una pequeña disminución en la resistencia.

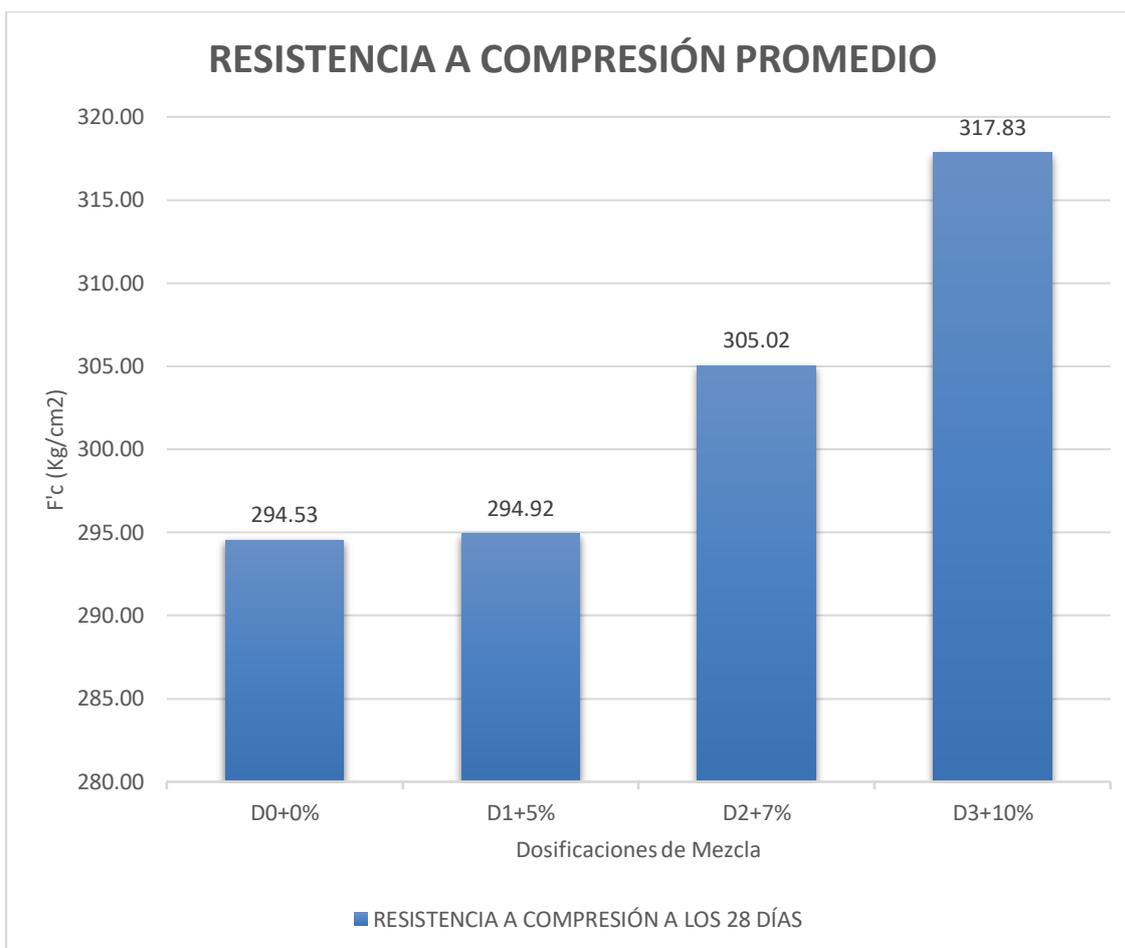
**Gráfico 4:** Comparación de la resistencia a compresión promedio a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

De igual forma en el Gráfico 4, nos muestra resultados donde se hace la comparación del hormigón que tiene 14 días de curado, donde se evaluó la resistencia a compresión, podemos visualizar un aumento significativo en la D2+7% y D3+10%, ya que estos superan al D0+0% en un 2.3% y 7% respectivamente; donde D0+0% es la dosificación patrón.

**Gráfico 5:** Comparación de la resistencia a compresión promedio a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, en el Gráfico 5 podemos observar una comparación de los especímenes, los cuales son de cuatro diferentes dosificaciones que tienen 28 días de curado que se han sometido a un ensayo de compresión, donde se visualiza un aumento de la resistencia de las diversas dosificaciones que contienen la sustitución parcial de cemento por perlita y sílice, el aumento es cada vez mayor siendo comparado con nuestro diseño patrón, donde la D3+10% supera en un 7.9% a la dosificación D0+0% y la D2+7% aumenta la resistencia a compresión en un 3.56% con respecto a la D0+0%.

A continuación, de la Tabla 27 podemos observar que se realizó un recopilado de los diferentes ensayos a compresión que se realizaron en laboratorio del concreto, teniendo en cuenta las dosificaciones y edades.

**Tabla 27:** Resistencia a compresión del concreto de las 4 dosificaciones

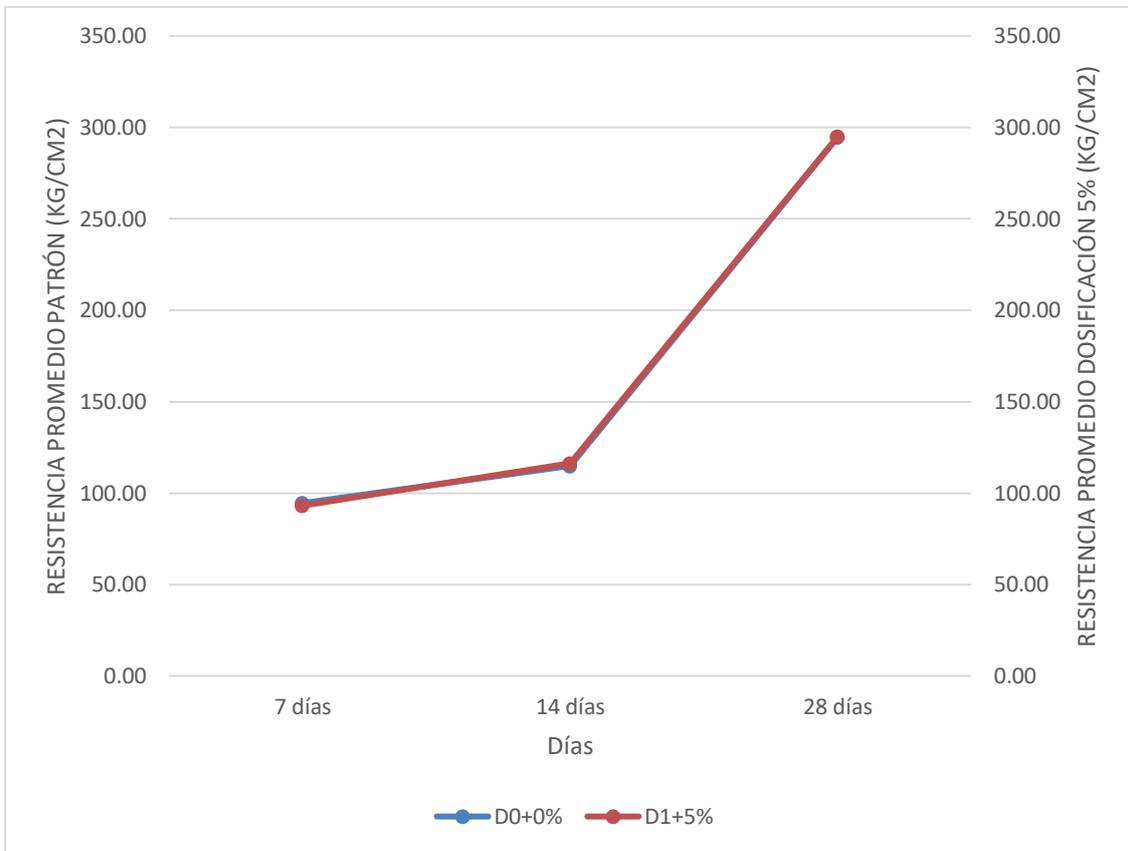
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )						
Dosificación	Edad (días)	Ensayo			Promedio	Carga máxima
		I	II	III		
D0 + 0%	7	94.14	93.69	95.81	94.55	297.9
	14	118.16	112.19	114.25	114.87	
	28	289.55	296.14	297.9	294.53	
D1 + 5%	7	93.41	92.14	93.92	93.16	297.75
	14	117.25	115.22	116.41	116.29	
	28	294.12	297.75	292.89	294.92	
D2 + 7%	7	97.41	98.14	107.81	101.12	307.96
	14	118.15	117.46	116.88	117.50	
	28	304.42	307.96	302.69	305.02	
D3 + 10%	7	109.41	101.14	104.4	104.98	320.52
	14	123.55	121.96	123.41	122.97	
	28	314.87	318.1	320.52	317.83	

Fuente: Elaboración propia

Donde podemos resaltar que la carga máxima que obtuvimos fue con la dosificación D3+10%, respondiendo a nuestro **segundo objetivo específico** determinando cual es el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por perlita y sílice.

Por otro lado, se realizó una comparación del concreto diseñado como un puno de control con cada dosificación que incluye perlita y sílice en remplazo parcial del cemento, de igual forma se realizó los ensayos de slump a cada dosificación de mezcla, realizamos los siguientes gráficos para dar respuesta a nuestro **tercer objetivo específico c) evaluar de qué manera influye la adición de perlita sílice en nuestro diseño con respecto a un diseño convencional  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.**

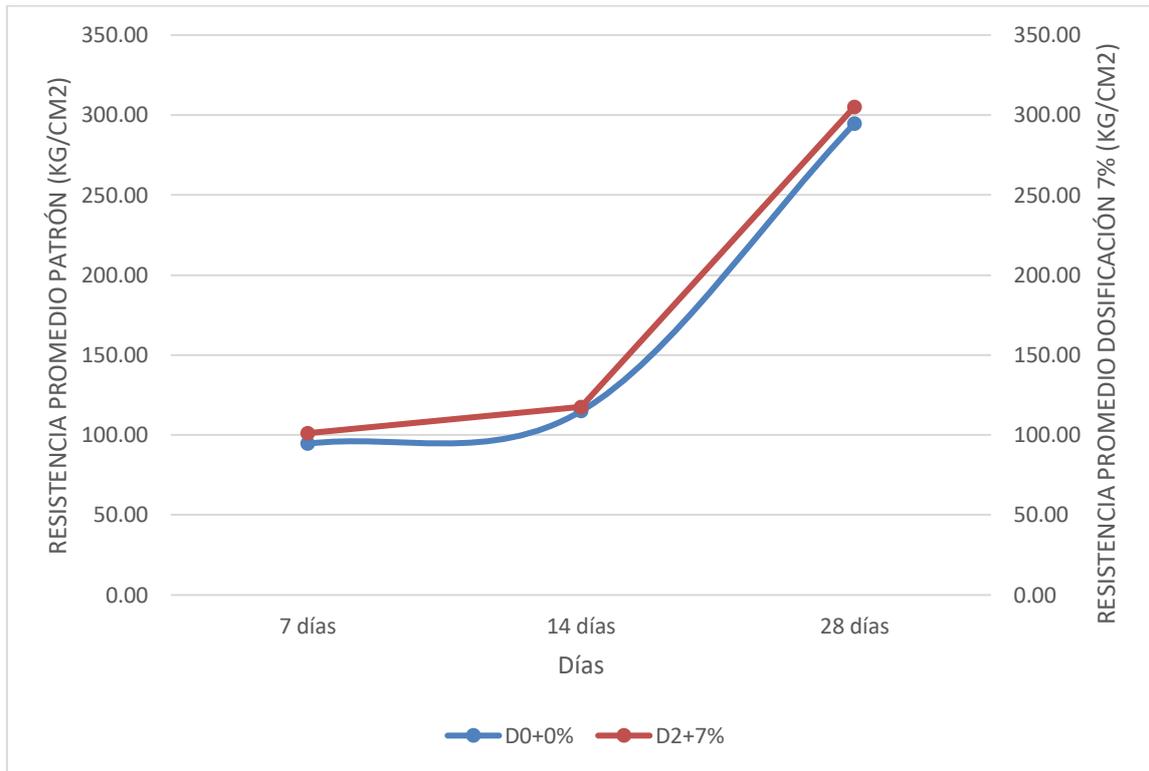
**Grafico 6:** Comparación del D0+0% vs D1+5% a los 7, 14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 6 podemos observar una diferencia de la resistencia a la compresión promedio entre punto de control y la dosificación D1+5% no presentan una diferencia significativa, por lo cual no genera una relevancia importante; por lo tanto, la perlita y sílice no influye de ninguna forma en la dosificación de mezcla.

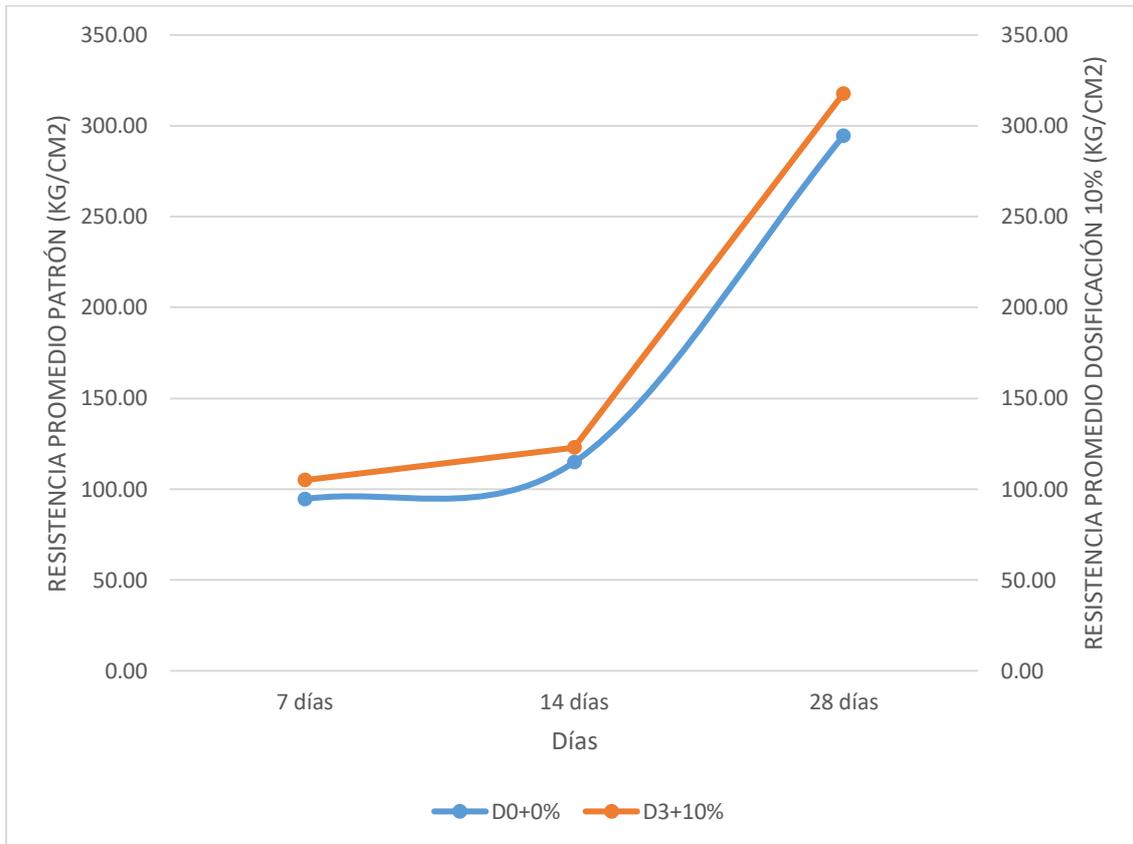
**Gráfico 7:** Comparación del D0+0% vs D2+7% a los 7, 14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar en el Gráfico 7 que nuestra dosificación D2+7% presenta un ligero incremento en la propiedad mecánica del concreto que es resistencia a compresión siendo comparado con la muestra patrón, donde podemos denotar la influencia positiva de la perlita y sílice en el diseño de mezcla, podemos denotar que la perlita y sílice interviene en la propiedad de nuestro diseño de mezcla el cual es conocido como resistencia a compresión.

**Gráfico 8:** Comparación del D0+0% vs D3+10% a los 7, 14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 8 podemos observar la influencia positiva que tiene la perlita y sílice en hormigón, por lo que se logra observar un incremento en la resistencia donde se someten cargas a compresión, la dosificación D3+10% presenta un aumento significativo a comparación de nuestra muestra patrón; donde se denota que la incorporación de perlita y sílice tienen un efecto en el incremento de esta propiedad antes mencionada del hormigón en su estado endurecido.

Por otro lado, se realizó la prueba de asentamiento a través del cono de abrams en 3 ocasiones por cada dosificación de mezcla para establecer un asentamiento promedio, recordando que según ACI 211.1 establece que para nuestro diseño le corresponde un slump entre 3" a 4".

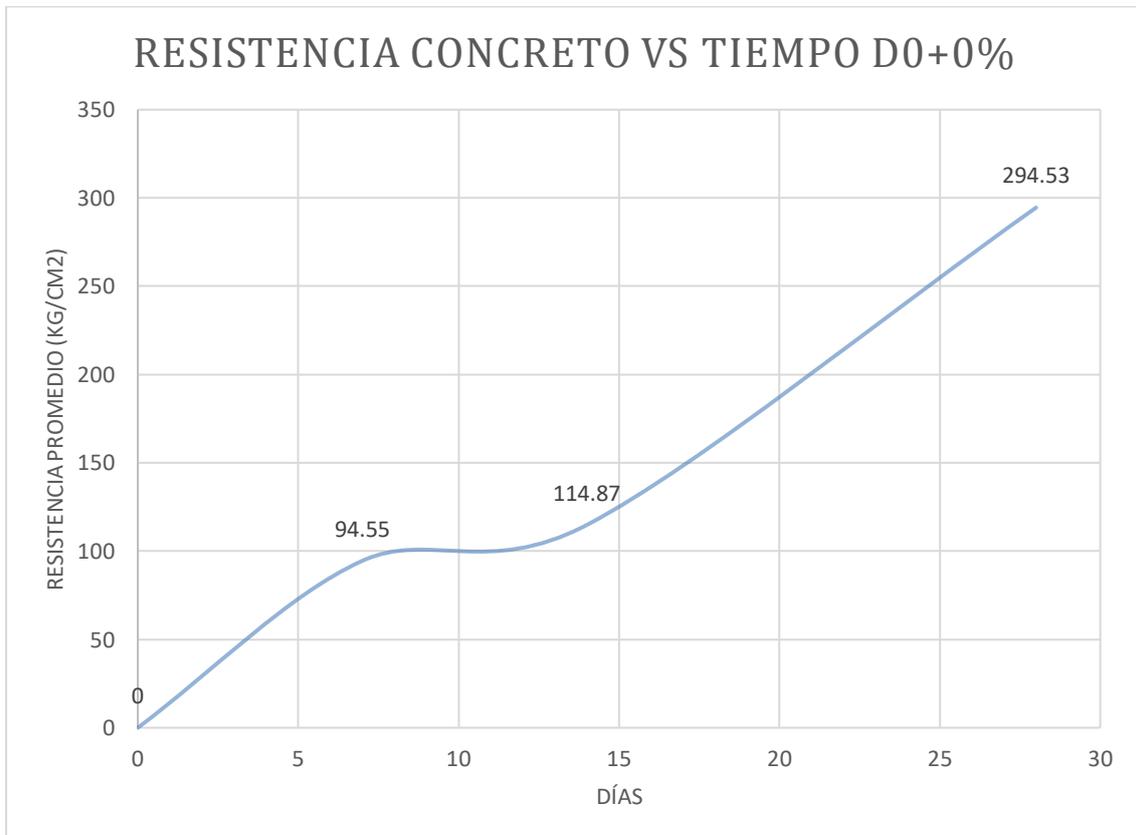
**Tabla 28:** Ensayos de asentamiento para las 4 dosificaciones de mezcla.

DOSIFICACIÓN	NUMERO DE ENSAYOS			
	I (pulg)	II (pulg)	III (pulg)	PROMEDIO (pulg)
D0+0%	3.2	3.5	4.2	3.63
D1+5%	3.5	3.4	3.8	3.57
D2+7%	3.3	3.1	2.8	3.07
D3+10%	2.8	2.4	2.7	2.63

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se realizó la evaluación del concreto por cada dosificación realizando una gráfica de resistencia vs tiempo, para dar respuesta a nuestro **objetivo general, determinar la influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto f'c210 kg/cm2**

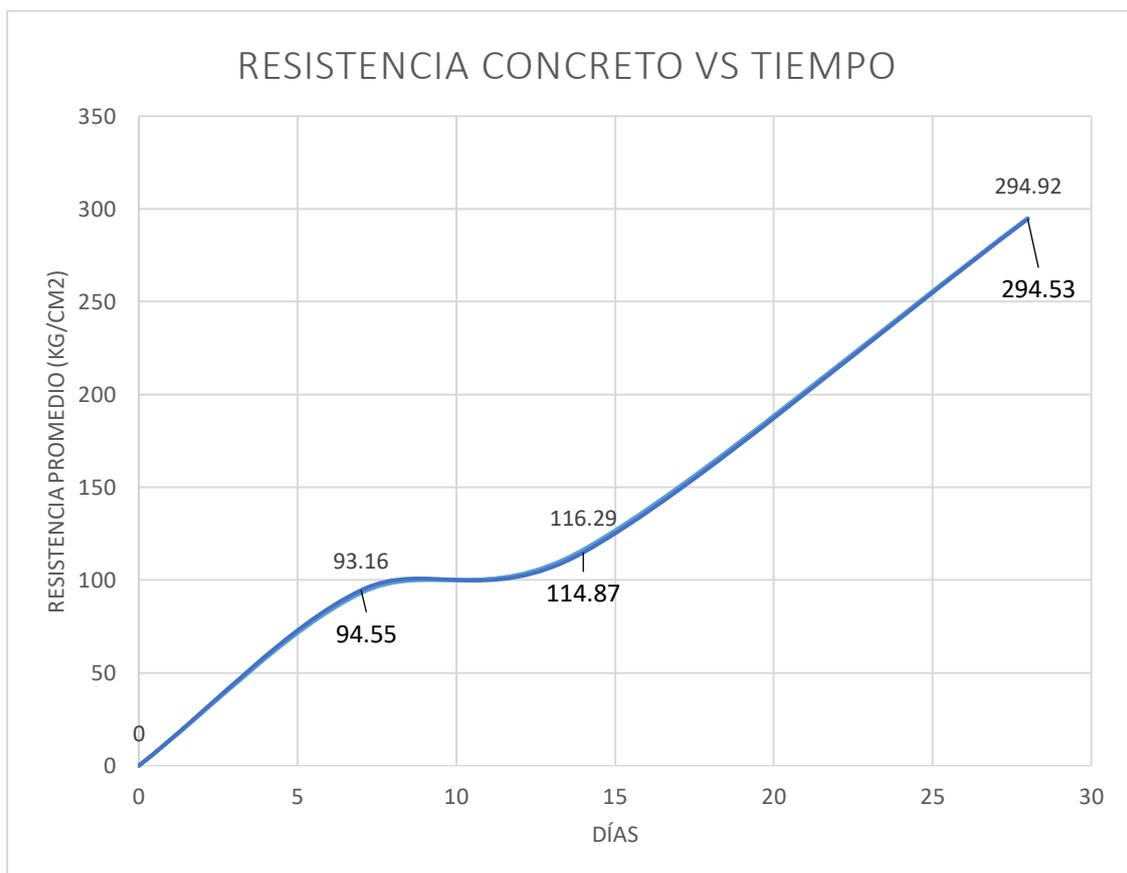
**Gráfico 9:** Resistencia del Concreto vs Tiempo D0+0%



Fuente: Elaboración propia

Logramos observar en el gráfico 9 la evolución del hormigón en cuanto a resistencia a compresión, donde esta muestra patrón que nos servirá para realizar la comparación de las diferentes dosificaciones antes mencionadas, los ensayos realizados nos estableció una resistencia a compresión promedio de 294.53 kg/cm<sup>3</sup>, esta resistencia nos sirvió como una resistencia control para verificar la influencia de la perlita y sílice en las diferentes dosificaciones ya antes mencionadas y denotadas como D1+5%, D2+7% y D3+10%.

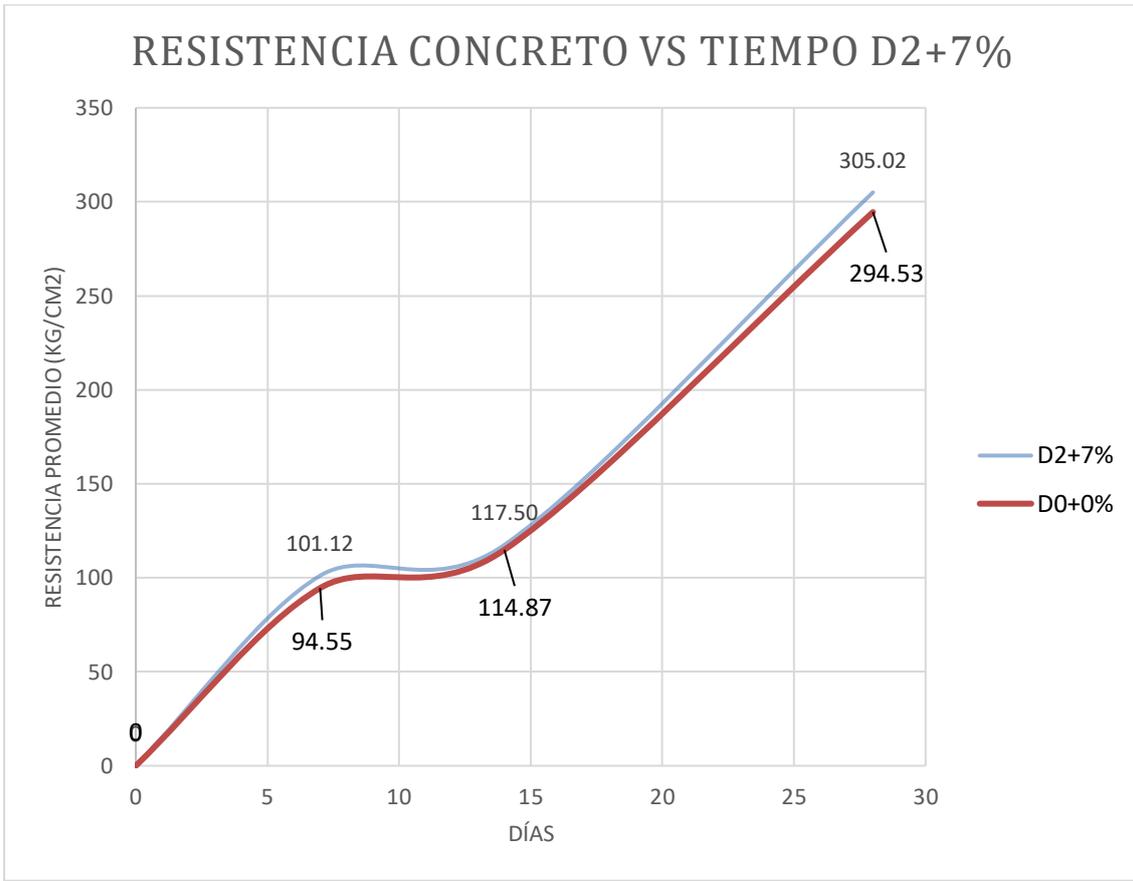
**Gráfico 10:** Resistencia del Concreto vs Tiempo D1+5% y D0+0%



Fuente: Elaboración propia

Pudimos notar en el gráfico 10 que haciendo una comparación de la D0+0% (muestra patrón) con la D1+5% solo existe una diferencia irrelevante, la cual solo alcanza 294.92 kg/cm<sup>3</sup> de resistencia a la compresión, la cual es muy parecida a la cantidad obtenida en la muestra patrón de 294.53 kg/cm<sup>3</sup>.

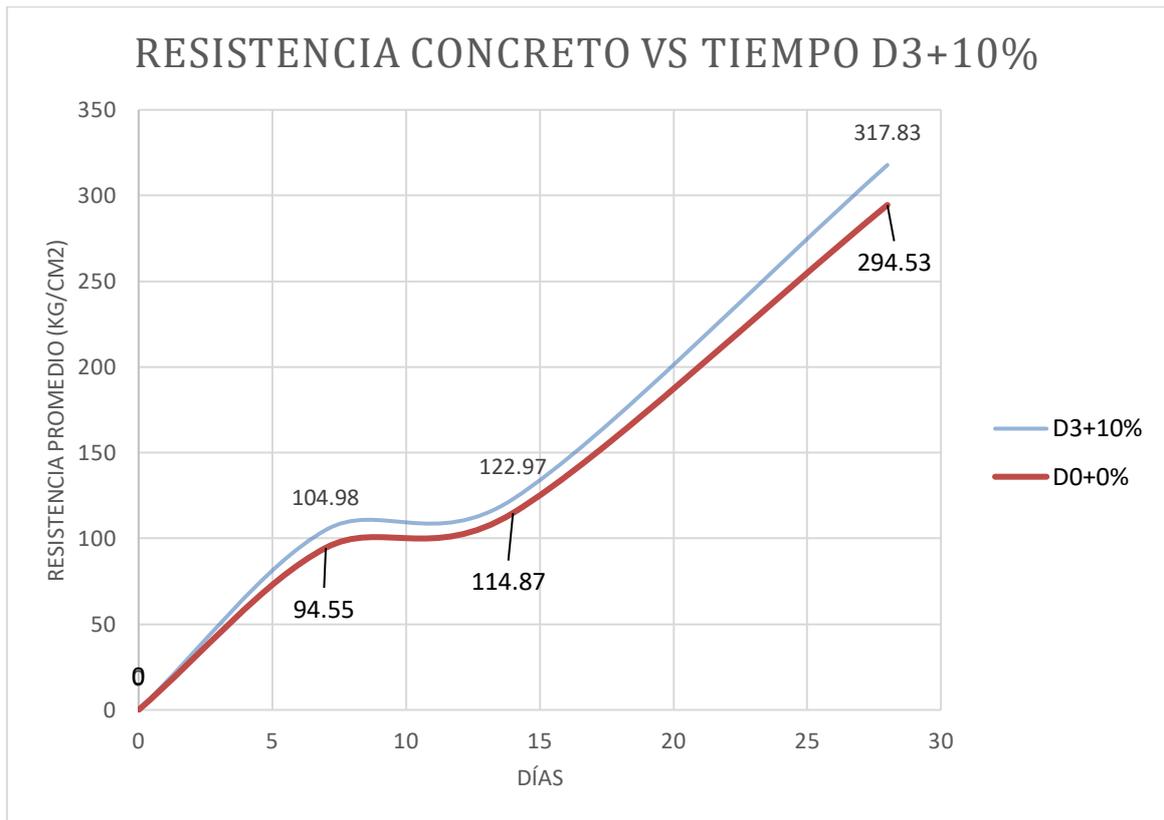
**Grafico 11:** Resistencia del Concreto vs Tiempo D2+7% y D0+0%



Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con el gráfico 11, podemos observar un aumento de la resistencia en la dosificación donde la perlita y sílice sustituye en un 7% al cemento, logrando obtener 305 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia promedio a los 28 días de vida del concreto; donde podemos establecer un aumento del 3.6% de la resistencia promedio patrón.

**Grafico 12:** Resistencia del Concreto vs Tiempo D3+10% y D0+0%



Fuente: Elaboración propia

Por ultimo en el gráfico 12, según los resultados obtenidos en laboratorio podemos denotar un incremento positivo de 7.9% en la D3+10% a comparación de nuestra dosificación patrón D0+0% en cuanto a resistencia a compresión, donde la D3+10% adquirió un valor de 317.83 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a la compresión mientras que la D0+0% logró alcanzar 294.5 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia.

### **Evaluación estadística para la validez, confiabilidad y significancia de los resultados de Resistencia a la Compresión a los 28 días.**

Para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos en laboratorio se utilizará la prueba ANOVA, la cual se encargará de analizar las varianzas y comprobar la existencia de 4 supuestos en las muestras ensayadas, las cuales detallare a continuación:

- Homogeneidad
- Equivalencia
- Independencia

Procederemos a establecer las hipótesis a analizar en la resistencia a la compresión:

Ho= No existen variaciones significativas en la incorporación de Perlita y Sílice con respecto a la resistencia del concreto

H1= Existe variaciones significativas en la incorporación de Perlita y Sílice con respecto a la resistencia del concreto

El análisis se realizó al 95% de confiabilidad.

## Prueba de Normalidad

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Dosificación	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión a los 28 días	D0+0%	,309	3	.	,900	3	,384
	D1+5%	,291	3	.	,925	3	,470
	D2+7%	,256	3	.	,962	3	,626
	D3+10%	,205	3	.	,993	3	,842

a. Corrección de significación de Lilliefors

La presente prueba de normalidad Kolmogorov-Smimov y Shapiro Wilk detalla y nos muestra que existe un cumplimiento de normalidad de los siguientes datos:

- Rango Estadístico: 0.205 a 0.309
- Grado de Libertad: 3
- P (significancia): > 0.05

Podemos observar que logramos cumplir el supuesto de normalidad para las diferentes muestras que fueron ensayadas. Debido a que ningún otro grupo cumple con los supuestos de normalidad, por lo tanto, se acepta el supuesto de normalidad de los datos de ensayo a compresión.

## Homogeneidad de varianzas

### Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a la compresión a los 28 días	Se basa en la media	,760	3	8	,547
	Se basa en la mediana	,158	3	8	,922
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,158	3	5,351	,920
	Se basa en la media recortada	,694	3	8	,581

La presente prueba aplicada por Levene de homogeneidad de varianzas detalla y podemos observar que existen el cumplimiento del supuesto de normalidad con los datos que detallo a continuación:

- El grado de libertad 1: 3 grado de libertad para la varianza entre grupos
- El grado de libertad 2: 8
- P (Significancia):  $>0.05$

Logramos observar que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las muestras ensayadas.

### Equivalencia de grupos:

Se verifica que se cumple con el supuesto de equivalencia de grupos debido a la cantidad de muestras sujetas a compresión, 3 ensayos de resistencia por cada tipo de dosificación de Perlita y Sílice.

### Independencia de observaciones:

Se logra verificar que cumplimos con el supuesto de independencia de observaciones, a causa de las diferentes sustituciones de Perlita y Sílice aplicadas a la dosificación del concreto que le brinda características diferentes.

### Aplicación de ANOVA de un factor para verificación de hipótesis.

En este proceso logramos verificar y comprobar o en otro caso se rechazará la hipótesis planteada para el análisis del ensayo. De igual forma, se establecerá si existen diferencias en la resistencia del concreto en los resultados obtenidos en laboratorio de acuerdo a las diferentes aplicaciones planteadas.

## ANOVA

Resistencia a la compresión a los 28 días

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1083,081	3	361,027	35,213	,000
Dentro de grupos	82,022	8	10,253		
Total	1165,103	11			

F= 35.213

P=.000 < 0.5 indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de trabajo

Se rechaza la hipótesis nula por lo tanto se acepta la hipótesis alterna; por lo cual, existe variaciones significaciones en la sustitución parcial del cemento por Perlita y Silice con respecto a la resistencia a compresión del concreto.

### Pruebas Post Hoc

Por penúltima prueba se realiza el análisis por el método ANOVA para lograr identificar entre que grupos se observan diferencias significativas respecto al concreto que nos sirvió de control y los concretos que fueron diseñados con 3 diferentes dosificaciones que incluyen la aplicación de Perlita y Silice.

Debido a la homogeneidad de varianzas de las muestras se aplicó la prueba Turkey.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Resistencia

(I)	Dosificación	% de Diferencia		Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		Perlita y Silice	de medias (I-J)			Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	D0+0%	5%	-.39000	2.61442	,999	-8.7623	7.9823
		7%	-10.49333*	2.61442	,016	-18.8656	-2.1210
		10%	-23.30000*	2.61442	,000	-31.6723	-14.9277
	D1+5%	0%	.39000	2.61442	,999	-7.9823	8.7623
		7%	-10.10333*	2.61442	,020	-18.4756	-1.7310
		10%	-22.91000*	2.61442	,000	-31.2823	-14.5377
	D2+7%	0%	10.49333*	2.61442	,016	2.1210	18.8656
		5%	10.10333*	2.61442	,020	1.7310	18.4756
		10%	-12.80667*	2.61442	,005	-21.1790	-4.4344
D3+10%	0%	23.30000*	2.61442	,000	14.9277	31.6723	

		5%	22.91000*	2.61442	,000	14.5377	31.2823
		7%	12.80667*	2.61442	,005	4.4344	21.1790
DMS	D0+0%	5%	-.39000	2.61442	,885	-6.4189	5.6389
		7%	-10.49333*	2.61442	,004	-16.5222	-4.4645
		10%	-23.30000*	2.61442	,000	-29.3289	-17.2711
	D1+5%	0%	.39000	2.61442	,885	-5.6389	6.4189
		7%	-10.10333*	2.61442	,005	-16.1322	-4.0745
		10%	-22.91000*	2.61442	,000	-28.9389	-16.8811
	D2+7%	0%	10.49333*	2.61442	,004	4.4645	16.5222
		5%	10.10333*	2.61442	,005	4.0745	16.1322
		10%	-12.80667*	2.61442	,001	-18.8355	-6.7778
	D3+10%	0%	23.30000*	2.61442	,000	17.2711	29.3289
		5%	22.91000*	2.61442	,000	16.8811	28.9389
		7%	12.80667*	2.61442	,001	6.7778	18.8355

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Por lo tanto, según la prueba post hoc HSH Tukey se logra observar que existen diferencias significativas entre todos los elementos que tienen una significancia de  $p < 0.05$ . Entonces, podemos establecer que existe una diferencia significativa entre los diferentes tipos de concreto ensayados.

### Subconjuntos homogéneos

#### Resistencia a la compresión a los 28 días

HSD Tukey <sup>a</sup>	Dosificación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
	D0+0%	3	294.5300		
	D1+5%	3	294.9200		
	D2+7%	3		305.0233	
	D3+10%	3			317.8300
	Sig.		,999	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se observa que la mayor relevancia de las 3 diferentes dosificaciones con respecto al concreto patrón se obtienen de la dosificación D3+10% que comprende en sustituir el cemento del diseño en un 10% por Perlita y Sílice en un 60% y 40% respectivamente.

## V. DISCUSIÓN

En la investigación de **Caballero (2019)** hace mención sobre los estándares necesarios para cumplir con la normativa ACI, los ensayos realizados a sus agregados cumplen con la norma, ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos llevando consigo obtener un concreto con una calidad óptima. Por otro lado, podemos denotar que dentro de nuestra investigación, al realizar la prueba de granulometría del agregado fino con un objetivo, donde adquirimos el módulo de fineza, dato importante y necesario para el diseño de mezcla; logramos determinar que el agregado fino a utilizar presenta un valor de 2.69 de módulo de fineza, según la **Norma Técnica Peruana 400.011** establece un rango permisible del módulo de finura, el cual se encuentra dentro de los valores 2.3 a 3.1, por lo tanto, el agregado fino que utilizamos en nuestra producción de concreto es el adecuado. Por otro lado, al realizar la granulometría se logró cumplir con lo establecido en la **Norma Técnica Peruana 400.012**, donde detalla que el % retenido en la malla de 1 1/2" no debe de exceder al 5% del peso total de la muestra; de estos resultados obtuvimos que el agregado grueso presenta un tamaño máximo nominal de 3/4", este resultado nos indica que se logra cumplir con los parámetros determinados por la **Norma Técnica Peruana 400.012**.

Por consiguiente, para obtener el peso unitario compactado y suelto tanto de nuestro agregado fino como el agregado grueso, se realizó los pasos y/o procedimientos que se encuentran dentro de la **Norma Técnica Peruana 400.017**, al cual luego de recopilar los resultados podemos determinar que el peso unitario del agregado grueso seco compactado fue 1996.58 kg/cm<sup>3</sup>, el cual fue utilizado en la elaboración del diseño de mezcla.

En la investigación de **Joya (2020)** el autor en la búsqueda de identificar de qué manera influye la sílice al hormigón, se logró obtener de los resultados de laboratorio que la adición de la sílice tiene un efecto positivo en el concreto, ya que este hace mención que mejora las propiedades mecánicas del concreto tanto en su estado endurecido como fresco; por otro lado, en la presente investigación se llegó a la conclusión que la sustitución parcial del cemento por perlita y sílice influye de manera positiva en cuanto a la resistencia a la compresión, sin embargo, luego de realizar los ensayos de laboratorio del concreto en su estado fresco se logra observar una disminución en la plasticidad

y trabajabilidad del concreto, este factor aumenta cada vez que se va sustituyendo el cemento en mayor cantidad por el compuesto antes mencionado. Según los datos recopilados de la prueba de resistencia a la compresión en los especímenes que tienen un tiempo de curado de 28 días, se puede determinar que la incorporación de perlita y sílice en la elaboración del hormigón tiene una influencia positiva. Por otro lado, según el artículo científico de los autores **Artigas et al. (2021)** alcanzaron resultados donde establecen que la sustitución parcial de 10% del cemento por finos de perlita, es un material que logra obtener una influencia objetiva en el hormigón; de tal manera que se utilizó como referencia que la perlita influye de manera positiva hasta cierto porcentaje de sustitución.

Por otro lado, al realizar los ensayos de asentamiento cuyo procedimiento se encuentra normado por **Norma Técnica Peruana 339.035**, se logró observar que, a mayor porcentaje de adición de sílice y perlita, reduce la trabajabilidad del cemento considerable ya que el concreto patrón presentó un slump promedio de 3.63", mientras que para la D3+10% obtuvo un slump promedio de 2.63", teniendo una reducción del 27.5% con respecto al concreto patrón. Donde según la **Norma ACI 211.1** establece que tiene una consistencia poco trabajable, la cual se estipula en la Figura 2; con respecto a la D2+7% según los datos recopilados del ensayo de slump en laboratorio se observó que esta dosificación tiene un slump promedio de 3.07", por lo tanto, según la Figura 2 de la **Norma ACI 211.1**, el concreto tiene una consistencia trabajable ya que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

CLASIFICACION DE CONSTENCIA			
Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0-2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3-4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida o Húmeda	5 a mas	Muy trabajable	Chuseado

*Figura 2.* Clasificación de consistencia

Fuente: ACI 211.1

En el artículo científico de **Artigas et al. (2021)** en la búsqueda de analizar la influencia de finos de perlita en hormigones, los autores logran identificar luego de realizar los ensayos a compresión de las muestras descritas en el artículo, que se llegó a analizar hasta la sustitución parcial en 10% del cemento causando

una mejora en la resistencia a la compresión de los hormigones, por lo tanto, establecen que es viable la adición de la perlita en hormigones y puede ser utilizado como un aditivo activo en la mezcla. Por otro lado, en la presente investigación luego de evaluar los resultados de laboratorio de la sustitución parcial del cemento en 5%, 7% y 10% en la mezcla, se logró observar que existe una influencia positiva en las dosificaciones que se reemplazaron parcialmente en 7% y 10%, ya que aumenta significativamente la resistencia a compresión del concreto.

## VI. CONCLUSIONES

**Respondiendo al objetivo principal**, luego de haber recopilado los resultados obtenidos al realizar la prueba de compresión a las especímenes de hormigón de 4 diferentes dosificaciones de mezcla con un tiempo de curado de 28 días, se logra observar una mejora considerable en la resistencia de las probetas que fueron elaboradas con la sustitución parcial del cemento en un 7% y 10% del compuesto de perlita y sílice, logrando alcanzar las resistencias de  $f'c= 305.02\text{kg/cm}^2$  y  $f'c= 317.83\text{kg/cm}^2$  respectivamente, las cuales fueron comparadas con probetas patrón que fueron diseñadas y elaboradas para  $f'c= 210\text{ kg/cm}^2$  con un factor de seguridad que logra alcanzar una resistencia de  $f'c= 295\text{ kg/cm}^2$  utilizando el procedimiento establecido por la norma ACI 211.11; por lo tanto la influencia del compuesto de perlita y sílice es relevante y ayuda a mejorar la resistencia a compresión del concreto, de tal manera que la adición de este compuesto puede ser utilizada como una adición activa.

**Respondiendo al primer objetivo específico** se ejecutó las pruebas de laboratorio con el fin de determinar las propiedades mecánicas de los elementos que interfieren en la mezcla conocidos como agregado fino y grueso, los cuales son establecidos por la Norma Técnica Peruana y según los resultados obtenidos se determinó que los agregados a utilizar se encuentran dentro de los parámetros permitidos y seguidamente realizamos el diseño de mezcla según el método ACI, donde llegamos a establecer un diseño patrón de 1 : 1.55 : 3.33 : 0.58 de Cemento, Agregado Fino, Agregado Grueso y Agua respectivamente.

**Respondiendo al segundo objetivo específico** luego de haber realizado los ensayos a compresión de las probetas elaboradas en laboratorio con un tiempo de curado de 28 días, se logra determinar que el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por el compuesto de perlita y sílice en 60% y 40% respectivamente; es de 10% ya que según los resultados obtenidos en laboratorio en la dosificación D3+10% logra alcanzar una resistencia promedio de  $f'c= 317.83\text{ kg/cm}^3$ , siendo esta la mayor de las 3 dosificaciones diferentes, logrando aumentar en 7.9% a comparación de la dosificación patrón.

**Respondiendo al tercer objetivo específico** luego de recaudar todos los resultados obtenidos en laboratorio se puede determinar que la D1+5% no es relevante para la resistencia compresión por lo tanto no influye de manera positiva a la dosificación del concreto, por otro lado podemos evaluar la

comparación de las dosificaciones D2+7% y D3+10% con la dosificación patrón D0+0% , donde existe un aumento de la resistencia a compresión por lo tanto el compuesto de perlita y sílice influye de manera positiva en la dosificación del concreto realizado bajo las indicaciones establecidas por el método ACI. Por otro lado, luego de realizar los ensayos de asentamiento se logró observar que la trabajabilidad del concreto se reduce al incrementar los porcentajes de sustitución del cemento por perlita y sílice, donde el diseño D1+5% reduce el slump en 1.8%, el diseño D2+7% disminuye el slump en 15.6% y el diseño D3+10% tiene una reducción de slump en 27.5%, siendo estos comparados con la D0+0% que es el diseño de control.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones se puede recomendar que al momento de realizar los ensayos de compresión se hagan en probetas que tengan una edad de curado mayor a los 56 días, ya que al tener una edad mayor la resistencia tiende a incrementarse.

Se recomienda para futuras investigaciones que busquen incorporar la perlita y sílice en un concreto con un reemplazo parcial del cemento, tener en consideración realizar una evaluación de absorción de la perlita para añadir un porcentaje extra de agua en el diseño de mezcla, considerar que la perlita tiende a tener la propiedad de absorción del agua, causando que disminuya la plasticidad en la mezcla.

Se recomienda hacer una evaluación de la influencia de la perlita y sílice en concretos de alta resistencia para poder establecer hasta que porcentaje puede ser reemplazado el cemento en la elaboración de un concreto sin afectar la resistencia a compresión.

Por consiguiente, se recomienda hacer una evaluación en concretos que tengan una mayor incorporación de perlita y sílice en sustitución del cemento, ya que en la actual investigación tuvimos como delimitación realizar una evaluación hasta un 10%; para poder identificar si sustituir más del 10% de cemento por perlita y sílice, influye de manera positiva adquiriendo mayor resistencia a la compresión o si este tiende a disminuir la resistencia influenciando de manera negativa al concreto.

Se recomienda evaluar el comportamiento del concreto debido a la influencia de perlita y sílice en diferentes localidades que tengan otras condiciones climáticas a diferencia de la ciudad de Arequipa.

## REFERENCIAS

- AMUDHAVALLI, N. MATHEW, J. Effect of silica fume on strength and durability parameters of concrete. India: Anna University, Department of Civil Engg., 2012, 8 pp.
- ARREOLA, Mauricio. Actividad puzolánica de materiales (sustitutos parciales del cemento), para mejorar la durabilidad de morteros para reparación y/o construcción de estructuras de concreto. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, facultad de ingeniería civil, 2013, 206 pp.
- ARTIGAS, Verónica et al. Influencia de finos de perlita en hormigones. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, 2021, 16 pp.
- BELTRÁN, Karen y CCAMA, Franco. Análisis comparativo de concreto adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, facultad de ingeniería civil, 2017, 281 pp.
- BOJÓRQUEZ, Gonzalo, LUNA, Aníbal y GALLEGOS, Ricardo. Sílice y lodo de papel, uso de residuos industriales como agregados en un concreto ligero. California: Universidad Autónoma de Baja California, facultad de arquitectura, 2000, 7 pp.
- BOMBÓN, Claudio y ROSERO, Bagner. Estudio de la incorporación de nano sílice en concreto de alto desempeño (HPC). Quito: Universidad central del Ecuador, facultad de ingeniería y ciencias aplicadas, 2021, 223 pp.
- CABALLERO, Pamela. Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de Añashuayco de Arequipa. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, facultad de ingeniería civil, 2019, 204 pp.
- CAMAC, Jesus. Influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice en la resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Huancayo: Universidad Peruana los Andes, facultad de ingeniería, 2018, 246 pp.
- CARRASCO, Diego y FERNANDEZ German. Influencia del nano-sílice en las propiedades de un concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  para obtener un concreto de alta resistencia. Lima: Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería, 2019, 248 pp.
- CASTILLO, Carlos. Modificación de las propiedades de matrices cementantes

mediante la adición de nanopartículas de sílice. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, facultad de ingeniería mecánica y eléctrica, 2015, 155 pp.

CASTILLO et al. Propiedades mecánicas del concreto elaborado con adición de vidrio molido y cuarcita. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, facultad de ingeniería civil, 2019, 217 pp.

CHAN, J., SOLÍS, R. y MORENO, Eric. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. México: Universidad Autónoma de Yucatán, facultad de ingeniería, 2003, 9 pp.

GAMBOA, Jonathan. Evaluación de la mejora técnica y económica del concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando humo de sílice, Lima – 2020. Lima: Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería y arquitectura, 2020, 122 pp.

GANESH, Babu y SURYA, Prakash. Efficiency of silica fume in concrete. Madras: Indian institute of technology, ocean engineering centre, 1995, 11 pp.

GARCÍA, Alfonso. Mejoramiento del concreto con adición de viruta de acero a porcentajes de 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional, facultad de ingeniería civil, 2008, 77 pp.

HERNÁNDEZ et al. Metodología de la investigación. 5° ed. México: Mc Graw-Hill, 2010, 634 pp. ISBN: 978-60715-0291-9

JOYA, Ronald. Influencia de la sílice de la roca pórfido en la evaluación del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>, Distrito de Mala – 2020. Lima: Universidad César Vallejo, facultad de ingeniería y arquitectura, 2020, 108 pp.

KOSMATKA, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. Diseño y control de mezclas de concreto. Illinois: boletín de ingeniería, 2004, 537 pp.

LEFEVRE, Rosa y VILLAR. Damian. Resistencia de materiales. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, departamento de construcciones, 2015, 44 pp.

LOAYZA, K. Influencia del nanosílice en el concreto con agregado redondeado. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, departamento de ingeniería civil, 2017, 145 pp.

LEÓN, N., MASSAN, J., MORAGUES, A., SANCHEZ, E. Influencia de la adición de nanosílice, microsílice y mezcla de ambas en un homigón autocompactante sometido a ciclos de hielo-deshielo y carbonatación. España: CONPAT, 2015,

147 pp.

MAIZA, P. y MARFIL, S. Evolución de los pavimentos de concreto afectados por la reacción álcali – sílice (RAS) en la ciudad de Bahía Blanca. Buenos Aires: Universidad de Concepción, departamento de ciencias de la tierra, 2003, 8 pp.

MARTÍNEZ, L. Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas de cementos portland. Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, 2016, 90 pp.

MAZLOOM, M., RAMEZANIANPOUR, A. y BROOKS, J. Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete. Iran: Shahid Rajaei University, department of civil engineering, 2004, 11 pp.

MOHAMMAD, Iqbal y RAFAT, Siddique. Utilization of silica fume in concrete: Review of durability properties. Saudi Arabia: King Saud University, department of civil engineering, 2011, 6 pp.

MOLINA, Fredy y CHARA, Helmut. Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, facultad de ingeniería civil, 2017, 227 pp.

MUÑOZ, Sócrates et al. Uso del aditivo mineral como modificador de las propiedades mecánicas en el concreto: una revisión. Perú: Revista Métodos y Materiales por Lanamme UCR, 2021, 11 pp.

Normas Técnicas Peruanas: NTP 400.012, NTP 400.037, NTP 400.037, NTP 339.185, NTP 400.021, NTP 400.017, NTP 400.019, NTP 400.00, NTP 400.022, NTP 339.036, NTP339.183, NTP 339.035, NTP 339.035, NTP 339.083, NTP339.034, NTP 339.084.

PAPADAKIS, Vagelis. Experimental investigation and theoretical modeling of sílice fume activity in concrete. Denmark: Danish Technological Institute, 1998, 8 pp.

PASQUEL, Enrique. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Moquegua: Colegio de Ingenieros del Perú, 1993, 399 pp.

ROBAYO, R., MATTEY, P. y DELVASTO, S. Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. Colombia: Universidad del Valle, facultad de ingeniería de materiales, 2013, 13 pp.

SAAD, M. et al. Effect of temperatura on physical and mechanical properties of concrete containing sílice fume. Egypt: Ain Shams University, Faculty of Science, 1996, 7 pp.

SAFWAN, A. y MOHAMED, Nagib. Characteristics of sílice-fume concrete. Cairo: American university in Cairo, 2014, 19 pp.

SALGADO, C. Estudio de la actividad puzolánica de micro/nanosílice y su aplicación en hormigones de altas resistencias. España: Universidad Politécnica de Catalunya.

SEQUEIRA, Valeria. Evaluación de la influencia de materiales cementantes suplementarios en las propiedades de una mezcla de concreto. Guatemala: Universidad del valle de Guatemala, facultad de ingeniería, 2021, 259 pp.

SIDDIQUE, Rafat. Utilization of silica fume in concrete: review of hardened properties. India: Thapar university, 2011, 10 pp.

SOLARTE, Seguei et al. Efecto del modo de obtención de la sílice amorfa a partir de la cascarilla de arroz en las propiedades de durabilidad del concreto armado. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2007, 5 pp.

TERREROS, Luis y CARVAJAL, Iván. Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. Colombia: Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería, 2016, 84 pp.

WILD, S., SABIR, B. y KHATIB J. Factors influencing strenght development of concrete containing silica fume. Pontypridd: University of Glamorgan, centre for research in the build environment, 1995, 14 pp.

YAJUN, J. y CAHYADI, J. Simulation of silica fume blended cement hydration. Singapore: Nanyang Technological University, School of Civil and Environmental Engineering, 2004, 8 pp.

# **ANEXOS**

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	PERLITA Y SILICE	La perlita es un material amorfo que contiene entre 2 y 5% de agua atrapada, la cual proviene de una roca volcánica vítrea, también conocida como silicato de aluminio. Landis et al., (1990).	En este estudio se sustituirá un porcentaje del cemento por perlita y sílice en el diseño de mezcla, ajustando la dosis en cada mezcla para determinar su resistencia a la compresión.	Dosificación	5%	Razón
					7%	
					10%	
VARIABLE DEPENDIENTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	El principal criterio para determinar la calidad del concreto es su resistencia a la compresión, que se mide mediante ensayos sobre probetas cilíndricas o bicas preparadas en el momento del vaciado, o núcleos extraídos directamente del elemento estructural. J. Moreno & O. Troconis, (2019)	Este proyecto de investigación determinará la mejora de las propiedades mecánicas del concreto con la realización de ensayos mecánicos de resistencia a la compresión.	Propiedades mecánicas	Ensayo de asentamiento NTP 339.045 (pulg)	Razón
					Ensayo de resistencia la compresión NTP 339.034 (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Ensayo de peso unitario del concreto NTP 339.046 (kg/m <sup>3</sup> )	

## ANEXO N° 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿En qué medida influye la perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> ?	Determinar la influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup>	La adición del compuesto de perlita y sílice influye de manera objetiva a la resistencia al concreto de $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup>	VARIABLE INDEPENDIENTE: PERLITA Y SÍLICE	DOSIFICACIÓN	5%	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Diseño:</b> Experimental  <b>Población:</b> Indeterminada  <b>Muestra:</b> Juicio de investigador  <b>Instrumento de evaluación:</b> Ensayos según normas Fichas Técnicas
					7%	
					10%	
<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>	<b>ESPECIFICOS</b>	VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	PROPIEDADES MECÁNICAS	ASENTAMIENTO (pulg)	
¿Cuál es el diseño de mezcla para obtener una resistencia $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> empleando el método ACI?	Determinar un diseño de mezcla convencional para una resistencia de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , empleando el método ACI	El diseño de mezcla convencional para una resistencia $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> sirve como muestra patrón			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	
¿Cuál es el porcentaje óptimo de adición de perlita y sílice en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ?	Determinar el porcentaje óptimo de perlita y sílice en la resistencia a compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	La dosificación de perlita y sílice óptimo influye de manera significativa a la resistencia a compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .			PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	
¿De qué manera influye la incorporación de perlita y sílice en nuestro diseño de mezcla?	Evaluar de qué manera influye la adición de perlita y sílice en nuestro diseño con respecto a un diseño convencional $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup>	La adición de perlita y sílice influye de manera positiva en el diseño de mezcla de un concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>				

## ANEXO N° 2: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
<b>AUTOR</b>		: Nuñez Casilla Gustavo Elías										
<b>PROYECTO</b>		: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> , Arequipa.										
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN												
I. UBICACIÓN												
DEPARTAMENTO :						FECHA :						
PROVINCIA :						HORA :						
DISTRITO :												
II. ENSAYO												
DATOS					DIMENSIONES						RESISTENCIA	
PROBETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP. 1 (cm)	Ø SUP. 2 (cm)	Ø INF. 1 (cm)	Ø INF. 2 (cm)	Ø PROM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg-f)	F'c= CARGA/AREA (kg/cm <sup>2</sup> )
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
DATOS DEL ESPECIALISTA												
<b>Apellidos y Nombres :</b>										<b>FIRMA Y SELLO</b>		
<b>Especialidad :</b>												
<b>CIP N° :</b>												

### ANEXO N° 3: GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO Y GRUESO

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
AUTOR : Nuñez Casilla Gustavo Elias				
: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de				
PROYECTO un concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Arequipa.				
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN				
<b>I. UBICACIÓN</b>				
DEPARTAMENTO :			FECHA :	
PROVINCIA :			HORA :	
DISTRITO :				
<b>II. ENSAYO</b>				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
3/4"				
# 4				
Fondo				
Total				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
# 4				
# 8				
# 16				
# 30				
# 50				
# 100				
Fondo				
Total				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Descripción	N° de ensayo		Promedio	
	E1	E2		
Peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra + peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra (g)				
Volumen del recipiente (g)				
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )				
DATOS DEL ESPECIALISTA			Firma y Sello	
Apellidos y Nombres :				
Especialidad :				
C.I.P. N° :				

## ANEXO N° 4: PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO, ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y PESO UNITARIO DEL CONCRETO

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
AUTOR	: Nuñez Casilla Gustavo Elias		
	: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a		
PROYECTO	compresión de un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.		
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN			
<b>I. UBICACIÓN</b>			
DEPARTAMENTO :		FECHA :	
PROVINCIA :		HORA :	
DISTRITO :			
<b>II. ENSAYO</b>			
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO			
Descripción	N° de ensayo		Promedio
	E1	E2	
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra + peso del			
Peso de la muestra (g)			
Volumen del recipiente (g)			
Peso unitario suelto (kg/m3)			
ENSAYO DE ASENTAMIENTO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	SLUMP	VARIACIÓN %	
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	PESO UNITARIO (kg/m3)	VARIACIÓN %	
DATOS DEL ESPECIALISTA		Firma y Sello	
Apellidos y Nombres :			
Especialidad :			
C.I.P. N° :			

## ANEXO N° 5: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO YURA TIPO I



# CEMENTO PORTLAND TIPO I



El Cemento Portland YURA TIPO I, es elaborado con Clinker de Alta Calidad y Yeso, molidos industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. Cumple con la norma NTP 334.009 y la ASTM C150. Su fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001.

### 1 USOS Y APLICACIONES

El Cemento Portland YURA TIPO I, puede ser utilizado en todo tipo de construcción, que no requiera de propiedades especiales.

### 2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TÉCNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.0 - 4.0	6.00 Máximo
Trioóxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	1.8 - 2.5	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	0.1 - 2.5	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I. %	< 1.5	1.50 Máximo

REQUERIMIENTOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TÉCNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.10 - 3.15	-
Finura (Superficie específica - blaine), cm <sup>2</sup> /g	3000 - 3700	2600 mínimo
Expansión en autoclave, %	0.0 - 0.2	0.80 máximo
Tiempo de Fraguado Vicat Inicial, minutos	140 - 190	45 - 375
Contenido de aire del mortero, %	4 - 8	12.00 máximo
Resistencia a la compresión, Kgf/cm <sup>2</sup>		Mínimo
03 días	250 - 350	122
07 días	310 - 420	194
28 días	400 - 470	286

### 3 PRESENTACIONES DISPONIBLES

<b>BOLSA 42.5 KG</b>	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
<b>BIG BAG 1.0 TM</b>	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
<b>BIG BAG 1.5 TM</b>	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
<b>GRANEL</b>	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

### 4 ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones se recomienda:

- Almacenar bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corrientes de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas de altura en 2 pallet de altura.

### 5 RECOMENDACIÓN DE SEGURIDAD

- ▶ El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- ▶ En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- ▶ En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular



## ANEXO N°6: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



Arequipa, 25 de abril de 2022

**Ing. Carlos Augusto Olivares Zegarra**

Presente. –

ASUNTO : Solicito validación de instrumentos de tesis

Tengo el honor de dirigirme a usted para saludarle cordialmente y hacer de su conocimiento que soy estudiante del curso de titulación. Estoy desarrollando mi tesis para obtener el grado de ingeniero, por lo que recorro a su digna persona para solicitarle su opinión profesional para validar los instrumentos de la presente investigación y pueda ser aplicado para una buena recolección de datos. Por tal motivo, adjunto:

1. Matriz de consistencia de la investigación
2. Instrumentos: Fichas de recolección de datos
3. Informe de opinión de expertos

Agradezco por anticipado la aceptación de mi pedido, aprovecho la oportunidad para elevarle mi consideración y estima personal.



Gustavo E. Nuñez Casilla



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del profesional evaluador: Ing. Carlos Augusto Olivares Zegarra
- 1.2. Nombre del Instrumento:
- 1.3. Título de la Investigación: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

2.1. APRECIACIONES DEL EXPERTO:

Nº	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
01	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	<input checked="" type="checkbox"/> Si	No	
02	¿El instrumento responde a la variable de estudio?	<input checked="" type="checkbox"/> Si	No	
03	¿Existe coherencia entre las dimensiones y los indicadores?	<input checked="" type="checkbox"/> Si	No	
04	¿Los ítems de recolección de datos tienen relación con los objetivos?	<input checked="" type="checkbox"/> Si	No	
05	¿La cantidad de ítems para la recolección de datos es el adecuado?	<input checked="" type="checkbox"/> Si	No	
06	¿Se debe de eliminar algún ítem?	Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	

2.2. REQUISITOS PARA CONSIDERAR UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:

REQUISITOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENO 41-60%	MUY BUENO 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1. Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes					<input checked="" type="checkbox"/>
2. Validez, el instrumento realmente mide la variable que se busca medir					<input checked="" type="checkbox"/>

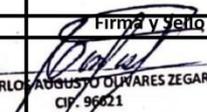
PROMEDIO DE VALORACIÓN = EXCELENTE

OPINIÓN DE APLICABILIDAD =

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA  
C.I. 96621

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
AUTOR : Nuñez Casilla Gustavo Elías				
: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un				
PROYECTO concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.				
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN				
<b>I. UBICACIÓN</b>				
DEPARTAMENTO :			FECHA :	
PROVINCIA :			HORA :	
DISTRITO :				
<b>II. ENSAYO</b>				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
3/4"				
# 4				
Fondo				
Total				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
# 4				
# 8				
# 16				
# 30				
# 50				
# 100				
Fondo				
Total				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Descripción	N° de ensayo		Promedio	
	E1	E2		
Peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra + peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra (g)				
Volumen del recipiente (g)				
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )				
DATOS DEL ESPECIALISTA			Firma y Sello	
Apellidos y Nombres : ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA			 ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA CIP. 96621	
Especialidad : INGENIERO CIVIL				
C.I.P. N° : CIP .9662				

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
AUTOR : Nuñez Casilla Gustavo Elias			
: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de			
PROYECTO un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.			
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN			
<b>I. UBICACIÓN</b>			
DEPARTAMENTO :		FECHA :	
PROVINCIA :		HORA :	
DISTRITO :			
<b>II. ENSAYO</b>			
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO			
Descripción	N° de ensayo		Promedio
	E1	E2	
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra + peso del			
Peso de la muestra (g)			
Volumen del recipiente (g)			
Peso unitario suelto (kg/m3)			
ENSAYO DE ASENTAMIENTO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	SLUMP	VARIACIÓN %	
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	PESO UNITARIO (kg/m3)	VARIACIÓN %	
DATOS DEL ESPECIALISTA		Firma y Sello	
Apellidos y Nombres : ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA		 ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA CIP. 96621	
Especialidad : INGENIERO CIVIL			
C.I.P. N° : CIP. 96621			

**FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

**I. UBICACIÓN**

DEPARTAMENTO :  
 PROVINCIA :  
 DISTRITO :

FECHA :  
 HORA :

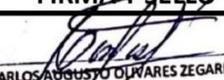
**II. ENSAYO**

DATOS					DIMENSIONES						RESISTENCIA	
PROBETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP. 1 (cm)	Ø SUP. 2 (cm)	Ø INF. 1 (cm)	Ø INF. 2 (cm)	Ø PROM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg-f)	F <sup>'c</sup> = CARGA/AREA (kg/cm <sup>2</sup> )
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

**DATOS DEL ESPECIALISTA**

Apellidos y Nombres : **ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA**  
 Especialidad : **INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° : **CIP. 96621**

**FIRMA Y SELLO**

  
 ING. CARLOS AUGUSTO OLIVARES ZEGARRA  
 CIP. 96621



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del profesional evaluador:
- 1.2. Nombre del Instrumento:
- 1.3. Título de la Investigación: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

2.1. APRECIACIONES DEL EXPERTO:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
01	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	<del>Si</del>	No	
02	¿El instrumento responde a la variable de estudio?	<del>Si</del>	No	
03	¿Existe coherencia entre las dimensiones y los indicadores?	<del>Si</del>	No	
04	¿Los ítems de recolección de datos tienen relación con los objetivos?	<del>Si</del>	No	
05	¿La cantidad de ítems para la recolección de datos es el adecuado?	<del>Si</del>	No	
06	¿Se debe de eliminar algún ítem?	<del>Si</del>	No	

2.2. REQUISITOS PARA CONSIDERAR UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:

REQUISITOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENO 41-60%	MUY BUENO 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1. Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes					X
2. Validez, el instrumento realmente mide la variable que se busca medir					X

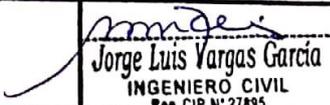
PROMEDIO DE VALORACIÓN =

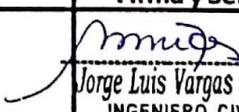
OPINIÓN DE APLICABILIDAD =

(X.) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(....) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

  
Jorge Luis Vargas García  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 27895

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
AUTOR : Nuñez Casilla Gustavo Elias				
: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de				
PROYECTO un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.				
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN				
<b>I. UBICACIÓN</b>				
DEPARTAMENTO :			FECHA :	
PROVINCIA :			HORA :	
DISTRITO :				
<b>II. ENSAYO</b>				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
3/4"				
# 4				
Fondo				
Total				
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
# 4				
# 8				
# 16				
# 30				
# 50				
# 100				
Fondo				
Total				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
Descripción	N° de ensayo		Promedio	
	E1	E2		
Peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra + peso del recipiente (g)				
Peso de la muestra (g)				
Volumen del recipiente (g)				
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )				
DATOS DEL ESPECIALISTA			Firma y Sello	
Apellidos y Nombres : Vargas García, Jorge Luis			 <b>Jorge Luis Vargas García</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 27895	
Especialidad : Ingeniero Civil				
C.I.P. N° : 27895				

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
AUTOR : Nuñez Casilla Gustavo Elias			
: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a			
PROYECTO compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.			
FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN			
I. UBICACIÓN			
DEPARTAMENTO :		FECHA :	
PROVINCIA :		HORA :	
DISTRITO :			
II. ENSAYO			
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO			
Descripción	N° de ensayo		Promedio
	E1	E2	
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra + peso del			
Peso de la muestra (g)			
Volumen del recipiente (g)			
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )			
ENSAYO DE ASENTAMIENTO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	SLUMP	VARIACIÓN %	
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO			
TIPO DE CONCRETO + % P.S.	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	VARIACIÓN %	
DATOS DEL ESPECIALISTA		Firma y Sello	
Apellidos y Nombres : Vargas Garcia, Jorge Luis		 Jorge Luis Vargas Garcia INGENIERO CIVIL <small>R.U.F. CIP N° 27895</small>	
Especialidad : Ingeniero civil			
C.I.P. N° : 27895			

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**AUTOR** : Nuñez Casilla Gustavo Elias  
 : Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210$   
**PROYECTO** : kg/cm<sup>2</sup>, Arequipa.

**FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

**I. UBICACIÓN**

**DEPARTAMENTO** :  
**PROVINCIA** : **FECHA** :  
**DISTRITO** : **HORA** :

**II. ENSAYO**

PROBETA	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	DIMENSIONES						RESISTENCIA	
					Ø SUP. 1 (cm)	Ø SUP. 2 (cm)	Ø INF. 1 (cm)	Ø INF. 2 (cm)	Ø PROM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg-f)	$f'c$ CARGA/AREA (kg/cm <sup>2</sup> )
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

**DATOS DEL ESPECIALISTA**

**Apellidos y Nombres** : Vargas Garcia, Jorge Luis  
**Especialidad** : Ingeniero Civil  
**CIP N°** : 27895

**FIRMA Y SELLO**

  
 Jorge Luis Vargas Garcia  
 INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 27895

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**AUTOR** : Nuñez Casilla Gustavo Elias  
 : Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210$   
**PROYECTO** : kg/cm<sup>2</sup>, Arequipa.

**FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

**I. UBICACIÓN**

DEPARTAMENTO :  
 PROVINCIA :  
 DISTRITO :  
 FECHA :  
 HORA :

**II. ENSAYO**

PROBETA	TIPO DE FALLA	DATOS			DIMENSIONES						RESISTENCIA	
		REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP. 1 (cm)	Ø SUP. 2 (cm)	Ø INF. 1 (cm)	Ø INF. 2 (cm)	Ø PROM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg-f)	F <sub>c</sub> CARGA/AREA A (kg/cm <sup>2</sup> )
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

**DATOS DEL ESPECIALISTA**

**Apellidos y Nombres** : Vargas Garcia, Jorge Luis  
**Especialidad** : Ingeniero Civil  
**CIP N°** : 27895

**FIRMA Y SELLO**

*Jorge Luis Vargas Garcia*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 27895

Arequipa, 25 de abril de 2022

**Ing. Angel Josue Arce Vega**

Presente. –

ASUNTO : Solicito validación de instrumentos de tesis

Tengo el honor de dirigirme a usted para saludarle cordialmente y hacer de su conocimiento que soy estudiante del curso de titulación. Estoy desarrollando mi tesis para obtener el grado de ingeniero, por lo que recorro a su digna persona para solicitarle su opinión profesional para validar los instrumentos de la presente investigación y pueda ser aplicado para una buena recolección de datos. Por tal motivo, adjunto:

1. Matriz de consistencia de la investigación
2. Instrumentos: Fichas de recolección de datos
3. Informe de opinión de expertos

Agradezco por anticipado la aceptación de mi pedido, aprovecho la oportunidad para elevarle mi consideración y estima personal.



---

Gustavo E. Nuñez Casilla



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del profesional evaluador: Ing. Carlos Augusto Olivares Zagarra
- 1.2. Nombre del Instrumento:
- 1.3. Título de la Investigación: Influencia de perlita y sílice para la evaluación de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Arequipa.

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

2.1. APRECIACIONES DEL EXPERTO:

N°	PREGUNTAS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
01	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	<del>Si</del>	No	
02	¿El instrumento responde a la variable de estudio?	<del>Si</del>	No	
03	¿Existe coherencia entre las dimensiones y los indicadores?	<del>Si</del>	No	
04	¿Los ítems de recolección de datos tienen relación con los objetivos?	<del>Si</del>	No	
05	¿La cantidad de ítems para la recolección de datos es el adecuado?	<del>Si</del>	No	
06	¿Se debe de eliminar algún ítem?	Si	<del>No</del>	

2.2. REQUISITOS PARA CONSIDERAR UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:

REQUISITOS	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENO 41-60%	MUY BUENO 61-80%	EXCELENTE 81-100%
1. Confiabilidad, el instrumento producirá resultados consistentes y coherentes					×
2. Validez, el instrumento realmente mide la variable que se busca medir					×

PROMEDIO DE VALORACIÓN = EXCELENTE

OPINIÓN DE APLICABILIDAD =

- ~~(...)~~ El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- (...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA  
 ANEXAL JOSUE ARCE VEGA  
 INGENIERO CIVIL  
 C.O.N.I.F. 23450

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
3/4"				
# 4				
Fondo				
Total				

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO				
Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
# 4				
# 8				
# 16				
# 30				
# 50				
# 100				
Fondo				
Total				

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO			
Descripción	N° de ensayo		Promedio
	E1	E2	
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra + peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra (g)			
Volumen del recipiente (g)			
Peso unitario suelto (kg/m3)			

DATOS DEL ESPECIALISTA		Firma y Sello
Apellidos y Nombres	: ING. ANGEL JOSUE ARCE VEGA	
Especialidad	: INGENIERO CIVIL	
C.I.P. N°	: CIP .236503	

PROVINCIA	:	HORA	:
DISTRITO	:		
<b>II. ENSAYO</b>			
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>			
<b>Descripción</b>	<b>N° de ensayo</b>		<b>Promedio</b>
	<b>E1</b>	<b>E2</b>	
Peso del recipiente (g)			
Peso de la muestra + peso del			
Peso de la muestra (g)			
Volumen del recipiente (g)			
Peso unitario suelto (kg/m3)			
<b>ENSAYO DE ASENTAMIENTO</b>			
<b>TIPO DE CONCRETO + % P.S.</b>	<b>SLUMP</b>		<b>VARIACIÓN %</b>
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b>			
<b>TIPO DE CONCRETO + % P.S.</b>	<b>PESO UNITARIO (kg/m3)</b>		<b>VARIACIÓN %</b>
<b>DATOS DEL ESPECIALISTA</b>			<b>Firma y Sello</b>
Apellidos y Nombres : ING. ANGEL JOSUE ARCE VEGA			
Especialidad : INGENIERO CIVIL			
C.I.P. N° : CIP. 236503			

**FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

**I. UBICACIÓN**

DEPARTAMENTO :  
 PROVINCIA :  
 DISTRITO :

FECHA :  
 HORA :

**II. ENSAYO**

PROBETA	DATOS				DIMENSIONES						RESISTENCIA	
	TIPO DE FALLA	REGISTRO	FECHA DE FABRICACIÓN	EDAD (Días)	Ø SUP. 1 (cm)	Ø SUP. 2 (cm)	Ø INF. 1 (cm)	Ø INF. 2 (cm)	Ø PROM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg-f)	F'c= CARGA/AREA (kg/cm <sup>2</sup> )
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

**DATOS DEL ESPECIALISTA**

Apellidos y Nombres : **ING. ANGEL JOSUE ARCE VEGA**  
 Especialidad : **INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° : **CIP. 236503**


**FIRMA Y SELLO**  
 INGENIERO CIVIL DEL PERU  
 DEPARTAMENTO DE LIMA  
 -----  
 ANGEL JOSUE ARCE VEGA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 236503

## ANEXO N° 7: PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 3. Pesado de los elementos del concreto*



*Figura 4. Preparación de los elementos a mezclar*



Figura 5. Pesando la Perlita



Figura 6. Almacenamiento de las probetas luego del vaciado en el molde



Figura 7. Proceso de desmoldar las probetas



Figura 8. Acarreo de las probetas para ser sumergidas en las pozas de curado



Figura 9. Rotulación de los especímenes



Figura 10. Etapa de curado de las probetas debidamente rotuladas



Figura 11. Ubicación de 26 probetas en las pozas de curado

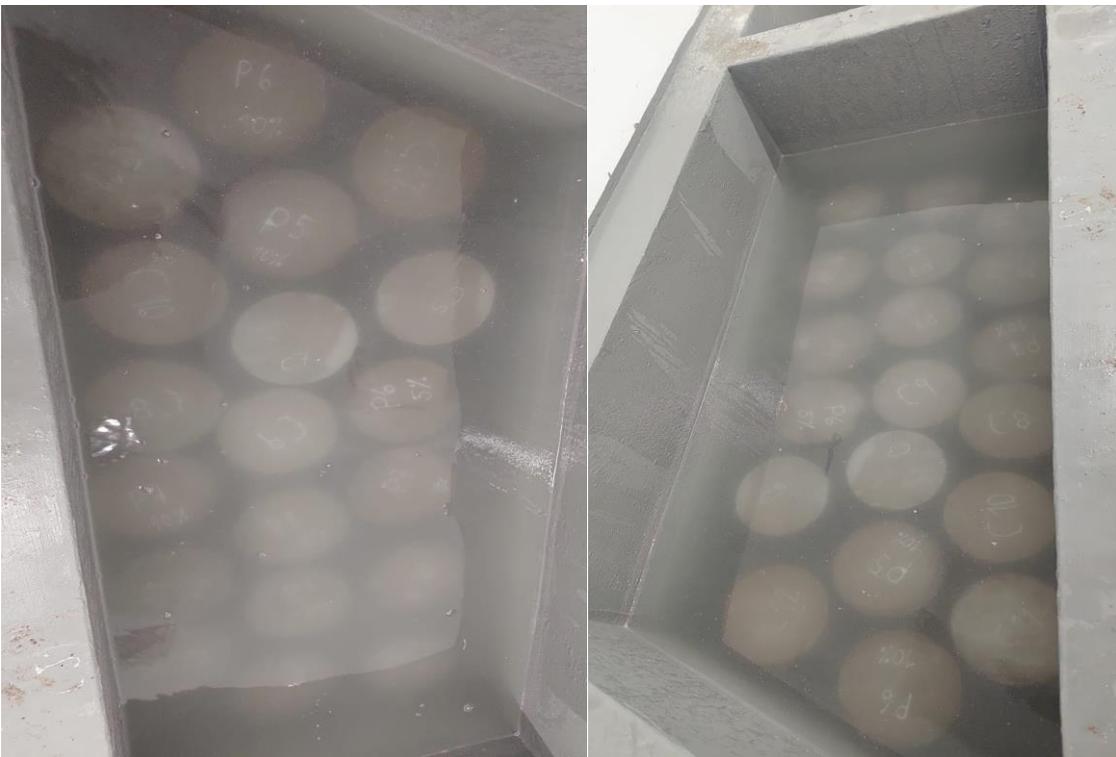


Figura 12. 36 probetas en etapa de curado



Figura 13. Proceso de peso unitario de las probetas de control



Figura 14. Calibración de la maquina a compresión



Figura 15. Alistando las probetas para el ensayo de compresión



Figura 16. Introducción de las probetas a la máquina de compresión



Figura 17. Ensayo a compresión a los 14 días de curado



Figura 18. Muestra luego de ser sometida al ensayo de compresión



Figura 19. Acarreo de las muestras ensayadas

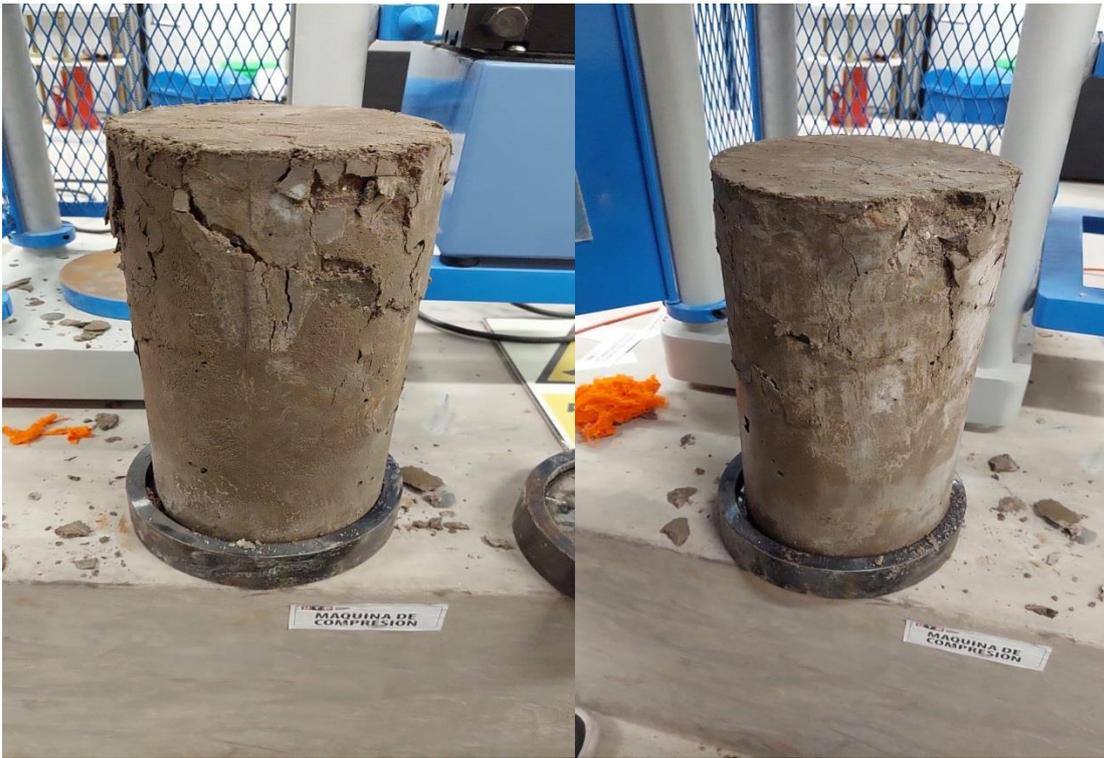


Figura 20. Identificación de fallas de probetas con 14 días de curado



Figura 21. Identificación de fallas de probetas a 28 días de curado



Figura 22. Pesado del agregado fino para ensayo de peso específico



Figura 23. Ensayo de absorción de arena para el agregado fino



Figura 24. Aforando el matraz para el ensayo de peso específico



Figura 25. Eliminando espacios vacíos de la muestra



Figura 26. Desaforando la muestra del matraz calibrado



Figura 27. Introduciendo la muestra al horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$



Figura 28. Proceso para determinar el porcentaje de humedad del agregado grueso



Figura 29. Almacenaje de los insumos que se utilizaron para la elaboración de las probetas