



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Comportamiento mecánico del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de
tufo de piedra volcánica Cusco, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Br. Vasquez Mora, Wilber (ORCID: 0000-0001-5652-8283)

Br. Talaverano Chiclla, Jennifer (ORCID: 0000-0003-0860-7264)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA — PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestro señor por permitir que este logro profesional se haga una realidad, y haber iluminado mi camino durante este proceso.

A mis padres por el esfuerzo y sacrificio invertido en mi formación educativa, además del apoyo incondicional y emocional

A mis hermanos por el aliento constante y su predisposición de su apoyo sin condiciones.

Agradecimiento

Mi inmensa gratitud va dirigida a nuestro creador por otorgarme las fuerzas necesarias para concluir mi carrera profesional.

A mis padres y hermanos quienes coadyuvaron a la realización del presente trabajo.

Al asesor de tesis por su constante motivación y orientación en la elaboración de la tesis presentada.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC.....	x
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	5
III.METODOLOGÍA	22
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	23
3.1.1 Método: científico	23
3.1.2 Tipo: Aplicada.....	23
3.1.3 Nivel: Explicativo	23
3.1.3 Diseño: Cuasi experimental.....	24
3.2 Variable y Operacionalización	24
3.2.1 Variable Independiente: Tufo de piedra volcánica	24
3.2.2 Variable dependiente: Comportamiento mecánico del concreto	24
3.2.3 Variable Independiente: Tufo de piedra volcánica.....	25
3.3 Población, muestra y muestreo	25
3.3.1 Población	25
3.3.2 Muestra	25
3.3.2 Muestreo: no probabilístico.....	27
3.3.3 Unidad de Análisis.....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.4.1 Técnica. Observación directa	27
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.	27
3.4.2 Validez.	28
3.4.2 Confiabilidad.....	29
3.5 Procedimientos.....	29
3.5.1 Estudios previos.....	29
3.6.....	Método y análisis de datos
.....	31

3.6.1 Determinación de la variación del comportamiento mecánico del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra.....	31
3.6.2.....Cálculo de la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica.....	50
3.6.3..... Estimación la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica.....	57
3.6.4..... Cuantificación la variación de la resistencia a la tracción del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica.....	63
3.7.....Aspectos Éticos.....	69
IV. RESULTADOS	71
V.DISCUSIONES	87
VI. CONCLUSIONES	91
VII. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS.....	101

Índice de tablas

Tabla 1 Muestra a evaluar	26
Tabla 2 Rangos y magnitudes de validez	28
Tabla 3 Validez –Juicio de expertos	28
Tabla 4 Rangos y magnitudes de Confiabilidad	29
Tabla 5 Datos de laboratorio para cálculo de humedad del agregado grueso.....	31
Tabla 6 Datos de laboratorio para cálculo de humedad del agregado fino.....	32
Tabla 7 Datos para cálculo del Peso específico y Absorción del agregado grueso....	33
Tabla 8 Datos del cálculo del Peso específico y Absorción del agregado grueso	34
Tabla 9 parámetros calculados del Peso específico y Absorción del agregado fino....	35
Tabla 10 Datos para el cálculo del peso unitario y % de vacíos del agregado grueso	36
Tabla 11 Peso unitario y % de vacíos del agregado grueso	37
Tabla 12 Datos para el cálculo peso unitario varillado y % de vacíos del agr. grueso	38
Tabla 13 Peso unitario varillado y % de vacíos del agregado grueso	39
Tabla 14 Datos para el cálculo peso unitario suelto y % de vacíos del agregado fino.	39
Tabla 15 Peso unitario suelto y % de vacíos del agregado fino	40
Tabla 16 Parámetros del material que pasa el tamiz N° 200	41
Tabla 17 Análisis granulométrico del agregado grueso	41
Tabla 18 Parámetros del material que pasa el tamiz N° 200 agregado fino.....	43
Tabla 19 Análisis granulométrico del agregado fino.....	43
Tabla 19 Parámetros de factor de seguridad de $f'c$	46
Tabla 21 Volumen Absoluto de la pasta por metro cúbico Materiales	46
Tabla 22 Pesos Secos de los Materiales por metro cúbico	48
Tabla 23 Pesos Corregidos de los Materiales por metro cúbico	49
Tabla 24 Materiales en Volumen por metro cúbico	49
Tabla 25 Dosificación para el ensayo de resistencia a la compresión.....	51
Tabla 26 Datos del ensayo de resistencia a la compresión	52
Tabla 27 Dosificación para el ensayo de resistencia a flexión	57
Tabla 28 Datos del ensayo de resistencia a la Flexión	58
Tabla 29 Dosificación para el ensayo de resistencia a la tracción	63
Tabla 30 Datos del ensayo de resistencia a la Tracción	64
Tabla 31 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días	72
Tabla 32 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 14 días.....	73

Tabla 33 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días.....	74
Tabla 34 Resultados del ensayo de resistencia a la Flexión a 7 días	75
Tabla 35 Resultados del ensayo de resistencia a la Flexión a 14 días	76
Tabla 36 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión a 28 días.....	77
Tabla 37 Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 7 días	78
Tabla 38 Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 14 días	79
Tabla 39 Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 28 días	80
Tabla 40 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión	82
Tabla 41 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión	83
Tabla 42 Resultados del ensayo de resistencia a la Tracción.....	85

Índice de figuras

Figura 1 <i>f'c de un concreto en función a la edad</i>	14
Figura 2 <i>esquema del ensayo a la resistencia a compresión</i>	14
Figura 3 <i>Esquema de tipos de falla al ensayo de la resistencia a la compresión</i>	15
Figura 4 <i>esquema del ensayo a la resistencia a Flexión</i>	16
Figura 5 <i>esquema del ensayo a la resistencia a tracción indirecta</i>	17
Figura 6 <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i>	42
Figura 7 <i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	44
Figura 8 <i>f'c a 7 días de curado</i>	72
Figura 9 <i>f'c a 14 días de curado</i>	73
Figura 10 <i>f'c a 28 días de curado</i>	74
Figura 11 <i>Mr a 7 días de curado</i>	75
Figura 12 <i>Mr a 14 días de curado</i>	76
Figura 13 <i>Mr a 28 días de curado</i>	77
Figura 14 <i>f'tr a 7 días de curado</i>	79
Figura 15 <i>f'tr a 14 días de curado</i>	80
Figura 16 <i>f'tr a 28 días de curado</i>	81
Figura 17 <i>f'c: días de curado vs porcentaje de adición</i>	82
Figura 18 <i>Comportamiento de la f'c en función al porcentaje de adición y a la edad de curado</i>	83
Figura 19 <i>Mr.: Días de curado vs Porcentaje de adición</i>	84
Figura 20 <i>Comportamiento del Mr en función al porcentaje de adición y a la edad de curado</i>	84
Figura 21 <i>la f'tr en días de curado vs Porcentaje de adición</i>	85
Figura 22 <i>Comportamiento de la f'tr en función al porcentaje de adición y a la edad de curado</i>	86

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la variación del comportamiento mecánico del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, el tipo de investigación fue el método científico de tipo aplicada con un nivel explicativo, el diseño fue cuasi experimental, la población fue la producción de concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica en 4%,8%,12% y 15% en la ciudad de cusco , la muestra fue 45 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la compresión , 45 muestras prismáticos para el ensayo de la resistencia a la flexión, 45 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la tracción, el muestreo fue no probabilístico, el procedimiento fue la ubicación de las canteras tanto de los agregados como del tufo de piedra volcánica, posterior a ello la elaboración de los especímenes previo diseño de mezclas y finalmente el ensayo de la resistencia mecánica del concreto con sus cálculos correspondientes, los principales resultados fueron una resistencia máxima a la compresión de 217.20 kg/cm² con una adición del 15% de tufo de piedra volcánica a una edad de 28 días de curado, una resistencia máximo a la flexión de 32.06 kg/cm² con una adición del 8 % a una edad de 28 días de curado, una resistencia a la tracción máxima de 33.48 kg/cm² con una adición del 15% de tufo de piedra volcánica a una edad de 28 días de curado, finalmente la conclusión general es que el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión es idónea según se va adicionando el tufo de piedra volcánica, por otro la lado la resistencia a la flexión a partir del 12% de adición se ve su disminución y respecto a la resistencia a la tracción a partir de 12% su incremento es ínfimo.

Palabras Clave: comportamiento mecánico, concreto, propiedades mecánicas

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the variation of the mechanical behavior of concrete $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ with the addition of volcanic stone tuff, the type of research was the scientific method of applied type with an explanatory level, the design was quasi experimental, the population was the production of concrete $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ with the addition of volcanic stone tuff in 4%, 8%, 12% and 15% in the city of Cusco, the sample was 45 cylindrical samples for the compressive strength test, 45 prismatic samples for the flexural strength test, 45 cylindrical samples for the tensile strength test, the sampling was non-probabilistic, the procedure was the location of the quarries both of the aggregates and of the volcanic stone tuff, after that the preparation of the specimens prior to the design of mixtures and finally the test of the mechanical resistance of the concrete with its corresponding calculations, which The main results were a maximum compressive strength of 217.20 kg / cm^2 with an addition of 15% of volcanic stone tuff at a curing age of 28 days, a maximum flexural strength of 32.06 kg / cm^2 with an addition of the 8% at a curing age of 28 days, a maximum tensile strength of 33.48 kg / cm^2 with an addition of 15% of volcanic stone tuff at a curing age of 28 days, finally the general conclusion is that the behavior The mechanical resistance to compression is ideal as the volcanic stone tuff is added, on the other hand the flexural strength from 12% addition is seen to decrease and with respect to the tensile strength from 12% its increase is negligible.

Keywords: mechanical behavior, concrete, mechanical properties

I.INTRODUCCIÓN

En la actualidad la utilización del concreto como material de construcción es considerado como uno de los elementos más importantes en el sector constructivo ya que sus características permiten una trabajabilidad y manejabilidad adecuada para la colocación en los emplazamientos constructivos, durante varias años la búsqueda de mejorar de la resistencia del concreto desde la perspectiva mecánica ha sido plasmada con la adición de materiales reciclables, materiales de origen artificial en porcentajes establecidos.

En la comunidad de Ccaccacollo del distrito de Taray de la región Cusco Se viene presentado problemas de escases de material agregado adecuado para obtener una resistencia mecánica del concreto optima que se pueda emplear en las construcción de dicho distrito, este problema se viene acarreado desde las primeras construcciones de concreto comunidad en la Ccaccacollo del distrito de Taray, este problema se debe a la presencia de material pizarroso en las canteras del mencionado lugar, se evidencia este inconveniente en los ensayos de resistencia mecánica practicados , los cuales no cumplen con los estándares establecidos, por ende el distrito de Taray, los gobiernos regionales y nacionales encargados de la ejecución de proyectos que involucran el empleo del concreto son perjudicados ya que este problema obliga a la obtención de material agregado adecuado que están disponibles a distancias largas respecto a la ubicación del proyecto, lo que llega a reflejarse en el aumento del costo en las partidas donde están inmersas el uso del concreto, para poder revertir y solucionar este problema se propone realizar la adición del tufo de piedra volcánica en el concreto en porcentajes que permitan obtener una resistencia mecánica optima, además teniendo en consideración que en dicho distrito se cuenta con una cantera de este material.

Analizando la realidad problemática es preciso la formulación del problema, considerando como **problema general**: ¿Cuánto varía el comportamiento mecánico del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021? , Como **problemas específicos**; **el primer** ¿Cuánto

varia la resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021?, **el segundo** ¿Cuánto varia la resistencia a la flexión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021?, y **el tercer** ¿Cuánto varia la resistencia a la tracción del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021?

La justificación del problema; desde la perspectiva teórica, el comportamiento mecánico del concreto en el sector constructivo cumple un rol importante por ende la resistencia mecánica del concreto tiene que ser optima , por lo tanto esta investigación contribuye en el análisis de la evaluación para la optimizar la resistencia del concreto con la utilización del tufo de piedra volcánica durante proceso de la elaboración del mismo, ya que este análisis involucro la evaluación la resistencia a la compresión, la flexión, y la tracción del concreto simple , desde la perspectiva practica esta investigación obliga a conocer el comportamiento mecánico del concreto con condiciones de adición del tufo de piedra volcánica el cual nos permitirá ampliar nuestro conocimiento en el campo de la evaluación de las propiedades del concreto desde punto de vista mecanico haciendo uso de ensayos establecidos en la normas peruanas e internacionales, ya que se pretende obtener resultados alentadores Finalmente, en lo metodológico, la investigación contribuirá a establecer las dosificaciones correctas del tufo de piedra volcánica en concreto para una adecuada resistencia mecánica , en ese entender por tener carácter científico servirán para posteriores investigaciones.

La investigación fija como **objetivo general:** Determinar la variación del comportamiento mecánico del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021.; **como objetivos específicos:** la primera es calcular la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, Taray-Cusco,2021; la segunda estimar la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, Taray-Cusco,2021 y la tercera es cuantificar la variación de la resistencia a la tracción del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray-Cusco,2021.

Planteado los problemas y fijado los objetivos se formula las hipótesis, teniendo como **hipótesis general**: El comportamiento mecánico del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, varia significativamente distrito Taray - Cusco,2021; las **hipótesis específicas**; la primera La resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varia mínimamente, distrito Taray-Cusco,2021;la segunda la resistencia a la flexión del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varia moderadamente, distrito Taray-Cusco,2021 y la tercera la resistencia a la tracción del concreto $f_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varía considerablemente, distrito Taray-Cusco,2021.

II.MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos como **antecedentes internacionales** se consideró los siguientes:

Terreros & Carvajal (2016) en la tesis de grado **titulado** “*Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo*” fijo como **objetivo** realizar el análisis de la determinación de las características mecánicas del concreto con adición de fibras de cáñamo a través del ensayo de flexión y compresión. Aplicando una **metodología**, de investigación de carácter científico, comparativo y experimental, con un tipo de investigación básica, se obtuvo los siguientes **resultados** que las probetas sometidas a los ensayos correspondientes arrojaron una resistencia de carácter máximo a una edad 28 días de 282.62 kg/cm² además dichas probetas presentaron tipos de falla de cono y corte, superando un 0.49%., fija como **Conclusiones** que al adherir la fibra de cáñamo la resistencia a la flexión y la resistencia al agrietamiento es mayor al momento de rotura por ende ayuda en mayor énfasis a evitar los agrietamientos y tener un mejor aglutamiento de los elementos del concreto al momento de realizar los ensayos tanto de compresión y flexión, es decir se concluye que tiene una buena adherencia de la fibra a la matriz mejorando la tenacidad de la matriz, ya que el desplazamiento de las grietas son interrumpidas por la presencia de las fibras en la línea de la acción de las grietas.

Moreno & Rojas (2016) en la tesis de **grado titulado** “*Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Mezclas de Concreto Hidráulico Adicionadas con Residuos de Pealpe en la Ciudad de Villavicencio*” fijo como **objetivo** el análisis del comportamiento físico- mecánico del concreto hidráulico adicionado con partículas de tubería PE-AL-PE reciclado y reducido en la ciudad de Villavicencio aplicando una **metodología**, la investigación es científica de tipo cuantitativa y aplicada de diseño experimental teniendo en cuenta que se analizan los diferentes comportamientos mecánicos a partir de la modificación de una variable que es la adición de residuos de pealpe, se obtuvo los siguientes **resultados**. la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 7 días, con Pealpe al 1% resultó el $f'c$ promedio de 142.48kg/cm², con 2% resultó el $f'c$ promedio de 136.1 kg/cm², con 3% de un $f'c$ promedio de 124,9 kg/cm², la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 14 días de curado con

1% arrojó un $f'c$ promedio de 124.9 kg/cm², con 2% un $f'c$ promedio de 163,6 kg/cm², con 3% un $f'c$ promedio de 121,4 kg/cm², la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 28 días de curado con 1% se obtuvo un $f'c$ promedio de 250.4 kg/cm², con 2% un $f'c$ promedio de 203,6 kg/cm², con 3% un $f'c$ promedio de 193,9 kg/cm², el comportamiento a la flexión presenta similitud al presentado por la resistencia a la compresión mostrando un comportamiento lineal que representa una relación inversa entre la adición de pealpe y el módulo de rotura, la disminución en la densidad y el aumento de poros genera mezclas de menor consistencia que a su vez tienen menor resistencia a los esfuerzos a flexión fija como **conclusiones** que a partir de los ensayos de resistencia aplicados en las muestras cilíndricas y viguetas se puede concluir que la adición de partículas de pealpe en las mezclas de concreto hidráulico tiene una relación inversa con la resistencia de este material a los esfuerzos soportados a compresión y a flexión. La disminución en la densidad y el aumento en la porosidad de pueden relacionar con este fenómeno.

Sandoval (2017) en la tesis de **grado titulado** “Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales” fijó como **objetivo** realizar el análisis de la resistencia compresión del concreto con adición de virutas de acero comercial y fibras de acero comercial fundido. Con una **metodología**, la investigación es aplicada de diseño experimental, se obtuvo los siguientes **resultados** que el concreto a una edad de 7 días, con incremento virutas de acero comercial fundido arrojó un resistencia a la tracción al 1% resultó el $f'c$ promedio de 23.22 kg/cm², con 1.25 % resultó el $f'c$ promedio de 21.49 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 22.68 kg/cm², a una edad de 14 días al 1% resultó el $f'c$ promedio de 23.23 kg/cm², con 1.25 % resultó el $f'c$ promedio de 25.12 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 22.87 kg/cm², a una edad de 28 días al 1% resultó el $f'c$ promedio de 27.06 kg/cm², con 1.25 % resultó el $f'c$ promedio de 28.61 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 30.68 kg/cm², la $f'c$ del concreto a una edad de 7 días, con adicionando fibras de acero comercial al 1% resultó el $f'c$ promedio de 22.03 kg/cm², con 1.25 % resultó el $f'c$ promedio de 20.9 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 21.69 kg/cm², a una edad de 14 días al 1% resultó el $f'c$ promedio de 23.52 kg/cm², con 1.25 %

resulto el $f'c$ promedio de 22.54 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 21.97 kg/cm², a una edad de 28 días al 1% resulto el $f'c$ promedio de 27.81 kg/cm², con 1.25 % resulto el $f'c$ promedio de 26.27 kg/cm², con 1.5 % de un $f'c$ promedio de 28.96 kg/cm², fija como **conclusiones** que según los ensayos realizados a las probetas la resistencia del concreto obtenida con la adición de fibras de acero comercial y virutas de acero comercial fundido es mayor a 240kg/cm² y en un promedio de 1.25% es el incremento.

Canul et al (2016) en el artículo de la revista ALCONPAT **titulado** *Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción* donde tiene como **objetivo** optimizar el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto con incorporación de la ceniza volcánica en condición de sustitución del cemento en porcentajes del 20% y 40% con relaciones de agua/cemento de 0.5 y 0.7 respectivamente y un aditivo mineral en un 10% y 20% respectivamente utilizando una **metodología** científica de diseño experimental y tipo aplicada donde obtuvo los siguientes **resultados** que la ceniza volcánica puede como agregado inerte fino en un concreto con Agregado Calizo Triturado de Alta Absorción ya que con esta acción se logra mantener la resistencia a la compresión respecto a la resistencia patrón, la revista indica que dicho ensayo llegó a las siguientes **Conclusiones** la acción de la ceniza volcánica cumplió requisitos mínimos como comportamiento de puzolana, situación que fue deficiente o insuficiente para la mejora la calidad de las características mecánicas del concreto, además indico que la ceniza volcánica tendría un mejor comportamiento dentro del concreto si solamente se emplearía en su condición natural sin ningún tipo de modificación y con una dosificación adecuada

Paricaguán y Muñoz (2019) en el artículo de la revista ingeniería UC según **titulado** *“Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”* donde tiene como **objetivo** reforzar y mejorar las propiedades de carácter físicas y de índole mecánico del concreto mediante el uso de fibras de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del agregado fino a una proporción de 2,5% en volumen cuya **metodología** empleada fue el método científica de diseño experimental y tipo aplicada donde obtuvo los siguientes **resultados** evidencian una mejoría notable en la

resistencia a compresión en cuanto al uso de las fibras de tamaño largo con tendencia muy similar a un concreto sin fibras, mientras que con respecto al módulo de ruptura en vigas fue menor a las del concreto tradicional, sin embargo, las fibras en el concreto mostraron una eficiencia de refuerzo en falla dúctil y puentes en la formación de grietas, con una capacidad de resistencia cuando se alcanzó una carga de falla fin. Finalmente, la revista indica que dicha investigación llegó a las siguientes **Conclusiones** que al realizar la adición de las fibras naturales del bagazo de caña de azúcar al concreto se convierte en una mezcla de concreto con características potenciales para su empleo en el rubro constructivo como material económico debido que a medida transcurra el tiempo de curado, el concreto con dicha sustitución con material fino se asemeja a las características mecánicas similares al concreto elaborado de forma convencional, según lo descrito se concluye que las fibras naturales se convierten como una alternativa idónea para su aplicación en el proceso constructivo como material de construcción no estructural.

En los trabajos anteriores se puede citar como **antecedentes nacionales**,

Mendoza (2017) en la tesis de grado **titulado** “*Determinación de las propiedades físico - mecánicas de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de puzolana volcánica en Cajamarca*” fijo como **objetivo** estimar y analizar las características tanto mecánicas como físicas del concreto $f'c \text{ } 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de puzolana volcánica en porcentajes de 10%,15% y 20% como sustituto del cemento dicha investigación se realizó aplicando una **metodología** científica de diseño experimental y con un tipo de investigación aplicada donde obtuvo los siguientes **resultados** la $f'c$ promedio a 7 días de curado para un concreto patrón sin puzolana se obtuvo 158 kg/cm^2 , al 10% de adición 131 kg/cm^2 , al 15% de adición 116 kg/cm^2 , por otro lado para un concreto con 20% de adición se obtuvo 103 kg/cm^2 , la resistencia a la compresión promedio a edad de 60 días de curado para un concreto patrón sin puzolana se obtuvo 231 kg/cm^2 , al 10% de adición 261 kg/cm^2 , al 15% de adición 207 kg/cm^2 , por otro lado para un concreto con 20% de adición se obtuvo 187 kg/cm^2 , además respecto resistencia a la flexión promedio a 60 días de curado para un concreto patrón sin puzolana se obtuvo 24 kg/cm^2 , al 10% de adición 28 kg/cm^2 , al 15% de adición 23 kg/cm^2 , por otro lado para un concreto con 20% de adición se obtuvo

20 kg /cm² finalmente, fija como **Conclusiones** que con una adición del 10% de adición de puzolana volcánica se obtuvo una reacción óptima debido a la evidencia del incremento de la resistencia a la compresión a una edad de curado de 60 días en contraste a la muestra patrón en un rango del 13%, a un incremento mayor al 10 % como es el 15% y 20% se evidencio una considerable disminución de la resistencia a la flexión en rangos de decrecimiento del 4.54% y 16.49% respectivamente, en lo referente al módulo de elasticidad del concreto adicionado con puzolana volcánica el porcentaje del 6% es el arrojo resultados óptimos respecto a la muestra patrón a partir del 10% de adición como el 15% y 20% se evidencio la merma de esta resistencia en un 5% y 10% respectivamente.

Ramos (2017) en la tesis de grado **titulado** *“Influencia en las Propiedades Mecánicas de un Concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017”* fijo como **objetivo** Determinar las características mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incremento de mucilago de tuna y analizar la influencia del mucilago en el concreto. Aplicando una **metodología**, tipo de investigación aplicada, diseño correlacional y método científico, se obtuvo los siguientes **resultados**: la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 7 días , con adición de mucilago de tuna al 1% resulto el $f'c$ promedio de 177.48kg/cm², con 1.5% resulto el $f'c$ promedio de 187.50kg/cm², con 2% de un $f'c$ promedio de 194.18kg/cm² , la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 14 días de curado con 1% arrojo un $f'c$ promedio de 198.15 kg/cm², con 1.5% un $f'c$ promedio de 217.93kg/cm², con 2% un $f'c$ promedio de 250.02kg/cm², la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 28 días de curado con 1% se obtuvo un $f'c$ promedio de 219.05kg/cm², con 1.5% un $f'c$ promedio de 247.90kg/cm², con 2% $f'c$ promedio de 263.47kg/cm². Finalmente, fija como **Conclusiones** que el incremento del mucilago de tuna a un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ tiene una influencia positiva en las características mecánicas del concreto debido a la presencia de componente químicos similares al del cemento.

Quiliche (2019) en la tesis de grado **titulado** *“Resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ adicionando puzolana volcánica, Cajamarca 2019”* fijo como **objetivo** Determinar la variación de la resistencia mecánica de

compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con porcentajes de adición de puzolana volcánica. Aplicando una **metodología**, tipo de investigación aplicada, diseño correlacional, método científico e investigación experimental, se obtuvo los siguientes **resultados** la $f'c$ del concreto a una edad de 7 días, con adición de puzolana al 4% resulto la $f'c$ media de 146.74 kg/cm^2 , con 8% resulto la $f'c$ media de 154.00 kg/cm^2 , con 12% de una $f'c$ media de 156.00 kg/cm^2 , con 15% de una $f'c$ media de 161.73 kg/cm^2 , la resistencia a la compresión del concreto a una edad de curado 14 días con adición de puzolana al 4% resulto la $f'c$ media de 190.56 kg/cm^2 , con 8% resulto la $f'c$ media de 192.98 kg/cm^2 , con 12% de una $f'c$ media de 196.63 kg/cm^2 , con 15% de una $f'c$ media de 203.81 kg/cm^2 , la resistencia con adición de puzolana al 4% resulto una $f'c$ media de 215.04 kg/cm^2 , con 8% resulto el $f'c$ promedio de 220.19 kg/cm^2 , con 12% de una $f'c$ media de 234.66 kg/cm^2 , con 15% de una $f'c$ media de 252.68 kg/cm^2 . Finalmente, fija como **Conclusiones** que los porcentajes de reemplazo de puzolana volcánica aumentan la resistencia a compresión del concreto, con incremento de 15% se evidencio un aumento de la $f'c$ a en un 15.33% en relación, al diseño patrón, con la adición de los porcentajes de 12%, 8% y 4% también reflejan un pequeño incremento de la resistencia en 7 días de curado en porcentajes de 11.24%, 9.82% y 4.64% respectivamente.

Armas (2016) en el artículo de la revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación **titulado** *“efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico”* donde tiene como **objetivo** determinar los efectos en las características plásticas y mecánicas del concreto hidráulico con adiciones de fibras de polipropileno en dosis de 200 gr/m³, 300 gr/m³ y 400 gr/m³ para concretos 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 respectivamente, cuya metodología empleada fue el método científico de diseño experimental y tipo aplicada donde obtuvo los siguientes **resultados** que la resistencia a la flexión es un 1/5 de la resistencia a la compresión, el incremento de las fibras de polipropileno al concreto evidencio un aumento del módulo de rotura del concreto en un 14% a una dosis de 400 gr/m³. Finalmente, la revista indica que dicha investigación llego a las siguientes **Conclusiones** que la adición de fibras de polipropileno en una dosis de 400 gr/m³ de concreto

incrementa el potencial de resistir a las fisuraciones en condiciones normales y reales en un 90%, esta dosis evidencio en sus propiedades plásticas una disminución como el asentamiento con una reducción del 50%, el contenido de aire con una merma de un 25%, cabe esclarecer que no altera el peso unitario de concreto fresco y tampoco la temperatura se ve alterada, en relación a la resistencia a la flexión y compresión se ve un aumento de un 14% y 3% aproximadamente a una edad de curado de 28 días.

Huaquisto y Belizario (2018) en el artículo de la revista de Investigaciones Altoandinas **titulado** “*Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento*” donde tiene como **objetivo** obtener una dosificación de concreto optima con adición de ceniza volcánica en porcentajes del 15%,10%, 5% y 2.5% para edades de 90,28,14 y 7 días que no haya merma de la resistencia y pueda mitigar los efectos negativos en el medio ambiente . cuya **metodología** empleada fue el método científico de diseño experimental y tipo aplicada donde obtuvo los siguientes **resultados** que el concreto normal obtuvo una resistencia media de 221 kg/cm², con adición del 15% 192 kg/cm², con 10% una f'c de 200 kg/cm², con 5% una f'c de 231 kg/cm² y a una adición del 2.5% una f'c de 223 kg/cm² a edad de 28 días Finalmente, la revista indica que dicha investigación llego a las siguientes **Conclusiones** que la utilización de la ceniza volante como sustituto parcial del cemento será adecuada un porcentajes mayores al 10%.

En cuanto a las **teorías relacionadas** al tema se revisaron conceptos correspondientes y sus respectivas dimensiones.

Sobre el **comportamiento mecánico del concreto según** Pasquel (1993) el comportamiento mecánico del concreto está ligado a la capacidad que pueda tener la matriz interna del concreto en conjunto de soportar esfuerzos tanto de compresión, flexión y tracción sometidas a acciones de carga, además de establecer un comportamiento resistente y un efecto mecánico producto del acomodo de los elementos de la matriz interna del concreto. (pag.129), de forma similar según Niño (2010) indica que el comportamiento mecánico del concreto está gobernado por la capacidad que ofrece la pasta del concreto en estado endurecido conjuntamente con los agregados a resistir los esfuerzos como el de

flexión, de corte, de tracción y compresión que son inducidos por cargas, esta capacidad está condicionadas a la elaboración, colocación y curado del concreto. (pag.119).

El concreto según Nilson (2001) se define aquel producto de la mezcla cuidadosa de cemento, arena, agregado y agua que después llega a endurecerse en moldes pre establecidos y con dimensiones deseadas, es un material que tiene similitud a la piedra. (pag.1), por otro lado, Pacheco (2006) indica que el concreto es el material más importante y representativo de la construcción y está formado por cemento agregado y agua en determinadas proporciones, dicha mezcla se convierte en una masa de consistencia plástica que moldeada en los encofrados adquiere la dureza requerida (pag.165).

Esta variable a su vez está estructurada mediante sus dimensiones de resistencia mecánica (compresión, tracción y flexión)

La resistencia a la compresión según Kosmatka (2004) viene hacer la medida máxima de resistencia que ofrece los especímenes de concreto en su lineal axial, es resistencia puede ser expresadas en unidades como kilogramos por centímetro cuadrado, en mega pascales, en libras por libras cuadradas, para la obtención de esta resistencia del concreto se fija en función a la relación de agua y cemento, además de las condiciones ambientales. Otro aspecto importante que se establece son los días de curado, usualmente la resistencia a los 7 días de curado viene hacer el 75% de la resistencia obtenida a los 28 días las resistencias a los 56 días son aproximadamente mayores en un 10% respecto a la resistencia de los 28 días, a diferencia de la resistencia a los 90% estas son mayores en un 15% respecto a los 28 días (pág. 8)

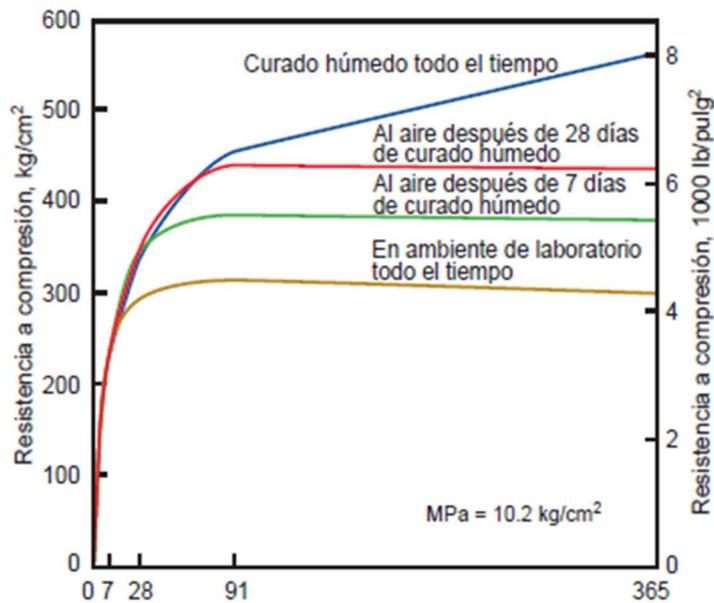


Figura 1 $f'c$ de un concreto en función a la edad.

Fuente: Kosmatka (2004)

por otro lado, Osorio (2004) indica que la resistencia a la compresión es considerado como una propiedad importante de carácter mecánico debido a que esta característica cumple un rol preponderante en la estructura convencional del concreto, dicha resistencia se evalúa a través de ensayos de laboratorio sobre especímenes de concreto que son sometidos a cargas en distintas edades de curado.(pag.31), el Manual de ensayo de materiales del Ministerio Transportes y comunicaciones (2016) indica que el cálculo de la resistencia a la compresión se efectúa, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada (pág. 795)

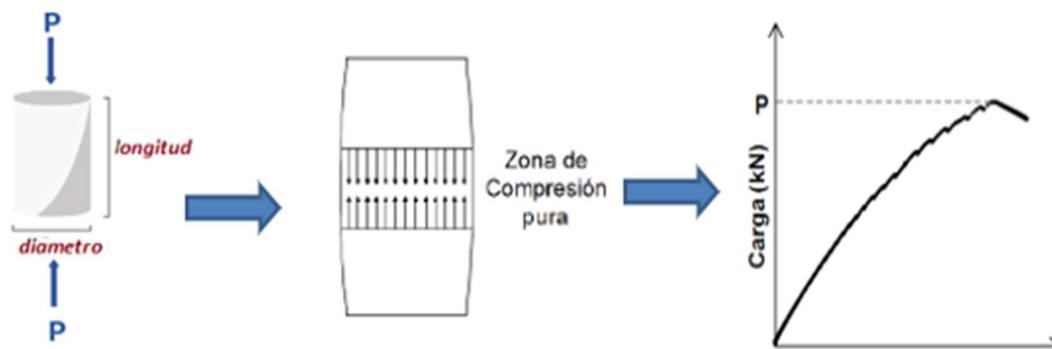


Figura 2 esquema del ensayo a la resistencia a compresión.

Fuente: Propia

$$f'c = \frac{P}{A}$$

(E. c 2.1)

Donde

$f'c$: Resistencia a la compresión (N/cm^2)

P : carga maxima de rotura (N)

A : Area de la sección Transversal (cm^2)

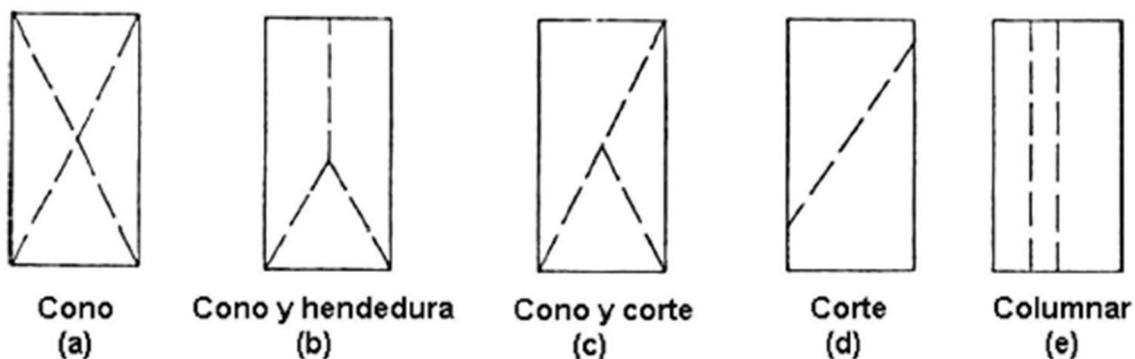


Figura 3 Esquema de tipos de falla al ensayo de la resistencia a la compresión
Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones (2016)

La **resistencia a la Flexión** según Portugal (2007) la resistencia a la flexión de una viga es habitualmente calculada asumiendo una distribución lineal de deformaciones sobre la altura de la sección y considerando el equilibrio de fuerzas y momentos. Al aplicar este procedimiento, dos factores requieren atención. Primero, la deformación en la cual la cara extrema a compresión alcanza la falla debe ser conocida (pag.295), por otro lado, Gutiérrez (2003) indica que la resistencia a la flexión es de gran aplicación en los proyectos de losas para carreteras y pistas de aeropuertos. La resistencia a la flexión del concreto se determina en vigas prismáticas de 15 x 15 de sección y 50 cm de largo (pag.55).

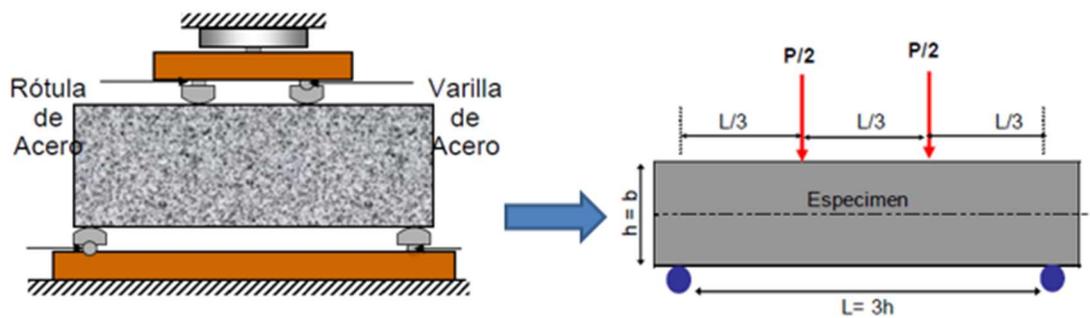


Figura 4 esquema del ensayo a la resistencia a Flexión

Fuente: Propia

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

Donde

$M_r =$ modulo de rotura kg/cm^2

$P =$ carga maxima aplicada en kg

$L =$ luz libre entre apoyos en cm

$b =$ ancho de la viga en cm

$h =$ altura de viga en cm

La resistencia a la tracción según Sánchez de Guzmán (2001) , por su naturaleza el concreto es bastante débil a esfuerzos de tracción, esta propiedad conduce generalmente a que no tenga en cuenta en el diseño de estructuras normales, la tracción que tiene que ver con el agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los cambios de la temperatura, ya que estos factores generan esfuerzos internos de tracción. (pág. 55).la resistencia a la tracción indirecta se calcula mediante a la siguiente ecuación.

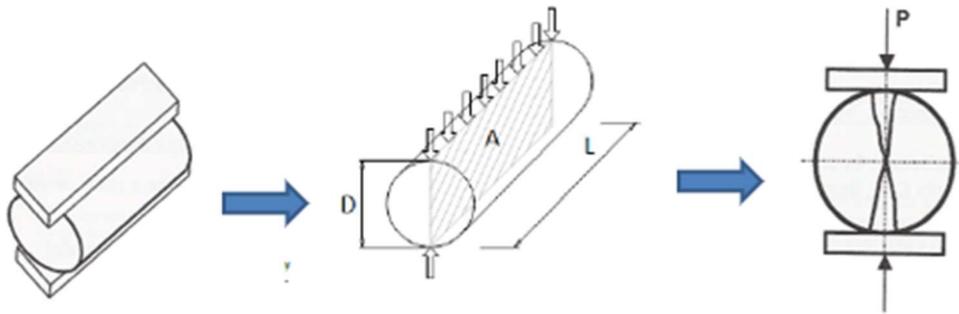


Figura 5 esquema del ensayo a la resistencia a tracción indirecta.
Fuente: Propia

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

Donde

f_{tr} = resistencia a la tracción kg/cm^2

P = carga maxima indicada por la maquina de ensayo (Kg)

L = longitud del cilindro en cm

D = diametro del cilindro en cm

La variable **Tufo de piedra volcánica** según Nielson (1984) Roca compuesta principalmente por vidrio volcánico proveniente de la acumulación de ceniza volcánica. Su color varía desde el amarillento hasta el parduzco. Si bien es una roca blanda, se endurece y se vuelve inalterable bajo la acción de los agentes atmosféricos” (pag.14)

Ministerio Transportes y comunicaciones (2016) define al **contenido de humedad del agregado** como aquella relación entre el peso del agua en una masa de una determinada muestra y el peso de las partículas solidas de la misma muestra para cual se utiliza la siguiente expresión.

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde

P = de contenido de humedad (%)

w = peso de la muestra inicial (gr)

D = peso de la muestra seca

Según la NTP 400.021 (2002) **absorción del agregado grueso** esta característica se expresa en porcentajes de peso seco y está definida como aquella cantidad de agua que ha sido absorbida de aquel agregado que ha sido sometido a un secado de una T° de $110^\circ\text{c} \pm 5^\circ\text{c}$ después de haber sido sumergido en agua durante 24 horas. (pag.3), se calcula con la ec. 2.5

Según la NTP 400.021 (2002) el **peso específico** es definido como la relación entre la masa de un volumen unitario de material y la masa del mismo volumen de agua a temperaturas estables (pag.3),

Según la NTP 400.021 (2002) **peso específico aparente**. es definido como la relación existente entre la masa de un volumen unitario de una muestra de agregado con características impermeables y la masa de igual volumen de agua destilada libre de gas (pag.3), se calcula con la ec. 2.6

Según la NTP 400.021 (2002) **peso específico de masa**.es considerado como aquella relación establecida entre la masa de un volumen unitario de un agregado incluyendo solamente los poros permeables e impermeables en las partículas y la masa de igual volumen de agua destilada libre de gas (pag.3), se calcula con la ec. 2.7

Según la NTP 400.021 (2002) el **peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS)** se define como aquella relacione entre la masa de un volumen unitario de agregado con la más del agua de los poros colmatados producto de la sumersión en agua durante las 24 horas y la masa de igual volumen de agua destilada libre de gas.(pag.3), se calcula con la ec. 2.8

$$A_b = \frac{(B - A)}{A} * 100 \quad (\text{Ec. 2. 5})$$

A_b = absorción (%)

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

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

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

$$P_{EA} = \frac{A}{(A - C)} \quad (\text{Ec. 2. 6})$$

$$P_{EM} = \frac{A}{(A - C)} \quad (\text{Ec. 2. 7})$$

$$P_{ESSS} = \frac{B}{(B - C)} \quad (\text{Ec. 2. 8})$$

Donde

P_{EA} = peso específico aparente

P_{EM} = peso específico de masa

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

Según la NTP 400.022 (2013) **absorción del agregado fino** esta característica es expresada en porcentajes y esta definida como el incremento de la masa del agregado producto al agua presente en los poros de agua . (pag.5), se calcula con la ec. 2.12

Según la NTP 400.022 (2013) **densidad de masa**. Esta característica es expresada en kilogramos por metro cubico y esta definida como la masa por unidad de volumen del agregado (pag.6), se calcula con la ec. 2.9

Según la NTP 400.022 (2013) **Densidad saturada superficialmente seco** está definida como aquella condición en la que los poros de característica permeable de las partículas del agregado están colmatados de agua por la inmersión que fueron sometidas durante un periodo(pag.7), se calcula con la ec. 2.10

Según la NTP 400.022 (2013) **densidad aparente** es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del agregado. (pag.6), se calcula con la ec. 2.11

$$D_M = \frac{W_0}{(V - V_a)} \quad (\text{Ec. 2. 9})$$

$$D_{SSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \quad (\text{Ec. 2. 10})$$

$$D_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \quad (\text{Ec. 2. 11})$$

$$A_b = \left(\frac{500 - W_0}{W_0} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 2. 12})$$

Donde

D_{SSS} = Densidad saturada superficialmente seco

D_a = densidad aparente

A_b = absorción (%)

D_M = densidad de masa gr/cm³

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

V = Volumen del frasco en cm³

V_a = Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

Según la NTP 400.017 (1999) **el porcentaje de vacíos** es el espacio entre las partículas en una masa de agregado, no ocupado por materia mineral sólida (pag.2), se calcula con la ec. 2.14. El Peso unitario e s el peso, por unidad de volumen, de la parte sólida se calcula con la ec. 2.13

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

$$\% \text{Vacíos} = \frac{(A * W) - B}{A * W} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

M = *Peso unitario del agregado en kg/m³ (lb/pie³)*

$\%Vacios$ = *porcentaje de vacio (%)*

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

T = *Peso del recipiente de medida en kg (lb)*

V = *Volumen del recipiente de medida en m³ (pie³)*

La granulometría según Abanto (2009) viene hacer aquella distribución de las partículas en función al tamaño de la mismas y es determinada por acción de separación a través de unas mallas normalizadas. Según Toirac (2012) el módulo de fineza está definido como aquel índice que permite estimar las características de los agregados, para su obtención se realizar la división de la sumatoria de los porcentos retenidos acumulados en los tamices normalizados.

MF_{ag}

$$= \frac{\sum \%retenido\ acumulado(3'', 1\frac{1}{2}'', 3/4'', 3/8'', N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad Ec\ 2.14$$

$$MF_{af} = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(3/8'', N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad Ec\ 2.15$$

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Método: científico

Según Sierra citada por Baena (2018) considera que el método científico consiste en un procedimiento que pretende formular problemas y/o preguntas sobre la realidad y los seres humanos, se basa en la observación y las teorías existentes; anticipa soluciones a través de la formular hipótesis de los problemas y contrastarlos (pág. 33).

La investigación se realizó con la observación directa de como teniendo como premisa las hipótesis y las interrogantes establecidas sobre el comportamiento mecánico del concreto bajo condición de adición de tufo de piedra volcánica.

Según la definición descrita, en esta investigación se hizo uso del método ***científico***

3.1.2 Tipo: Aplicada

Muñoz (2016) Menciona lo siguiente: “la investigación aplicada busca o tiene como fin la aplicación inmediata de los conocimientos obtenidos” (p.35).

El presente trabajo investigación se desarrolló haciendo uso de los conocimientos obtenidos en la formación profesional y durante la investigación el cual permitió realizar la evaluación correcta del comportamiento mecánico del concreto

En función a lo descrito esta investigación es de tipo ***aplicada***

3.1.3 Nivel: Explicativo

Según Hernández et. al, (2014) la investigación de nivel explicativo es cuando se determinaran principios o causas de los objetivos establecidos, siendo fundamental estudiar y explicar el ¿por qué? ocurren los fenómenos y la relacionan entre dos o más variables (p.95).

La investigación se pretende no solo dar una descripción, sino evaluar y explicar el comportamiento mecánico del concreto bajo condiciones de adición de tufo de piedra volcánica.

Bajo este análisis la investigación corresponde a un nivel **Explicativo**

3.1.3 Diseño: Cuasi experimental.

Hernández et al (2014) quien indican que este diseño cuasiexperimental ocurre cuando se manipula intencionadamente al menos una variable independiente y afecta sobre una o más variables dependientes (pág. 151)

La investigación traerá consigo realizar la manipulación de las variables del tubo de la piedra volcánica.

Conforme a la teoría revisada, esta investigación tiene un diseño **cuasi experimental**

3.2 Variable y Operacionalización

La operacionalización de las variables se encuentra en el anexo N° 02

3.2.1 Variable Independiente: Tufo de piedra volcánica

Definición Conceptual

Roca compuesta principalmente por vidrio volcánico proveniente de la acumulación de ceniza volcánica. Su color varía desde el amarillento hasta el parduzco. Si bien es una roca blanda, se endurece y se vuelve inalterable bajo la acción de los agentes atmosféricos. Nielson (1984)

3.2.2 Variable dependiente: Comportamiento mecánico del concreto

Definición Conceptual

El comportamiento mecánico del concreto está gobernado por la capacidad que ofrece la pasta del concreto en estado endurecido conjuntamente con los agregados a resistir los esfuerzos como el de flexión, de corte, de tracción y compresión que son inducidos por cargas, esta capacidad está condicionadas a la elaboración, colocación y curado del concreto. Niño (2010)

3.2.3 Variable Independiente: Tufo de piedra volcánica

Definición Conceptual

Roca compuesta principalmente por vidrio volcánico proveniente de la acumulación de ceniza volcánica. Su color varía desde el amarillento hasta el parduzco. Si bien es una roca blanda, se endurece y se vuelve inalterable bajo la acción de los agentes atmosféricos.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Según Sánchez (2018) conjunto formado por todos los elementos que tienen características comunes, elementos, individuos, objetos, que comparten ciertas características o un criterio común. (p.102).

En la presente investigación la población ha sido la producción de concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica en 4%,8%,12% y 15% en la ciudad de cusco.

3.3.2 Muestra

Según Palella et al (2012) considera que la muestra no es más que escoger una parte específica de una población, cuyas características sean de la forma más exacta posible.” (p. 105).

La presente investigación contemplo 45 muestras cilíndricas para el ensayo de compresión, 45 muestras prismáticas para el ensayo de flexión y 45 muestras cilindras para el ensayo de tracción, a continuación, se detalla.

Tabla 1
Muestra a evaluar

Dosificación de tufo de piedra volcánica a 7 días									
0%		4%		8%		12%		15%	
Muestras									Total
Compresión	B1-0-C7	B1-4-C7	B1-8-C7	B1-12-C7	B1-15-C7	15			
	B2-0-C7	B2-4-C7	B2-8-C7	B2-12-C7	B2-15-C7				
	B3-0-C7	B3-4-C7	B3-8-C7	B3-12-C7	B3-15-C7				
Flexión	V1-0-F7	V1-4-F7	V1-8-F7	V1-12-F7	V1-15-F7	15			
	V2-0-F7	V2-4-F7	V2-8-F7	V2-12-F7	V2-15-F7				
	V3-0-F7	V3-4-F7	V3-8-F7	V3-12-F7	V3-15-F7				
Tracción	B1-0-T7	B1-4-T7	B1-8-T7	B1-12-T7	B1-15-T7	15			
	B2-0-T7	B2-4-T7	B2-8-T7	B2-12-T7	B2-15-T7				
	B3-0-T7	B3-4-T7	B3-8-T7	B3-12-T7	B3-15-T7				

Dosificación de tufo de piedra volcánica a 14 días									
0%		4%		8%		12%		15%	
Muestras									Total
Compresión	B1-0-C14	B1-4-C14	B1-8-C14	B1-12-C14	B1-15-C14	15			
	B2-0-C14	B2-4-C14	B2-8-C14	B2-12-C14	B2-15-C14				
	B3-0-C14	B3-4-C14	B3-8-C14	B3-12-C14	B3-15-C14				
Flexión	V1-0-F14	V1-4-F14	V1-8-F14	V1-12-F14	V1-15-F14	15			
	V2-0-F14	V2-4-F14	V2-8-F14	V2-12-F14	V2-15-F14				
	V3-0-F14	V3-4-F14	V3-8-F14	V3-12-F14	V3-15-F14				
Tracción	B1-0-T14	B1-4-T14	B1-8-T14	B1-12-T14	B1-15-T14	15			
	B2-0-T14	B2-4-T14	B2-8-T14	B2-12-T14	B2-15-T14				
	B3-0-T14	B3-4-T14	B3-8-T14	B3-12-T14	B3-15-T14				

Dosificación de tufo de piedra volcánica a 14 días									
0%		4%		8%		12%		15%	
Muestras									Total
Compresión	B1-0-C28	B1-4-C28	B1-8-C28	B1-12-C28	B1-15-C28	15			
	B2-0-C28	B2-4-C28	B2-8-C28	B2-12-C28	B2-15-C2				
	B3-0-C28	B3-4-C28	B3-8-C28	B3-12-C28	B3-15-C28				
Flexión	V1-0-F28	V1-4-F28	V1-8-F28	V1-12-F28	V1-15-F28	15			
	V2-0-F28	V2-4-F28	V2-8-F28	V2-12-F28	V2-15-F28				
	V3-0-F28	V3-4-F28	V3-8-F28	V3-12-F28	V3-15-F28				
Tracción	B1-0-T28	B1-4-T28	B1-8-T28	B1-12-T28	B1-15-T28	15			
	B2-0-T28	B2-4-T28	B2-8-T28	B2-12-T28	B2-15-T28				
	B3-0-T28	B3-4-T28	B3-8-T28	B3-12-T28	B3-15-T28				

Fuente: propia

3.3.2 Muestreo: no probabilístico

Según Lopez y Fachelli (2015) considera que “En el muestreo no probabilístico intencional la selección de los elementos a estudiarse será determinado de acuerdo con la conveniencia del investigador teniendo en cuenta los factores que considere pertinentes” (p. 7).

El muestreo que se realizó en esta investigación, es de tipo no probabilístico ya que la muestra fue designada al azar.

3.3.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis para Azcona et al (2013) es el tipo de objeto definido por el investigador para ser investigado (pág. 70).

De lo anterior, la unidad de análisis son los especímenes de concreto

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica. Observación directa

Según Bernal et al. (2014) definen “técnica de investigación, que consiste en analizar con atención las categorías de análisis en el lugar donde ocurre el fenómeno de estudio. La observación puede ser participante o no participante, dependiendo de la intervención del investigador durante dicho proceso”. (p.58)

En la presente investigación se aplicará la observación directa para la recopilación de la información.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.

De acuerdo a Bernal (2010) “La ficha de recolección de datos es un instrumento en la cual se plasma información más relevante encontrada en los procesos de búsqueda de información” (p.15).

Para presente investigación el instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos, el cual es elaborado por el investigador.

3.4.2 Validez.

Carrasco (2006) sostiene que: “es una característica de los instrumentos de investigación cuyo finalidad es medir con objetividad, precisión, veracidad y autenticidad aquello que se desea medir de la variable o variable de estudio” (p. 336).

Tabla 2

Rangos y magnitudes de validez

Rango	Magnitud
0.81 – 1.00	<i>Muy alta</i>
0.61 – 0.80	<i>alta</i>
0.41 – 0.60	<i>Moderada</i>
0.21 – 0.40	<i>Baja</i>
0.01 – 0.20	<i>Muy baja</i>

Fuente: Ruiz (2013)

La validez de contenido de un instrumento de las variables, Tufo de piedra volcánica y Comportamiento mecánico del concreto se dio a través del juicio de 03 expertos se encuentra en el anexo N° 02

Tabla 3

Validez –Juicio de expertos

N°	Grado académico	Nombre y Apellidos	CIP	Dictamen
1	Ing. Civil	Guillermo Huamán Serrano	159121	0.725
2	Ing. Civil	Raul Apaza Menes	79713	0.830
3	Ing. Civil	Fidel Maccapa Chanca	224654	0.675

Fuente: Propia

Realizada la validación se tubo con resultado 0.74 que en contraste con la Tabla 4 le otorga una validez alta.

3.4.2 Confiabilidad.

Muñoz (2016) se refiere a la coherencia de los datos e información obtenida, se relaciona de forma particular con la técnica y, sobre todo, con los instrumentos empleados en la investigación, lo que asegura resultados consistentes. (p. 186)

Tabla 4
Rangos y magnitudes de Confiabilidad

<i>Rango</i>	<i>Magnitud</i>
0.81 – 1.00	<i>Muy alta</i>
0.61 – 0.80	<i>alta</i>
0.41 – 0.60	<i>Moderada</i>
0.21 – 0.40	<i>Baja</i>
0.01 – 0.20	<i>Muy baja</i>

Fuente: Ruiz (2013)

3.5 Procedimientos

3.5.1 Estudios previos.

Se realizó la identificación de las canteras de agregados y del tufo volcánico, ambas en el distrito de taray de la región cusco, la cantera del tufo volcánico se encuentra en las coordenadas wgs 84 N:8 509753.27 y E:186 866.57 en sector denominado ccaccacollo y la cantera de agregados se encuentra en las coordenadas wgs 84 N:8 504 129.17 y E:201 601.61

Dichos materiales fueron transportados en un volquete de 3 m³ y un cargador frontal de capacidad de 1.3Yd.

3.5.2 Trabajos de laboratorio.

Se realizó la caracterización de los materiales con la finalidad de realizar el diseño de mezcla para la elaboración de las muestras de concreto, durante el proceso de fraguado de las muestras se realizó el curado correspondiente posterior a ello se desarrolló los ensayos de resistencia a compresión a la flexión y la tracción, todos los lineamientos y procedimientos nos basamos en las siguientes normas:

MTC E 108 Determinación del Contenido de Humedad, ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

MTC E 202 Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) por lavado NTP 400.018 Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado Cantidad de 75 μm (Nº 200) por lavado en agregados.

MTC E 204 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

MTC E 206 Peso específico y absorción de agregados gruesos NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

MTC E 205 gravedad específica y absorción de agregados finos, NTP 400.022: Peso Específico y absorción del agregado Fino.

MTC E 203 peso unitario y vacíos de los agregados, NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

MTC E 704 resistencia a la compresión testigos cilíndricos, NTP 339.034 Hormigón (Concreto), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. ASTM C 39-39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

MTC E 708 Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros Estándares De Concreto, NTP 339.084 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. ASTM C 496 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. AASHTO T 192 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

MTC E 711 Resistencia a la flexión del concreto método de la viga simple cargada en el punto central, NTP 339.059 Hormigón (Concreto). Método para la obtención y ensayos de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto). ASTM C 42 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. AASHTO T 24 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

3.6 Método y análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos de la presente investigación se desarrolló en función a los objetivos establecidos:

3.6.1 Determinación de la variación del comportamiento mecánico del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra.

a) Caracterización de los agregados

contenido de humedad del agregado grueso

para el cálculo se tomó en consideración 03 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 108 - 2016, Basado en la Norma ASTM D-2216

Tabla 5

Datos de laboratorio para cálculo de humedad del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
<i>Peso de Capsula (gr)</i>	20.66	18.99	16.48
<i>Peso de Capsula + Muestra Humeda(gr)</i>	87.21	76.36	105.52
<i>Peso inicial de la muestra (gr)</i>	66.55	57.37	89.04
<i>Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)</i>	78.53	68.8	93.97
<i>Peso del Agua (gr)</i>	8.68	7.56	11.55
<i>Peso de la Muestra Seca (gr)</i>	57.87	49.81	77.49

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°05 y utilizando la ec 2.4, se determinó el porcentaje de humedad del agregado grueso.

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

$$P_{M1} = \left(\frac{66.55 - 57.87}{57.87} \right) * 100 = 15.0\%$$

$$P_{M2} = \left(\frac{57.37 - 49.81}{49.81} \right) * 100 = 15.18\%$$

$$P_{M3} = \left(\frac{89.04 - 77.49}{77.49} \right) * 100 = 14.91\%$$

De los cálculos realizados un porcentaje de humedad del agregado grueso de 15.03%

Cálculo del contenido de humedad del agregado fino

Para el cálculo se tomó en consideración 03 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 108 – 2016 y la Norma ASTM D-2216.

Tabla 6

Datos de laboratorio para cálculo de humedad del agregado fino

<i>Descripción</i>	<i>Muestra 01</i>	<i>Muestra 02</i>	<i>Muestra 03</i>
<i>Peso de Capsula (gr)</i>	18.31	16.07	15.95
<i>Peso de Capsula + Muestra Humeda(gr)</i>	71.43	86.11	75.38
<i>Peso inicial de la muestra (gr)</i>	53.12	70.04	59.43
<i>Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)</i>	70.75	85.12	74.69
<i>Peso del Agua (gr)</i>	0.68	0.99	0.69
<i>Peso de la Muestra Seca (gr)</i>	52.44	69.05	58.74

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°06 y utilizando la ec 2.4, se determinó lo siguiente.

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

$$P_{M1} = \left(\frac{53.12 - 52.44}{52.44} \right) * 100 = 1.30\%$$

$$P_{M2} = \left(\frac{70.04 - 69.05}{69.05} \right) * 100 = 1.43\%$$

$$P_{M3} = \left(\frac{74.69 - 58.74}{58.74} \right) * 100 = 1.17\%$$

De los cálculos realizados un porcentaje de humedad del agregado fino de 1.30%

Cálculo del peso específico y absorción de agregados gruesos

Para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso se tomó en consideración 02 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 206 – 2016 y la Norma ASTM C-127 y AASHTO T-85.

Tabla 7

Datos para cálculo del Peso específico y Absorción del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
<i>Peso de la Muestra Seca (gr)</i>	4036	4033
<i>Peso de la Muestra Sumergida (gr)</i>	2542	2549.91
<i>Temperatura del Agua (°C)</i>	14	14
<i>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)</i>	4070	4067

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°07 se determinó lo siguientes:

Peso específico con la ec. 2.7

$$P_{EM} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$P_{EM1} = \frac{4036}{(4070 - 2542)} = 2.641 * fct^{\circ} = 2.641 * 1.0015855 = 2.646$$

$$P_{EM2} = \frac{4033}{(4067 - 2549.91)} = 2.658 * 1.0015855 = 2.663$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{ESSS}) con la ec. 2.8

$$P_{ESSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$P_{ESSS1} = \frac{4070}{(4070 - 2542)} = 2.664$$

$$P_{ESSS2} = \frac{4067}{(4067 - 2549.91)} = 2.681$$

Peso específico aparente con la ec. 2.6

$$P_{EA} = \frac{A}{(A - C)}$$

$$P_{EA1} = \frac{4036}{(4036 - 2542)} = 2.701$$

$$P_{EA2} = \frac{4033}{(4033 - 2549.91)} = 2.719$$

Absorción con la ec. 2.5

$$A_b = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

$$A_{b1} = \frac{(4070 - 4036)}{4036} * 100 = 0.84\%$$

$$A_{b2} = \frac{(4067 - 4033)}{4033} * 100 = 0.84\%$$

Tabla 8

Datos del cálculo del Peso específico y Absorción del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso de la Muestra Seca (gr)	4036	4033
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	2542	2549.91
Temperatura del Agua (°C)	14	14
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	4070	4067
Peso Específico de masa a t° de ensayo (pem)	2.641	2.658
factor de corrección de temperatura	1.0015855	1.0015855
(pem)	2.646	2.663
(Pesss)	2.664	2.681
(Pea)	2.701	2.719
Peso del Agua Absorbida (gr)	34	34
Capacidad de Absorción	0.84%	0.84%

Fuente: Propia

Los cálculos realizados no dieron un peso específico promedio del agregado grueso de 2.65 y una capacidad de absorción de 0.84%

Cálculo del peso específico y absorción del agregado fino

Para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino se tomó en consideración 02 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 205 - 2016, Basado en la Norma ASTM C-128 y AASHTO T-84.

Tabla 9

Parámetros calculados de la densidad relativa y absorción del agregado fino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Picnómetro	1	1
Volumen del Picnómetro (ml)	500	500
Peso del Picnómetro (gr)	191.79	191.79
Peso de la Muestra Seca (gr)	143.41	146.19
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	767.54	768.84
Temperatura del Agua (°C)	14	14
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	146.42	149.25
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	675.64	675.64
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	91.9	93.2
Peso del Agua Desplazada (gr)	54.52	56.05
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³)	2.63	2.608
Factor de corrección por Temperatura	1.0015855	1.0015855
Peso del Agua Absorbida (gr)	3.01	3.06
densidad relativa (gr/cm ³)	2.635	2.612
Capacidad de Absorción	2.10%	2.09%

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio se determinó lo siguiente

Densidad relativa de masa con la ec.2.9

$$D_{M1} = \frac{W_0}{(V - V_a)} * 1.0015855 = 2.635 \text{ gr/cm}^3$$

$$D_{EM2} = \frac{W_0}{(V - V_a)} * 1.0015855 = 2.612 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad de masa saturado con superficie seca con la ec 2.10

$$D_{SSS} = \frac{500}{(V - V_a)}$$

Densidad aparente con la ec 2.11

$$D_a = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

Absorción con la ec 2.12

$$A_{b1} = \left(\frac{500 - W_o}{W_o} \right) * 100 = 2.10\%$$

$$A_{b2} = \left(\frac{500 - W_o}{W_o} \right) * 100 = 2.09\%$$

Los cálculos realizados no dieron una densidad relativa promedio del agregado fino de 2.62 gr/cm^3 y una capacidad de absorción de 2.10%

Cálculo peso unitario y porcentaje de vacíos del agregado grueso

Para el cálculo se tomó en consideración 02 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 203 – 2016 y la Norma ASTM C-29

Tabla 10

Datos para el cálculo del peso unitario y % de vacíos del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Molde	P-1	P-1
Peso del Molde (gr)	1664	1664
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	5582	5574
Volumen del Molde (cm ³)	3000	3000

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°10 y utilizando la ec 2.13 y 2.14, se determinó

Peso unitario suelto

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M_1 = \frac{(5582 - 1664)}{3000} = 1.306 \text{ gr/cm}^3$$

$$M_2 = \frac{(5582 - 1664)}{3000} = 1.303 \text{ gr/cm}^3$$

Porcentaje de vacíos (usando la densidad de agua: 998 kg/m^3)

$$\% \text{Vacíos}_1 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 50.79\%$$

$$\% \text{Vacíos}_2 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 50.89\%$$

Tabla 11

Peso unitario y % de vacíos del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
<i>Número de Molde</i>	P-1	P-1
<i>Peso del Molde (gr)</i>	1664	1664
<i>Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)</i>	5582	5574
<i>Peso de la Muestra Suelta (gr)</i>	3918	3910
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	3000	3000
<i>Peso Unitario Suelto (gr/cm³)</i>	1.306	1.303
<i>Peso Específico (kg/m³)</i>	2654.07	2654.07
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</i>	1306.00	1303.33
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	50.79%	50.89%

Fuente: Propia

De los cálculos realizados se obtuvo un peso unitario suelto de agregado grueso de 1304.67 Kg/m^3 y un porcentaje de vacíos de 50.84%

Cálculo peso unitario varillado y porcentaje de vacíos del agregado grueso

Para el cálculo se tomó en consideración 02 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 203 - 2016, Basado y la Norma ASTM C-29

Tabla 12

Datos para el cálculo peso unitario varillado y % de vacíos del agr. grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Número de Molde	P-1	P-1
<i>Peso del Molde (gr)</i>	1664	1664
<i>Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)</i>	6150	6151
<i>Peso de la Muestra Varillada (gr)</i>	4486	4487
<i>Volumen del Molde (cm³)</i>	3000	3000

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°12 y utilizando la ec 2.13 y 2.14, se determinó.

Peso unitario varillado

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M_1 = \frac{(6150 - 1664)}{3000} = 1.495 \text{ gr/cm}^3$$

$$M_2 = \frac{(6151 - 1664)}{3000} = 1.496 \text{ gr/cm}^3$$

Porcentaje de vacíos (usando la densidad de agua: 998 kg/m³)

$$\% \text{Vacíos}_1 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 43.66\%$$

$$\% \text{Vacíos}_2 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 43.65\%$$

Tabla 13*Peso unitario varillado y % de vacíos del agregado grueso*

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Número de Molde	P-1	P-1
<i>Peso del Molde (gr)</i>	1664	1664
<i>Peso del Molde</i>	6150	6151
<i>Peso de la Muestra Varillada (gr)</i>	4486	4487
<i>Volumen del Molde (cm3)</i>	3000	3000
<i>Peso Unitario Varillado (gr/cm3)</i>	1.495	1.496
<i>Peso Específico (kg/m3)</i>	2654.07	2654.07
<i>Peso Unitario Varillado (kg/m3)</i>	1495.33	1495.67
<i>Porcentaje de Vacíos</i>	43.66%	43.65%

Fuente: Propia

De los cálculos realizados se obtuvo un peso unitario varillado de agregado grueso de 1495.50 Kg/m^3 y un porcentaje de vacíos de 43.65%

Cálculo peso unitario suelto y porcentaje de vacíos del agregado fino

Para el cálculo se tomó en consideración 02 muestras, el procedimiento se realizó en función al Manual de ensayo de materiales MTC E 203 - 2016, Basado en la Norma ASTM C-29

Tabla 14

Datos para el cálculo peso unitario suelto y % de vacíos del agregado fino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Molde	P-1	P-1
Peso del Molde (gr)	1664	1664
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	5854	5783
Volumen del Molde (cm3)	3000	3000

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en el laboratorio que se indican en la tabla n°14. y utilizando la ec 2.13 y 2.14, se determinó

Peso unitario suelto

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

$$M_1 = \frac{(5854 - 1664)}{3000} = 1.397 \text{ gr/cm}^3$$

$$M_2 = \frac{(5783 - 1664)}{3000} = 1.373 \text{ gr/cm}^3$$

Porcentaje de vacíos (usando la densidad de agua: 998 kg/m³)

$$\% \text{Vacíos}_1 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 46.76\%$$

$$\% \text{Vacíos}_2 = \frac{(A * W) - B}{A * W} = 47.66\%$$

Tabla 15

Peso unitario suelto y % de vacíos del agregado fino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Número de Molde	P-1	P-1
Peso del Molde (gr)	1664	1664
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	5854	5783
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4190	4119
Volumen del Molde (cm ³)	3000	3000
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.397	1.373
Peso Específico (kg/m ³)	2623.46	2623.46
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1396.67	1373.00
Porcentaje de Vacíos	46.76%	47.66%

Fuente: Propia

De los cálculos realizados se obtuvo un peso unitario suelto de agregado fino de 1384.83 Kg/m³ y un porcentaje de vacíos de 47.21%

Granulometría

Para el cálculo de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso hemos empleado los procedimientos establecidos en MTC E 202 - 2016, en la Norma ASTM C-117 y AASHTO T-11, se analizó una muestra de peso seco de 10 778.4 gr (antes de lavado), posterior al lavado se tuvo un peso de muestra de seca de 10 764.9 gr y un peso del residuo filtrado de 13.43gr, la muestra dio una fracción fina (Pasa el Tamiz N° 200) que equivale a un 0.13% y una fracción gruesa (Retiene el Tamiz N.º 200) de 99.87%.

Tabla 16*Parámetros del material que pasa el tamiz N° 200*

Descripción	Valores
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	13.50
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	0.1253%
Verificación	0.1246%
% de Error en Peso	0.52%
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	13.50

Fuente: Propia

El análisis granulométrico del agregado grueso se realizó con los lineamientos establecido en el manual de ensayos del MTC E 204 - 2000, la Norma ASTM C-136 y AASHTO T-27, para el cual la muestra a evaluar tuvo un peso seco de 10778.40 gr (antes del lavado), posterior al lavado se tuvo una muestra de peso seco de 10 764.90 gr.

Tabla 17*Análisis granulométrico del agregado grueso*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa		
						Límite Inferior	Límite Superior
4"	100	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3½"	90	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3"	75	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
2½"	63	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
2"	50	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1½"	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25	1377	12.78%	12.78%	87.22%	90%	100%
¾"	19	4789.8	44.44%	57.21%	42.79%	20%	55%
½"	12.5	4573.8	42.43%	99.65%	0.35%	0%	10%
⅜"	9.5	16.2	0.15%	99.80%	0.20%	0%	5%
N° 4	4.75	8.1	0.08%	99.87%	0.13%		
N° 8	2.36	0.7	0.01%	99.88%	0.12%		
N° 16	1.18	0.95	0.01%	99.89%	0.11%		

Nº 50	0.3	3	0.03%	99.92%	0.08%		
Bandeja		1.43	0.01%	99.93%			
		10770.98	99.93%				

Fuente: Propia

Respecto a la fracción de grava, arena y finos de la muestra se tuvo dentro del % de grava (retiene tamiz N°4) un 99.87%, dentro del % de arena (pasa N°04 y retiene N°200) un 0.06 % y dentro del % de finos (pasa tamiz N°200) un 0.13%.

Respecto a la fracción gruesa de la muestra se tuvo dentro del % de grava un 99.94% y 0.06% dentro del % de la arena.

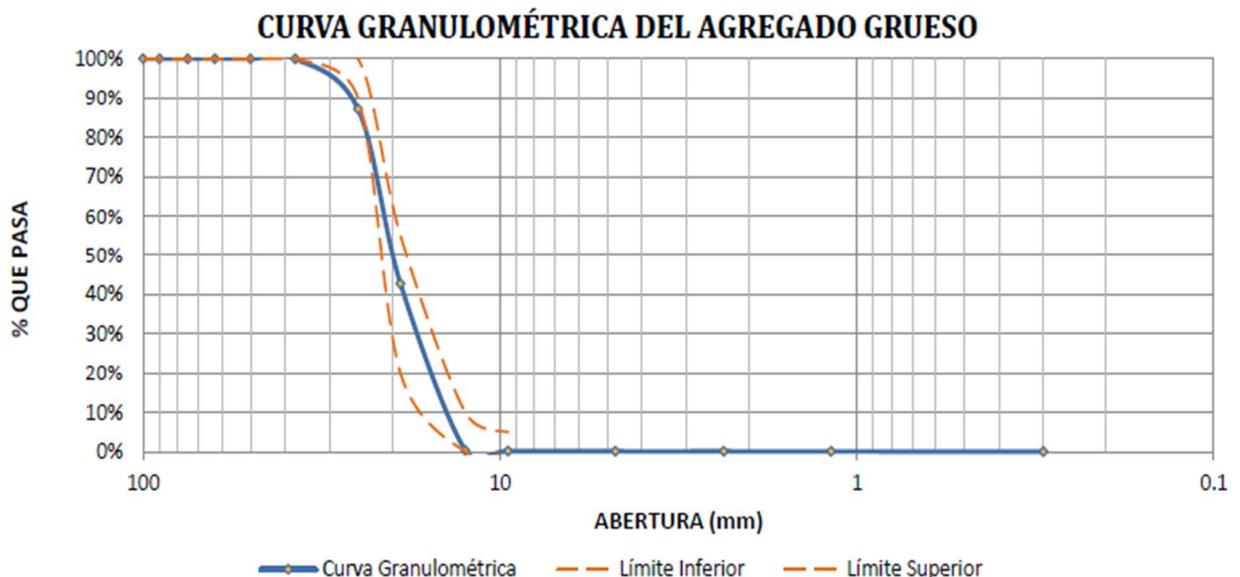


Figura 6 Curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Propia

Para el cálculo de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso hemos empleado los procedimientos establecidos en MTC E 202 - 2016, en la Norma ASTM C-117 y AASHTO T-11, se analizó una muestra de peso seco de 579.04 gr (antes de lavado), posterior al lavado se tuvo un peso de muestra de seca de 543.55 gr y un peso del residuo filtrado de 35.44 gr, la muestra dio una fracción fina (Pasa el Tamiz N° 200) que equivale a un 6.13% y una fracción gruesa (Retiene el Tamiz N° 200) de 93.87%.

Tabla 18*Parámetros del material que pasa el tamiz N° 200 agregado fino*

Descripción	Valores
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	35.49
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	6.1291%
Verificación	6.1205%
% de Error en Peso	0.14%
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	35.49

Fuente: Propia

El análisis granulométrico del agregado fino se realizó con los lineamientos establecido en el manual de ensayos del MTC E 204 - 2000, la Norma ASTM C-136 y AASHTO T-27, para el cual la muestra a evaluar tuvo un peso seco de 579.04 gr (antes del lavado), posterior al lavado se tuvo una muestra de peso seco de 543.55 gr.

Tabla 19*Análisis granulométrico del agregado fino*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa		
						Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.5	56.07	9.68%	9.68%	90.32%	100%	100%
N° 4	4.75	92.5	15.97%	25.66%	74.34%	95%	100%
N° 8	2.36	60.39	10.43%	36.09%	63.91%	80%	100%
N° 16	1.18	41.8	7.22%	43.31%	56.69%	50%	85%
N° 30	0.6	68.08	11.76%	55.06%	44.94%	25%	60%
N° 50	0.3	129.22	22.32%	77.38%	22.62%	5%	30%
N° 100	0.15	71.79	12.40%	89.78%	10.22%	0%	10%
N° 200	0.075	23.17	4.00%	93.78%	6.22%		
Bandeja		0.3	0.05%	93.83%			
		543.32	93.83%				

Fuente: Propia

Respecto a la fracción de grava, arena y finos de la muestra se tuvo dentro del % de grava (retiene tamiz N°4) un 26.66%, dentro del % de arena (pasa N°04 y retiene N°200) un 68.12 % y dentro del % de finos (pasa tamiz N°200) un 6.18%.

Respecto a la fracción gruesa de la muestra se tuvo dentro del % de grava un 27.36% y 72.64% dentro del % de la arena.

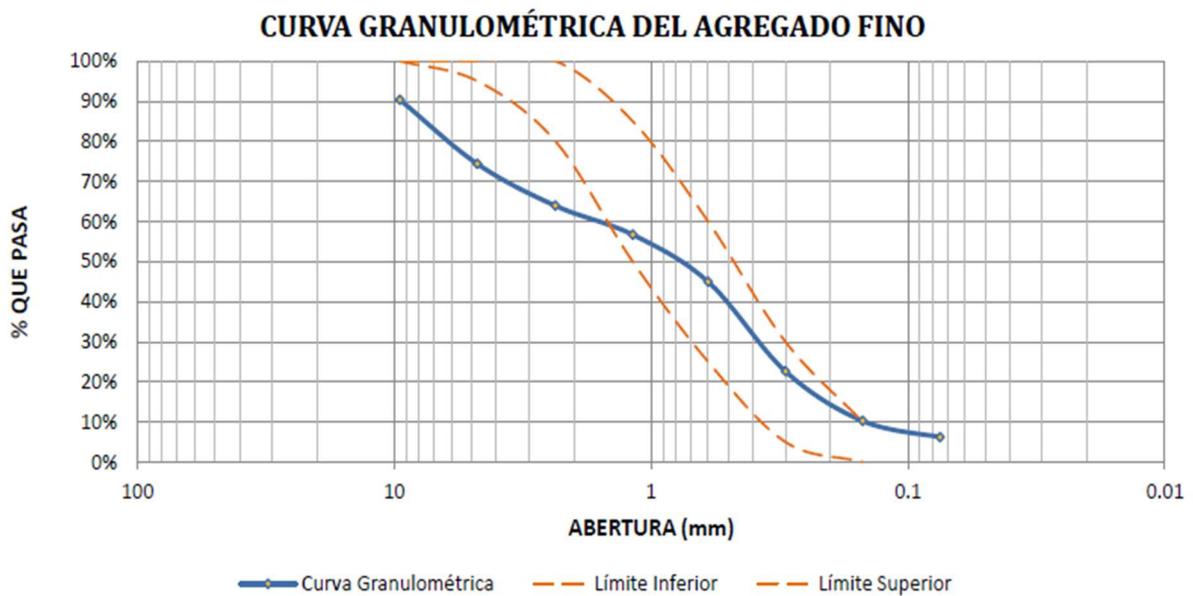


Figura 7 Curva granulométrica del agregado fino.
Fuente: Propia

Módulo de fineza

Para el cálculo del módulo de fineza del agregado grueso se utilizó la ec.2.15., se obtuvo un tamaño máximo absoluto 1½" y tamaño máximo nominal de 1"

$$MF_{ag} = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(3'', 1\frac{1}{2}'', 3/4'', 3/8'', N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF_{ag} = \frac{0 + 0 + 57.21 + 99.87 + 99.88 + 99.88 + 99.89 + 99.92 + 99.93 + 100}{100} = 7.56$$

Para el cálculo del módulo de fineza del agregado fino se utilizó la ec.2.16, se obtuvo un tamaño máximo absoluto 1½" y tamaño máximo nominal de 1"

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

$$MF_{af} = \frac{9.68 + 25.66 + 36.09 + 43.31 + 55.06 + 77.38 + 89.78}{100} = 3.37$$

b) **Diseño de mezcla para concreto** $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

1. Condiciones de Diseño

1.1. Uso de Aditivos. No se utilizó ningún tipo de impermeabilizante ni tampoco incorporador de aire

1.2. Tipo de diseño, resistencia y asentamiento. El diseño se realiza para slump de 3" y una resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

2. Características de los Materiales

2.1. Cemento. El cemento que se utilizó es de tipo IP de la marca frontera con un peso específico de 2.82 gr/cm³ y un peso volumétrico de 1500

2.2. Agua. Para el diseño se utilizó agua potable de la red pública

2.3. Agregados. Los datos de características tanto del agregado grueso y fino para el diseño fueron determinadas en párrafos anteriores.

3. Resistencia de Diseño

3.1. Selección de la Resistencia Requerida $f'cr$. Cuando no se conocen estadísticas de la resistencia del concreto (Factor de Seguridad). Según Norma E.060 Concreto Armado, Capítulo 3 Requisitos de la Construcción, Artículo 4.3.2 Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida, Tabla... Se pueden tomar los valores siguientes:

Tabla 20*Parámetros de factor de seguridad de $f'c$*

$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 84$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f'c$	$f'cr = f'c + 98$

Fuente: Propia

Por lo tanto la Resistencia Promedio Requerida será: $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$

4. Volumen de Agua y Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto

Asentamiento = 3"

Tamaño Máximo Nominal = 1"

4.1. Selección del Volumen de Agua por metro cúbico de Concreto

Volumen de Agua será 193 lt/m³

4.2. Selección del Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto

Volumen de Aire será: 1.50%

5. Relación Agua/Cemento y Contenido de Cemento. Para un diseño de resistencia $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ se tuvo en cuenta.

5.1. Selección de la relación Agua/Cemento por Resistencia

Relación la interpolación la relación de Agua/Cemento es 0.56

5.2. Cálculo del contenido de Cemento

Cantidad de Cemento = 345.63 kg/m³Factor Cemento = 8.13 bolsas/m³

6. Cálculo del Volumen Absoluto de la pasta por metro cúbico Materiales

Tabla 21*Volumen Absoluto de la pasta por metro cúbico Materiales*

<i>Materiales</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>PE (kg/m³)</i>	<i>Vol. Abs.</i>
<i>Cemento</i>	<i>345.63</i>	<i>2820</i>	<i>0.1226</i>
<i>Agua</i>	<i>193.00</i>	<i>1000</i>	<i>0.1930</i>

Aire	1.50%	-	0.0150
------	-------	---	--------

Fuente: Propia

Se obtuvo un Volumen Absoluto de 0.3306 m³

7. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino

7.1. Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: PU Varillado Agr. Grueso)

Tamaño Máximo Nominal =1"

Módulo de Fineza del Agregado Fino =3.37

Factor de Agregado Grueso (b/bo) =0.61

Peso Unitario Varillado del Agregado Grueso =1495.50 kg/m³

Peso del Agregado Grueso =916.81 kg

Peso Específico del Agregado Grueso =2.65 gr/cm³

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =0.3454 m³

7.2. Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: Combinación de MF)

Tamaño Máximo Nominal =1"

Bolsas de Cemento por metro cúbico = 8.13 bolsas/m³

Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados =5.42

Módulo de Fineza del Agregado Grueso =7.56

Módulo de Fineza del Agregado Fino =3.37

% de Agregado Grueso =48.90%

Volumen Absoluto de los Agregados =0.6694 m³

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =0.3273 m³

7.3. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =0.3454 m³

Volumen Absoluto del Agregado Fino =0.3240 m³

8. Cálculo de los Pesos Secos de los Agregados Grueso y Fino

Peso Específico del Agregado Grueso =2.65 gr/cm³

Peso Específico del Agregado Fino =2.62 gr/cm³

Peso Seco del Agregado Grueso = 916.81 kg/m³

Peso Seco del Agregado Fino =850.01 kg/m³

9. Pesos Secos de los Materiales por metro cúbico

Tabla 22

Pesos Secos de los Materiales por metro cúbico

Materiales	Pesos Secos (kg/m³)
<i>Cemento</i>	345.63
<i>Agua</i>	193.00
Agregado Grueso	916.81
Agregado Fino	850.01

Fuente: Propia

Total =2305.44 kg/m³

10. Corrección de los Agregados por Humedad

Peso Seco del Agregado Grueso = 916.81 kg/m³

Peso Seco del Agregado Fino =850.01 kg/m³

Contenido de Humedad del Agregado Grueso =0.40%

Contenido de Humedad del Agregado Fino =1.30%

Peso Húmedo del Agregado Grueso =920.47 kg/m³

Peso Húmedo del Agregado Fino = 861.07 kg/m³

11. Ajustes por Humedad y Absorción de los agregados

Capacidad de absorción del Agregado Grueso =0.84%

Capacidad de absorción del Agregado Fino =2.10%

Ajuste de Agua del Agregado Grueso =4.06 lt

Ajuste de Agua del Agregado Fino =6.75 lt

Ajuste Total de Agua =10.81 lt

Agua de Diseño =193 lt/m³

Agua Efectiva =204 lt/m³

12. Pesos Corregidos de los Materiales por metro cúbico

Tabla 23

Pesos Corregidos de los Materiales por metro cúbico

Materiales	Pesos Húmedos (kg/m³)
Cemento	345.63
Agua	203.81
Agregado Grueso	920.47
Agregado Fino	861.07

Fuente: Propia

$$\frac{345.63}{345.63} : \frac{920.47}{345.63} : \frac{861.07}{345.63} : 25.06 \text{ lt/bolsa}$$

$$1 : 2.66 : 2.49 : 25.06 \text{ lt/bolsa}$$

13. Cálculo de los Materiales en Volumen por metro cúbico

Tabla 24

Materiales en Volumen por metro cúbico

Materiales	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso Unitario (kg)	Volumen (m³)
<i>Cemento</i>	345.63	1500.00	0.2304
<i>Agua Efectiva</i>	203.81	1000.00	0.2038
<i>Agregado Grueso</i>	920.47	1304.67	0.7055
<i>Agregado Fino</i>	861.07	1384.83	0.6218

Fuente: Propia

14. Proporción de dosificación

Proporción en Peso

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 kg	2.49 kg	2.66 kg	0.590 lt

Proporción en Peso por tandas de una bolsa de Cemento

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	105.88 kg	113.18 kg	25.06 lt

Proporción en Peso por tandas de un metro cúbico de Concreto

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
----------------	--------------------	----------------------	-------------

8.13 bolsas	861.07 kg	920.47 kg	203.81 lt
-------------	-----------	-----------	-----------

Proporción en Volumen

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 m ³	2.70 m ³	3.06 m ³	884.52 lt

Proporción en Volumen por tandas de una bolsa de Cemento

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	0.0765 m ³	0.0868 m ³	25.06 lt
1 bolsa	2.70 pie ³	3.06 pie ³	25.06 lt

Proporción en Volumen por tandas de un metro cúbico de Concreto

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
8.13 bolsas	0.6218 m ³	0.7055 m ³	203.81 lt
8.13 bolsas	21.95 pie ³	24.90 pie ³	203.81 lt

c) Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio

Para esta investigación se realizó la preparación de especímenes de muestras cilíndricas y muestra prismáticas con la finalidad de realizar la evaluación de la resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción para las edades de curado de 7, 14 y 28 días, los procedimientos se basaron en el manual de ensayos de materiales MTC E-207, la norma técnica peruana NTP 339.183 CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio y la ASTM C 192 Standard Practices for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

3.6.2 Cálculo de la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se elaboró 45 especímenes de con concreto con característica cilíndrica de diámetro de 150 mm y una altura de 300.48mm, realizando la adición del tufo de piedra volcánica en porcentaje de 4%, 8%, 12% y 15%

Tabla 25*Dosificación para el ensayo de resistencia a la compresión*

MEZCLA	DIMENSIONES	DÍAS	N° VECES	PROPORCIONES POR MUESTRA	
0%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
4%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000085
8%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000170
12%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000255
15%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000319

Fuente: Propia

Una vez realizada la elaboración y curado de las muestras cilíndricas para cada porcentaje de adición y muestra patrón del concreto después de 7, 14 y 28 días de curado se realizó la evaluación a la resistencia de compresión con un equipo de resistencia a la compresión, haciendo el uso de la ec. 2.1 se calculó dicha resistencia

Tabla 26

Datos del ensayo de resistencia a la compresión

% DE ADICIÓN	EDAD DE CURADO	MUESTRA	LONGITUD (CM)	DIÁMETRO (CM)	ÁREA (CM ²)	CARGA DE ROTURA (KG)
0%	7 días	B1-0-C7	30.48	15.02	177.19	15845.79
		B2-0-C7	30.48	15.02	177.19	15627.85
		B3-0-C7	30.48	15.02	177.19	15429.41
	14 días	B1-0-C14	30.48	15.02	177.19	20597.94
		B2-0-C14	30.48	15.02	177.19	20271.91
		B3-0-C14	30.48	15.02	177.19	20236.48
	28 días	B1-0-C28	30.48	15.02	177.19	22187.30
		B2-0-C28	30.48	15.02	177.19	24030.04
		B3-0-C28	30.48	15.02	177.19	24391.50
4%	7 días	B1-4-C7	30.48	15.02	177.19	17651.32
		B2-4-C7	30.48	15.02	177.19	17435.16
		B3-4-C7	30.48	15.02	177.19	17236.71
	14 días	B1-4-C14	30.48	15.02	177.19	22421.19
		B2-4-C14	30.48	15.02	177.19	22259.95
		B3-4-C14	30.48	15.02	177.19	22403.47
	28 días	B1-4-C28	30.48	15.02	177.19	24242.66
		B2-4-C28	30.48	15.02	177.19	25482.97
		B3-4-C28	30.48	15.02	177.19	26725.05
8%	7 días	B1-8-C7	30.48	15.02	177.19	21446.66
		B2-8-C7	30.48	15.02	177.19	21228.72
		B3-8-C7	30.48	15.02	177.19	21211.00
	14 días	B1-8-C14	30.48	15.02	177.19	26397.25
		B2-8-C14	30.48	15.02	177.19	26234.24
		B3-8-C14	30.48	15.02	177.19	26342.33
	28 días	B1-8-C28	30.48	15.02	177.19	28278.97
		B2-8-C28	30.48	15.02	177.19	29554.72
		B3-8-C28	30.48	15.02	177.19	30832.23
	7 días	B1-12-C7	30.48	15.02	177.19	25420.95
		B2-12-C7	30.48	15.02	177.19	25656.61
		B3-12-C7	30.48	15.02	177.19	25257.94
			B1-12-C14	30.48	15.02	177.19

12%	14 días	B2-12-C14	30.48	15.02	177.19	31239.76
		B3-12-C14	30.48	15.02	177.19	31436.44
	28 días	B1-12-C28	30.48	15.02	177.19	33732.78
		B2-12-C28	30.48	15.02	177.19	35249.49
		B3-12-C28	30.48	15.02	177.19	36766.21
15%	7 días	B1-15-C7	30.48	15.02	177.19	29035.56
		B2-15-C7	30.48	15.02	177.19	29269.45
		B3-15-C7	30.48	15.02	177.19	28872.55
	14 días	B1-15-C14	30.48	15.02	177.19	35141.41
		B2-15-C14	30.48	15.02	177.19	34852.60
		B3-15-C14	30.48	15.02	177.19	35051.04
	28 días	B1-15-C28	30.48	15.02	177.19	37490.90
		B2-15-C28	30.48	15.02	177.19	39386.80
		B3-15-C28	30.48	15.02	177.19	38575.28

Fuente: Propia

Con los datos de la tabla n°26. se calculó la f'c de la muestra patrón a los 7 días.

$$f'c_1 = \frac{15845.79 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 89.43 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{15627.85 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 88.2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{15429.41 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 87.08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26. se calculó la f'c de la muestra patrón a los 14 días

$$f'c_1 = \frac{20597.94 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 116.25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{20271.91 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 114.41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{20236.48 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 114.21 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c de la muestra patrón a los 28 días

$$f'c_1 = \frac{22187.30 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 125.22 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{24030.04 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 135.62 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{24391.50 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 137.66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26. se calculó $f'c$ del concreto con adición del 4% de tubo de piedra volcánica a los 7 días

$$f'c_1 = \frac{17651.32 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 99.62 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{17435.16 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 98.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{17236.71 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 97.28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la $f'c$ del concreto con adición del 4% de tubo de piedra volcánica a los 14 días

$$f'c_1 = \frac{22421.19 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 126.54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{22259.95 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 125.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{22403.47 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 126.44 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la $f'c$ del concreto con adición del 4% de tubo de piedra volcánica a los 28 días

$$f'c_1 = \frac{24242.66 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 136.82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{25482.97 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 143.82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{26725.05 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 150.83 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la $f'c$ del concreto con adición del 8 % de tubo de piedra volcánica a los 7 días

$$f'c_1 = \frac{21446.66 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 121.04 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{21228.72 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 119.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{21211.00 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 119.71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 8 % de tubo de piedra volcánica a los 14 días

$$f'c_1 = \frac{26397.25 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 148.98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{26234.24 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 148.06 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{26342.33 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 148.67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 8 % de tubo de piedra volcánica a los 28 días

$$f'c_1 = \frac{28278.97 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 159.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{29554.72 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 166.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{30832.23 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 174.01 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 12 % de tubo de piedra volcánica a los 7 días

$$f'c_1 = \frac{25420.95 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 143.47 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{25656.61 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 144.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{25257.94 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 142.55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 12 % de tubo de piedra volcánica a los 14 días

$$f'c_1 = \frac{31528.58 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 177.94 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{31239.76 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 176.31 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{31436.44 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 177.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 12 % de tubo de piedra volcánica a los 28 días

$$f'c_1 = \frac{33732.78 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 190.38 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{35249.49 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 198.94 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{36766.21 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 207.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 15 % de tubo de piedra volcánica a los 7 días

$$f'c_1 = \frac{29035.56 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 163.87 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{29269.45 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 165.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{36766.21 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 162.95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la f'c del concreto con adición del 15 % de tubo de piedra volcánica a los 14 días

$$f'c_1 = \frac{35141.41 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 198.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{34852.60 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 196.7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{35051.04 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 197.82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Con los datos de la tabla n°26 se calculó la $f'c$ del concreto con adición del 15 % de tubo de piedra volcánica a los 28 días

$$f'c_1 = \frac{37490.90 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 211.59 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_2 = \frac{39386.80 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 222.29 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'c_3 = \frac{38575.28 \text{ kg}}{177.19 \text{ cm}^2} = 217.71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.6.3 Estimación la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g}/\text{cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se elaboró 45 especímenes de con concreto con característica cubica de longitud de 500 mm, una altura de 150 mm y un ancho 150 mm, realizando la adición del tufo de piedra volcánica en porcentaje de 4%, 8%, 12% y 15%

Tabla 27

Dosificación para el ensayo de resistencia a flexión

% DE ADICIÓN	DIMENSIONES	EDAD DE CURADO	N° VECES	PROPORCIONES POR MUESTRA	
0%	L:50 cm	7	3	cemento (m3)	0.001470
	A:15cm	14	3	agregado fino (m3)	0.003972
	H:15cm	28	3	agregado grueso (m3)	0.004507
		total	9	agua (lts)	1.30
4%	L:50 cm	7	3	cemento (m3)	0.001470
	A:15cm	14	3	agregado fino (m3)	0.003972
	H:15cm	28	3	agregado grueso (m3)	0.004507
		total	9	agua (lts)	1.30
				tufo de piedra (m3)	0.000180
8%	L:50 cm	7	3	cemento (m3)	0.001470
	A:15cm	14	3	agregado fino (m3)	0.003972
	H:15cm	28	3	agregado grueso (m3)	0.004507
		total	9	agua (lts)	1.30
				tufo de piedra (m3)	0.000361
12%	L:50 cm	7	3	cemento (m3)	0.001470
	A:15cm	14	3	agregado fino (m3)	0.003972
	H:15cm	28	3	agregado grueso (m3)	0.004507

		total	9	agua (lts)	1.30
				tufo de piedra (m3)	0.000541
15%	L:50 cm	7	3	cemento (m3)	0.001470
	A:15cm	14	3	agregado fino (m3)	0.003972
	H:15cm	28	3	agregado grueso (m3)	0.004507
		total	9	agua (lts)	1.30
				tufo de piedra (m3)	0.000676

Fuente: Propia

Una vez realizada la elaboración y curado de las muestras prismáticas para cada porcentaje de adición y muestra patrón del concreto después de 7, 14 y 28 días de curado se realizó la evaluación a la resistencia de flexión con un equipo de resistencia a la flexión, haciendo el uso de la ec 2.2 se calculó dicha resistencia.

Tabla 28
Datos del ensayo de resistencia a la Flexión

% DE ADICIÓN	EDAD DE CURADO	MUESTRA	LONGITUD (Cm)	ANCHO (Cm)	ALTURA (Cm)	LUZ LIBRE (Cm)	MÁXIMA CARGA APLICADA(KN)
0%	7 días	V1-0-F7	50	15.02	15.03	45	16.39
		V2-0-F7	50	15.02	15.03	45	16.49
		V3-0-F7	50	15.02	15.03	45	16.53
	14 días	V1-0-F14	50	15.02	15.03	45	18.61
		V2-0-F14	50	15.02	15.03	45	18.21
		V3-0-F14	50	15.02	15.03	45	18.47
	28 días	V1-0-F28	50	15.02	15.03	45	23.59
		V2-0-F28	50	15.02	15.03	45	23.75
		V3-0-F28	50	15.02	15.03	45	23.76
4%	7 días	V1-4-F7	50	15.02	15.03	45	16.26
		V2-4-F7	50	15.02	15.03	45	16.47
		V3-4-F7	50	15.02	15.03	45	16.36
	14 días	V1-4-F14	50	15.02	15.03	45	18.23
		V2-4-F14	50	15.02	15.03	45	18.14
		V3-4-F14	50	15.02	15.03	45	18.45
	28 días	V1-4-F28	50	15.02	15.03	45	23.56
		V2-4-F28	50	15.02	15.03	45	23.28
		V3-4-F28	50	15.02	15.03	45	23.74
8%	7 días	V1-8-F7	50	15.02	15.03	45	16.45
		V2-8-F7	50	15.02	15.03	45	16.48
		V3-8-F7	50	15.02	15.03	45	16.47
	14 días	V1-8-F14	50	15.02	15.03	45	18.53
		V2-8-F14	50	15.02	15.03	45	18.25

		V3-8-F14	50	15.02	15.03	45	18.47
	28 días	V1-8-F28	50	15.02	15.03	45	23.71
		V2-8-F28	50	15.02	15.03	45	23.59
		V3-8-F28	50	15.02	15.03	45	23.81
12%	7 días	V1-12-F7	50	15.02	15.03	45	16.43
		V2-12-F7	50	15.02	15.03	45	16.48
		V3-12-F7	50	15.02	15.03	45	16.46
	14 días	V1-12-F14	50	15.02	15.03	45	18.51
		V2-12-F14	50	15.02	15.03	45	18.34
		V3-12-F14	50	15.02	15.03	45	18.49
	28 días	V1-12-F28	50	15.02	15.03	45	23.65
		V2-12-F28	50	15.02	15.03	45	23.57
		V3-12-F28	50	15.02	15.03	45	23.79
15%	7 días	V1-15-F7	50	15.02	15.03	45	16.42
		V2-15-F7	50	15.02	15.03	45	16.47
		V3-15-F7	50	15.02	15.03	45	16.41
	14 días	V1-15-F14	50	15.02	15.03	45	18.49
		V2-15-F14	50	15.02	15.03	45	18.31
		V3-15-F14	50	15.02	15.03	45	18.42
	28 días	V1-15-F28	50	15.02	15.03	45	23.61
		V2-15-F28	50	15.02	15.03	45	23.53
		V3-15-F28	50	15.02	15.03	45	23.78

Fuente: Propia

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) de la muestra patrón a los 7 días

$$Mr_1 = \left(\frac{16.39 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.17 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{16.49 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.30 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{16.53 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.36 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) de la muestra patrón a los 14 días

$$Mr_1 = \left(\frac{18.61 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 25.17 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{18.21 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.63 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{18.47 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.98 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) de la muestra patrón a los 28 días

$$Mr_1 = \left(\frac{23.59 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.90 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{23.75 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.12 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{23.76 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.13 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 4% de tufo de piedra volcánica a los 7 días

$$Mr_1 = \left(\frac{16.26 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 21.99 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{16.47 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.27 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{16.36 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.13 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 4% de tufo de piedra volcánica a los 14 días

$$Mr_1 = \left(\frac{18.23 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.65 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{18.14 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.53 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{18.45 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.95 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 4% de tufo de piedra volcánica a los 28 días

$$Mr_1 = \left(\frac{23.56 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.86 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{23.28 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.48 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{23.74 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.11 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 8 % de tufo de piedra volcánica a los 7 días

$$Mr_1 = \left(\frac{16.45 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.25 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{16.48 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.29 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{16.47 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.27 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 8 % de tufo de piedra volcánica a los 14 días

$$Mr_1 = \left(\frac{18.53 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 25.06 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{18.25 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.68 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{18.47 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.98 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 8 % de tufo de piedra volcánica a los 28 días

$$Mr_1 = \left(\frac{23.71 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.07 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{23.59 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.90 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{23.81 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.20 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 12 % de tufo de piedra volcánica a los 7 días

$$Mr_1 = \left(\frac{16.43 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.22 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{16.48 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.29 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{16.46 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.26 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 12 % de tufo de piedra volcánica a los 14 días

$$Mr_1 = \left(\frac{18.51 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 25.03 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{18.34 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.80 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{18.49 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 25.01 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 12 % de tufo de piedra volcánica a los 28 días

$$Mr_1 = \left(\frac{23.65 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.98 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{23.57 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.88 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{23.79 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.17 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 15 % de tufo de piedra volcánica a los 7 días

$$Mr_1 = \left(\frac{16.42 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.21 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{16.47 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.27 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{16.41 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 22.19 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 15 % de tufo de piedra volcánica a los 14 días

$$Mr_1 = \left(\frac{18.49 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 25.01 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{18.31 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.76 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{18.42 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 24.91 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°28 se calculó el Mr (módulo de rotura) con adición del 15 % de tufo de piedra volcánica a los 28 días

$$Mr_1 = \left(\frac{23.61 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.93 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_2 = \left(\frac{23.53 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 31.82 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Mr_3 = \left(\frac{23.78 * 45}{15.02 * 15.03^2} \right) * 101.972 = 32.16 \frac{kg}{cm^2}$$

3.6.4 Cuantificación la variación de la resistencia a la tracción del concreto f'c=210g/cm2 con la adición de tufo de piedra volcánica.

Para el cálculo de la resistencia a la tracción se elaboró 45 especímenes de con concreto con característica cilíndrica de diámetro de 150 mm y una altura de 300.mm, realizando la adición del tufo de piedra volcánica en porcentaje de 4%, 8%, 12% y 15%

Tabla 29

Dosificación para el ensayo de resistencia a la tracción

% DE ADICIÓN	DIMENSIONES	DÍAS	N° VECES	PROPORCIONES POR MUESTRA	
0%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
4%		7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872

	15.02cm*34.48mm	28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000085
8%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000170
12%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000255
15%	15.02cm*34.48mm	7	3	cemento (m3)	0.000693
		14	3	agregado fino (m3)	0.001872
		28	3	agregado grueso (m3)	0.002124
		total	9	agua (lts)	0.61
				tufo de piedra (m3)	0.000319

Fuente: Propia

Una vez realizada la elaboración y curado de las muestras cilíndricas para cada porcentaje de adición y muestra patrón del concreto después de 7, 14 y 28 días de curado se realizó la evaluación a la resistencia a la tracción con un equipo de resistencia a la tracción, haciendo el uso de la ec.2.3 se calculó dicha resistencia

Tabla 30

Datos del ensayo de resistencia a la Tracción

% de Adición	Edad de curado	Muestra	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	carga de rotura (KN)
0%	7 días	B1-0-T7	30.48	15.02	120.35
		B2-0-T7	30.48	15.02	116.32
		B3-0-T7	30.48	15.02	118.54
	14 días	B1-0-T14	30.48	15.02	180.39
		B2-0-T14	30.48	15.02	169.54
		B3-0-T14	30.48	15.02	175.25
	28 días	B1-0-T28	30.48	15.02	236.96
		B2-0-T28	30.48	15.02	235.36
		B3-0-T28	30.48	15.02	234.48
4%	7 días	B1-4-T7	30.48	15.02	117.45
		B2-4-T7	30.48	15.02	114.23
		B3-4-T7	30.48	15.02	115.32
	14 días	B1-4-T14	30.48	15.02	178.39
		B2-4-T14	30.48	15.02	167.54
		B3-4-T14	30.48	15.02	164.25
			B1-4-T28	30.48	15.02

	28 días	B2-4-T28	30.48	15.02	231.36
		B3-4-T28	30.48	15.02	231.48
8%	7 días	B1-8-T7	30.48	15.02	118.27
		B2-8-T7	30.48	15.02	115.32
		B3-8-T7	30.48	15.02	116.12
	14 días	B1-8-T14	30.48	15.02	179.47
		B2-8-T14	30.48	15.02	168.54
		B3-8-T14	30.48	15.02	166.95
	28 días	B1-8-T28	30.48	15.02	235.84
		B2-8-T28	30.48	15.02	234.53
		B3-8-T28	30.48	15.02	232.25
12%	7 días	B1-12-T7	30.48	15.02	119.12
		B2-12-T7	30.48	15.02	118.25
		B3-12-T7	30.48	15.02	118.75
	14 días	B1-12-T14	30.48	15.02	180.10
		B2-12-T14	30.48	15.02	179.98
		B3-12-T14	30.48	15.02	179.99
	28 días	B1-12-T28	30.48	15.02	236.87
		B2-12-T28	30.48	15.02	235.97
		B3-12-T28	30.48	15.02	234.98
15%	7 días	B1-15-T7	30.48	15.02	119.15
		B2-15-T7	30.48	15.02	118.26
		B3-15-T7	30.48	15.02	118.79
	14 días	B1-15-T14	30.48	15.02	180.15
		B2-15-T14	30.48	15.02	180.10
		B3-15-T14	30.48	15.02	180.09
	28 días	B1-15-T28	30.48	15.02	236.91
		B2-15-T28	30.48	15.02	236.15
		B3-15-T28	30.48	15.02	235.18

Fuente: Propia

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la $f'tr$ de la muestra patrón a los 7 días.

$$f'tr_1 = \frac{2 * 120.35}{\pi * 15.02 * 30.48} = 17.07 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'tr_2 = \frac{2 * 116.32}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.49 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'tr_3 = \frac{2 * 118.54}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.81 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la $f'tr$ de la muestra patrón a los 14 días.

$$f'tr_1 = \frac{2 * 180.39}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.58 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 175.25}{\pi * 15.02 * 30.48} = 24.85 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 118.54}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.81 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra patrón a los 28 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 236.96}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.60 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 235.36}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.37 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 234.48}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.25 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 4% del tufo de piedra volcánica a los 7 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 117.45}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.65 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 114.23}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.20 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 115.32}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.35 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 4% del tufo de piedra volcánica a los 14 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 178.39}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.30 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 167.54}{\pi * 15.02 * 30.48} = 23.76 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 164.25}{\pi * 15.02 * 30.48} = 23.29 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 4% del tufo de piedra volcánica a los 28 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 231.96}{\pi * 15.02 * 30.48} = 32.89 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 231.36}{\pi * 15.02 * 30.48} = 32.81 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 231.48}{\pi * 15.02 * 30.48} = 32.82 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 8% del tufo de piedra volcánica a los 7 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 118.27}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.77 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 115.32}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.35 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 116.12}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.47 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 8% del tufo de piedra volcánica a los 14 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 179.47}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.45 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 168.54}{\pi * 15.02 * 30.48} = 23.90 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 166.95}{\pi * 15.02 * 30.48} = 23.67 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 8% del tufo de piedra volcánica a los 28 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 235.84}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.44 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 234.53}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.26 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 232.25}{\pi * 15.02 * 30.48} = 32.93 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 12 % del tufo de piedra volcánica a los 7 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 119.12}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.89 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 118.25}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.77 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 118.75}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.84 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 12 % del tufo de piedra volcánica a los 14 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 180.10}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.54 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 179.98}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.52 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 179.99}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.52 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 12 % del tufo de piedra volcánica a los 28 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 236.87}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.59 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 235.97}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.46 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 234.98}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.32 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos de la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con adición del 15 % del tufo de piedra volcánica a los 7 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 119.15}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.90 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 118.26}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.77 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 118.79}{\pi * 15.02 * 30.48} = 16.84 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con la adición del 15 % del tufo de piedra volcánica a los 14 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 180.15}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.55 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 180.10}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.54 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 180.09}{\pi * 15.02 * 30.48} = 25.54 \frac{kg}{cm^2}$$

Con los datos la tabla n°30 se calculó la f'_{tr} de la muestra de concreto con la adición del 15 % del tufo de piedra volcánica a los 28 días.

$$f'_{tr_1} = \frac{2 * 1236.91}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.59 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_2} = \frac{2 * 236.15}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.49 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{tr_3} = \frac{2 * 235.18}{\pi * 15.02 * 30.48} = 33.35 \frac{kg}{cm^2}$$

3.7 Aspectos Éticos

Esta presente investigación se desarrolló teniendo en cuenta el respeto a la propiedad intelectual de los autores, la confiabilidad de la información recogida, la validez de los resultados, se puso en práctica criterios éticos como objetividad, la confidencialidad y la originalidad.

IV. RESULTADOS

Los resultados que se mostraran están enmarcados a los objetivos establecidos

4.1 Cálculo de la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica.

Resistencia a la compresión a 7 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 31

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días

Resistencia a la compresión a 7 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
$f'c$ (Kg/cm ²)	88.24	98.43	120.19	143.61	164.00

Fuente: Propia

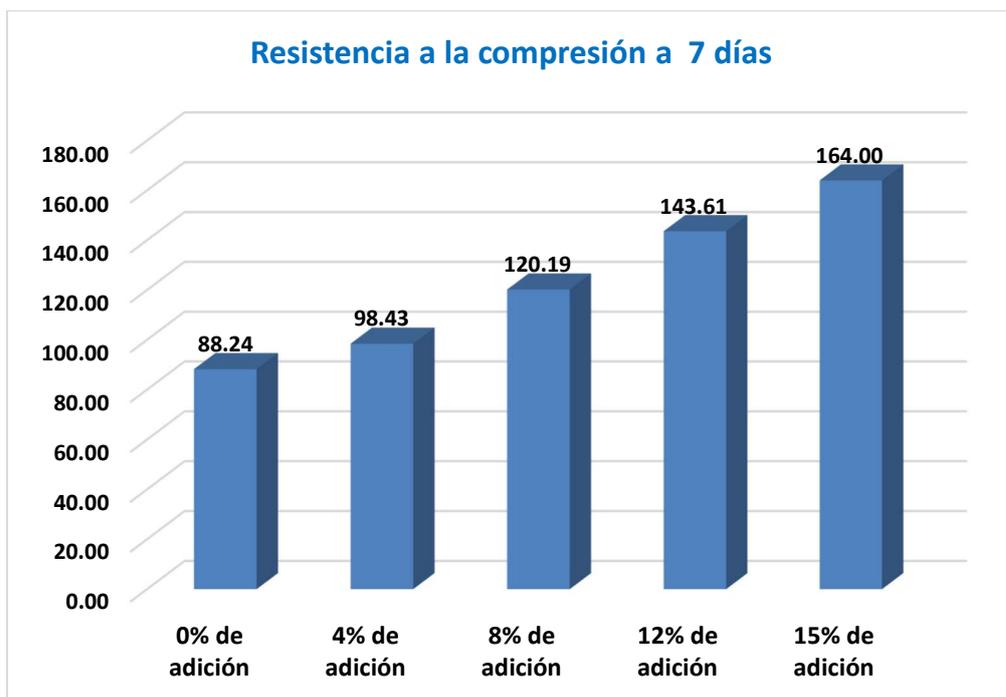


Figura 8 $f'c$ a 7 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 31 y la figura N° 8 se puede verificar que la adición del tufo volcánico ha generado un aumento de la resistencia respecto a la muestra patrón, según el incremento del porcentaje de adición la resistencia a la

compresión ha obtenido mayores valores, el incremento porcentual obtenido con adición del 4% ha sido 11.56% a la muestra patrón, con adición del 8% se ha obtenido un 22.10% respecto a la dosificación anterior, con adición del 12% un 19.49% respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 14.20% de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior que fue del 12%, todo ello en un concreto con curado de 7 días.

Resistencia a la compresión a 14 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 32

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 14 días

Resistencia a la compresión a 14 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
$f'c$ (Kg/cm ²)	114.96	126.20	148.57	177.22	197.62

Fuente: Propia

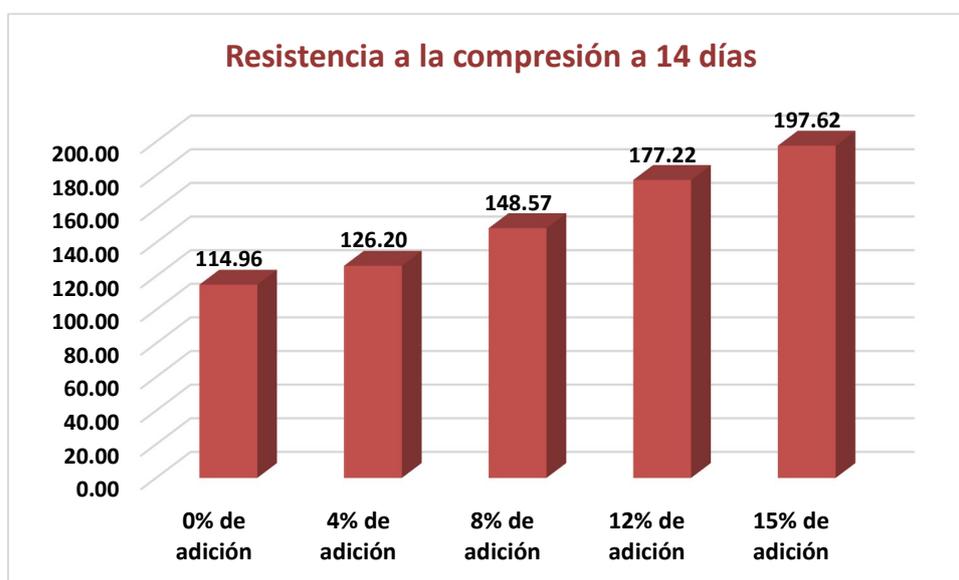


Figura 9 $f'c$ a 14 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 32 y la figura N° 9 se puede verificar que la adición del tufo volcánico ha generado un aumento de la resistencia respecto a la muestra patrón, según el incremento del porcentaje de adición la resistencia a la

compresión ha obtenido mayores valores, el incremento porcentual obtenido con adición del 4% ha sido 9.78% a la muestra patrón, con adición del 8% se ha obtenido un 17.72% respecto a la dosificación anterior , con adición del 12% un 19.29% respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 11.51% de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior del 12% de adición, todo ello en un concreto con curado de 14 días.

Resistencia a la compresión a 28 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 33

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

Resistencia a la compresión a 28 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
$f'c$ (Kg/cm ²)	132.83	143.82	166.80	198.94	217.20

Fuente: Propia

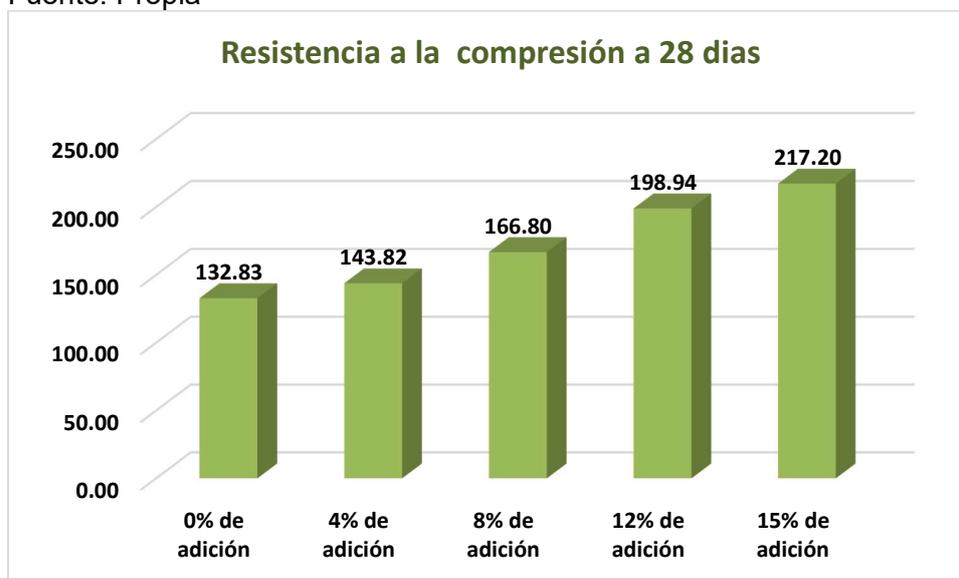


Figura 10 $f'c$ a 28 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 33 y la figura N° 10 se puede verificar que la adición del tufo volcánico ha generado un aumento de la resistencia respecto a la muestra patrón, según el incremento del porcentaje de adición la resistencia a la compresión ha obtenido mayores valores, el incremento porcentual obtenido con adición del 4% ha sido 8.27% a la muestra patrón, con adición del 8% se ha

obtenido un 15.98 % respecto a la dosificación anterior, con adición del 12% un 19.27 % respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 9.18 % de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior del 12%, todo ello en un concreto con curado de 28 días

Según los cálculos realizados se puede verificar que existe variación de la resistencia de la compresión al adicionar los porcentajes de tufo de piedra volcánica dando aceptada la hipótesis específica 1

4.2 Estimación la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210g/cm^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica

Resistencia a la flexión a 7 días de curado

De acuerdo a las muestras prismáticas(vigas) evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 34
Resultados del ensayo de resistencia a la Flexión a 7 días

Resistencia a la flexión a 7 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
M_r (Kg/cm ²)	22.27	22.13	22.27	22.26	22.22

Fuente: Propia

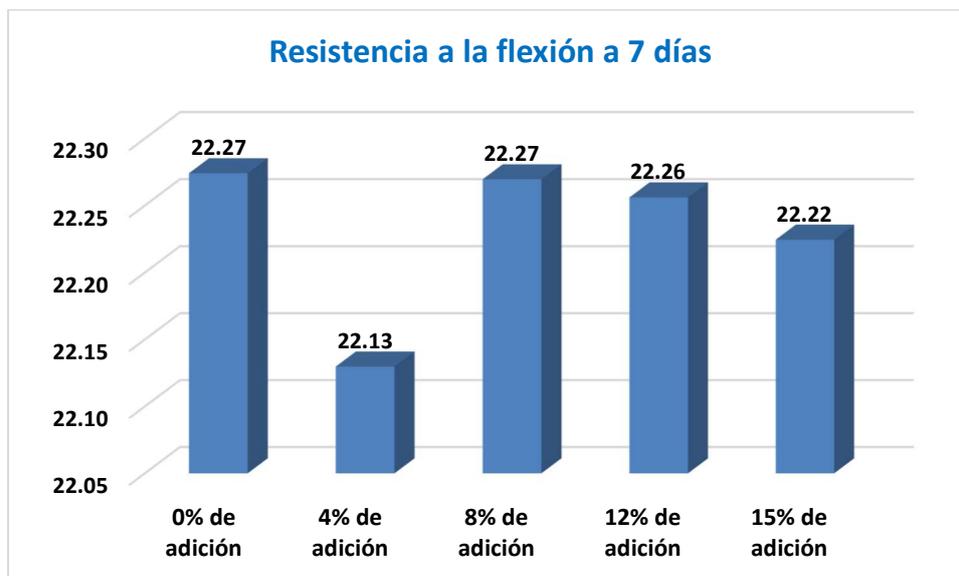


Figura 11 *Mr a 7 días de curado*

Fuente: Propia

De la tabla N° 34 y la figura N° 11 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 0.65 % respecto a la muestra patrón, con una adición del 8% se ha obtenido una resistencia similar a la muestra patrón y mayor en 0.63% respecto a la dosificación del 4%, con adición del 12 % se ha obtenido una disminución del 0.081 % y con adición del 15% una disminución del 0.223 %, todo ello en un concreto con curado de 7 días

Resistencia a la flexión a 14 días de curado

De acuerdo a las muestras prismáticas(vigas) evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 35

Resultados del ensayo de resistencia a la Flexión a 14 días

Resistencia a la flexión a 14 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
M_r (Kg/cm^2)	24.92	24.71	24.91	24.95	24.89

Fuente: Propia

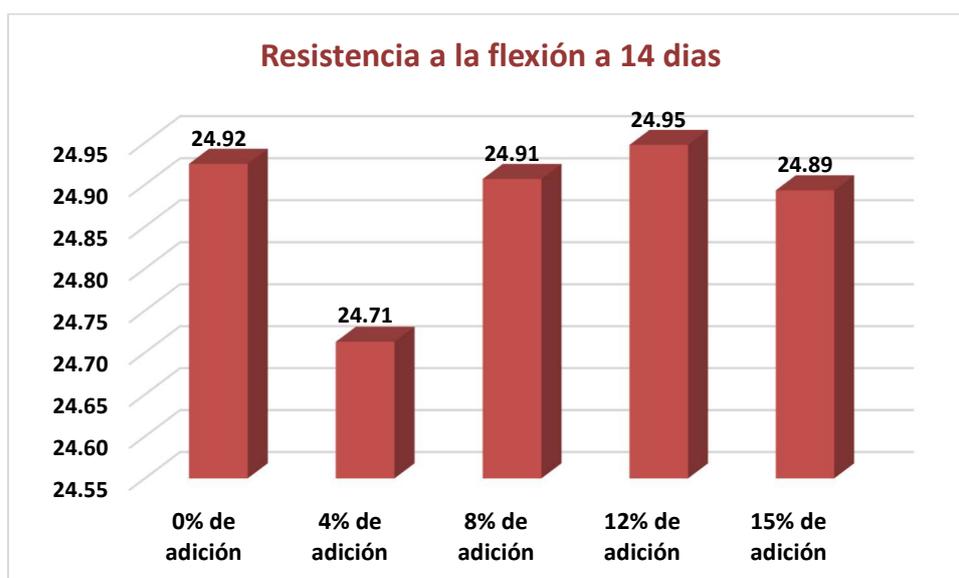


Figura 12 M_r a 14 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 35 y la figura N° 12 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 0.85 %, con una adición del 8% se ha obtenido una disminución 0.63% %, con adición del 12 % se ha obtenido un incremento del 0.0090 % y con adición del 15% una disminución del 0.127 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 14 días.

Resistencia a la flexión a 28 días de curado

De acuerdo a las muestras prismáticas(vigas) evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 36
Resultados del ensayo de resistencia a la flexión a 28 días

Resistencia a la flexión a 28 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
<i>Mr</i> (Kg/cm²)	32.05	31.82	32.06	32.01	31.97

Fuente: Propia

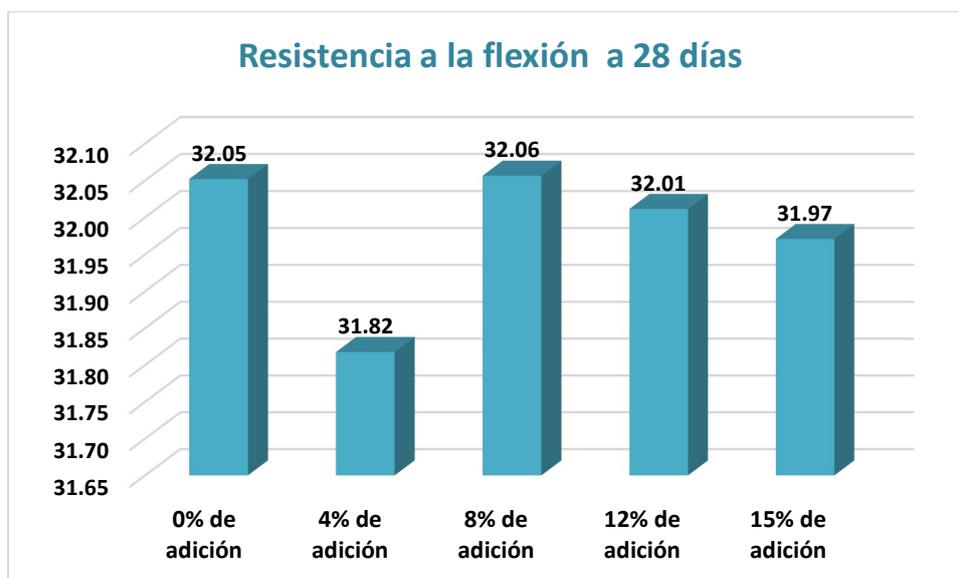


Figura 13 *Mr a 28 días de curado*
Fuente: Propia

De la tabla N° 36 y la figura N° 13 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 0.731 %, con una adición del 8% se ha obtenido un incremento del 0.014% %, con adición del 12 % se ha obtenido una disminución del 0.127 % y con adición del 15% una disminución del 0.253 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 28 días.

Según los cálculos, se puede verificar que existe variación de la resistencia a la flexión al adicionar los porcentajes de tufo de piedra volcánica dando aceptada la hipótesis específica 2.

4.3 Cuantificación la variación de la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210g/cm^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica.

Resistencia a la tracción a 7 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 37

Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 7 días

Resistencia a la tracción a 7 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
f'_{tr} ($\frac{Kg}{cm^2}$)	16.79	16.40	16.53	16.83	16.84

Fuente: Propia

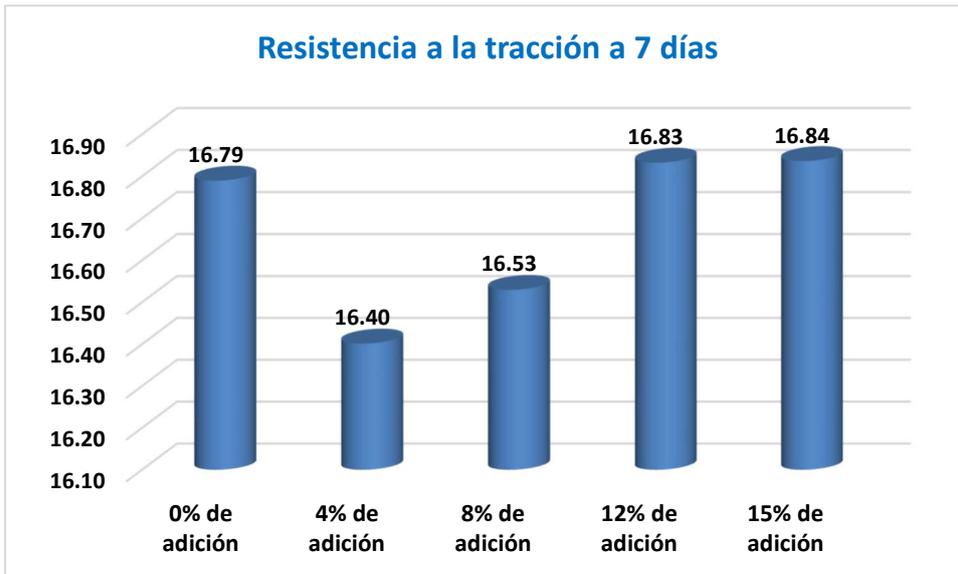


Figura 14 f'_{tr} a 7 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 37 y la figura N° 14 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 2.31 %, con una adición del 8% se ha obtenido una disminución del 1.55 %, con adición del 12 % se ha obtenido un incremento del 0.26 % y con adición del 15% una un incremento del 0.28 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 7 días.

Resistencia a la tracción a 14 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 38

Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 14 días

Resistencia a la tracción a 14 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
f'_{tr} (Kg/cm ²)	24.82	24.11	24.34	25.53	25.54

Fuente: Propia

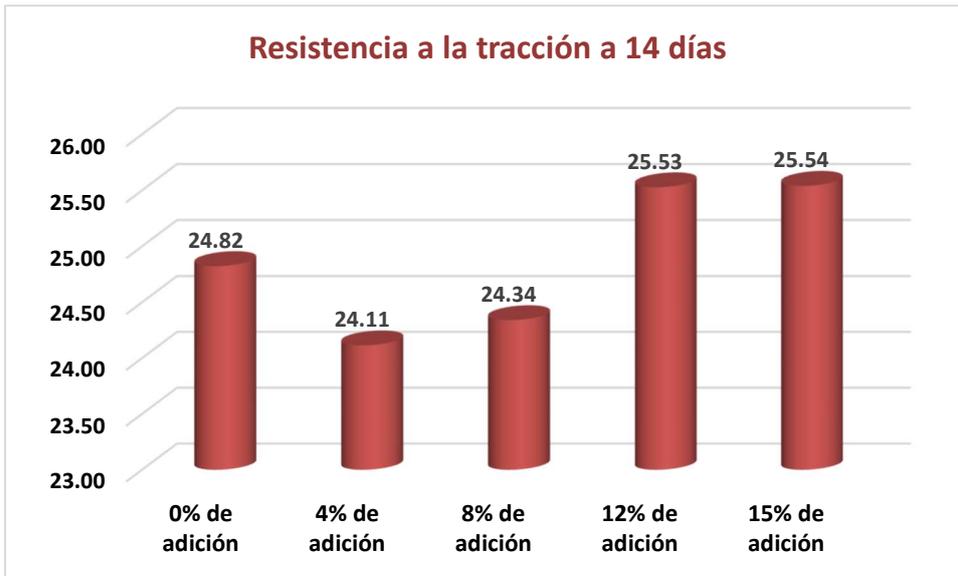


Figura 15 *f'tr a 14 días de curado*

Fuente: Propia

De la tabla N° 37 y la figura N° 15 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 2.86 %, con una adición del 8% se ha obtenido una disminución del 1.95 %, con adición del 12 % se ha obtenido un incremento del 2.84 % y con adición del 15% una un incremento del 2.89 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 14 días

Resistencia a la tracción a 28 días de curado

De acuerdo a las muestras cilíndricas evaluadas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 39

Resultados del ensayo de resistencia a la tracción a 28 días

Resistencia a la tracción a 28 días					
% de adición	0%	4%	8%	12%	15%
<i>f'tr (Kg/cm²)</i>	33.41	32.84	33.21	33.46	33.48

Fuente: Propia

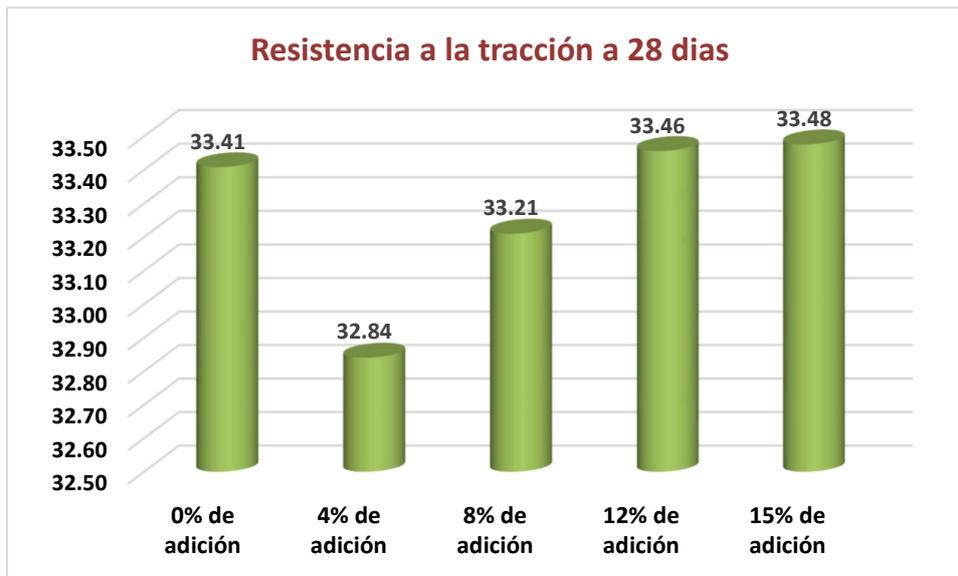


Figura 16 *f_{tr}* a 28 días de curado

Fuente: Propia

De la tabla N° 38 y la figura N° 16 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 1.70 %, con una adición del 8% se ha obtenido una disminución del 0.59 %, con adición del 12 % se ha obtenido un incremento del 0.14 % y con adición del 15% una un incremento del 0.20 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 28 días.

Según los cálculos realizados se puede verificar que existe variación de la resistencia a la tracción al adicionar los porcentajes de tufo de piedra volcánica dando aceptada la hipótesis específica 3

4.4 Determinación la variación del comportamiento mecánico del concreto $f'_c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra.

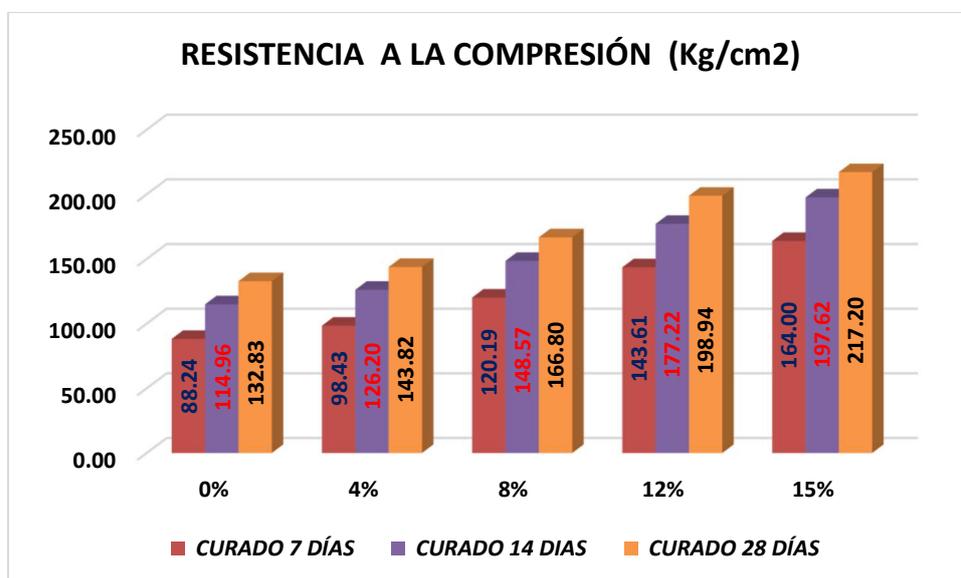
Comportamiento mecánico del concreto según el ensayo de compresión

De las 45 muestras cilíndricas evaluadas al ensayo de compresión: se evaluaron 9 muestras patrón para las edades de curado de 7,14 y 28 días y 36 muestras con adición del tufo de piedra volcánica de 4%,8%, 12% y 15% dando como resultados los siguientes datos promedio.

Tabla 40*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)					
Días de curado	% De tufo de piedra volcánica				
	0%	4%	8%	12%	15%
7	88.24	98.43	120.19	143.61	164.00
14	114.96	126.20	148.57	177.22	197.62
28	132.83	143.82	166.80	198.94	217.20

Fuente: Propia

**Figura 17** *f'c: días de curado vs porcentaje de adición*

Fuente: Propia

Según figura n° 17 y tabla n°40 nos resultó que el comportamiento mecánico del concreto es favorable ya que se obtuvo un incremento promedio de 16.84% de resistencia en una edad de 7 días, un incremento promedio de 14.57 % de resistencia en una edad de 14 días y un incremento promedio de 13.17% de resistencia en una edad de 28 días en cada uno de los porcentajes de adición de tufo

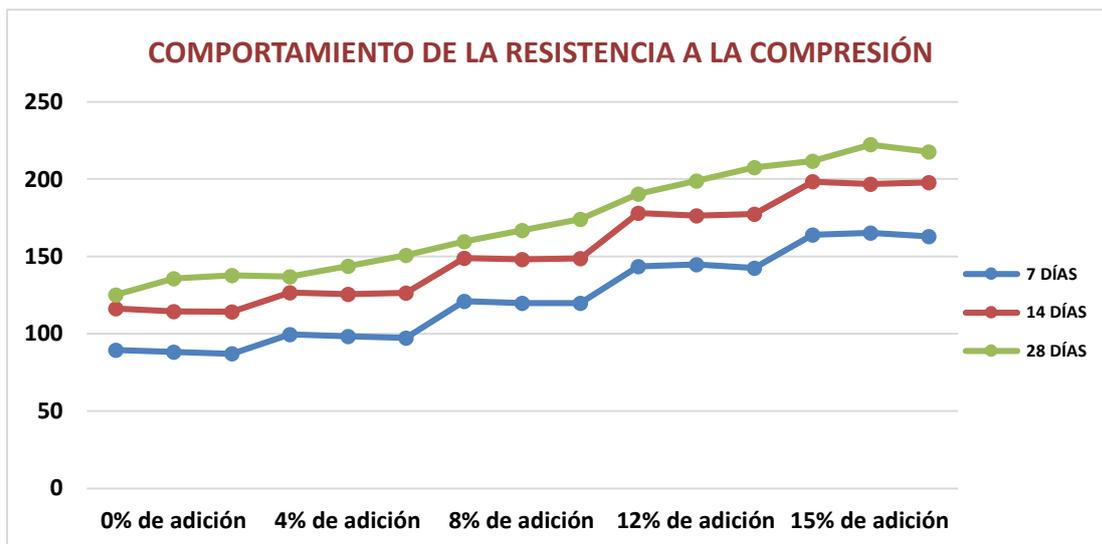


Figura 18 Comportamiento de la $f'c$ en función al porcentaje de adición y a la edad de curado

Fuente: Propia

Según figura n° 18 se puede distinguir que el comportamiento mecánico del concreto con la adición del tufo ha sido óptimo debido al incremento de la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón.

Comportamiento mecánico del concreto según el ensayo de flexión

De las 45 muestras Prismáticas (vigas) evaluadas al ensayo de flexión: se evaluaron 9 muestras patrón para las edades de curado de 7, 14 y 28 días y 36 muestras con adición del tufo de piedra volcánica de 4%, 8%, 12% y 15% dando como resultados los siguientes datos promedio.

Tabla 41

Resultados del ensayo de resistencia a la flexión

Días de curado	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)				
	% De tufo de piedra volcánica				
	0%	4%	8%	12%	15%
7	22.27	22.13	22.27	22.26	22.22
14	24.92	24.71	24.91	24.95	24.89
28	32.05	31.82	32.06	32.01	31.97

Fuente: Propia

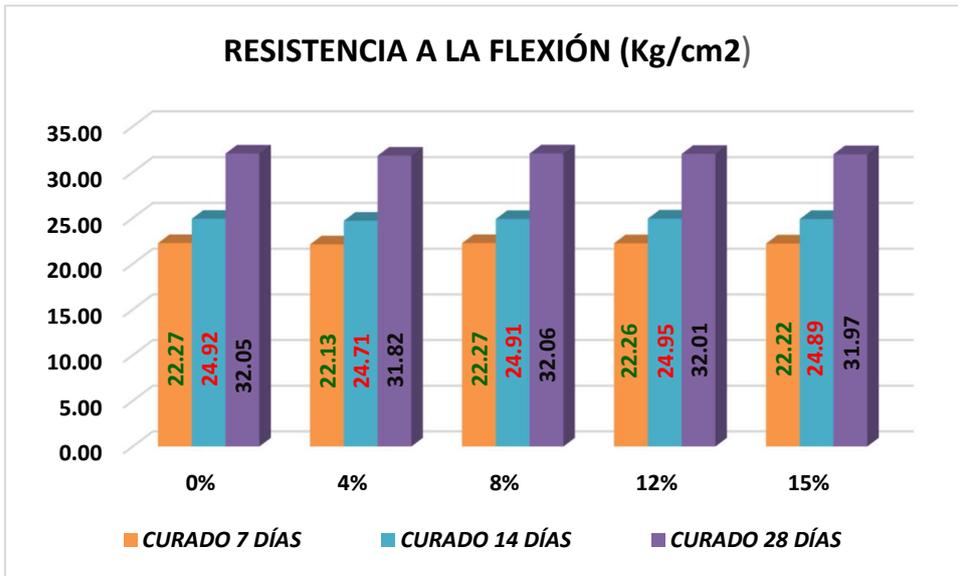


Figura 19 Mr.: Días de curado vs Porcentaje de adición

Fuente: Propia

Según figura n° 19 y tabla n°41 nos resultó que el comportamiento mecánico en el ensayo a la flexión del concreto ha sido favorable debido a la disminución de la resistencia a la flexión respecto a la muestra patrón siendo de mayor notoriedad en la adición del tufo del 4% en donde resultó una disminución porcentual del 0.743%

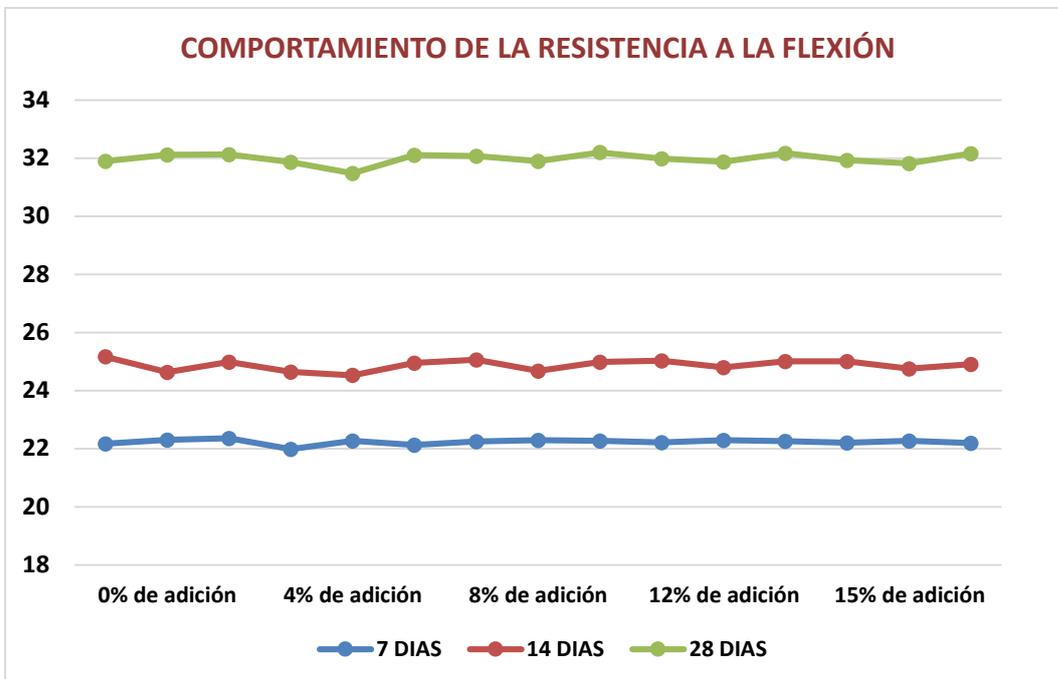


Figura 20 Comportamiento del Mr en función al porcentaje de adición y a la edad de curado

Fuente: Propia

En la figura 20 nos refleja las disminuciones y aumentos de las resistencias a la flexión en función a los porcentajes y a los días de curado

Comportamiento mecánico del concreto según el ensayo de tracción indirecta

De las 45 muestras cilíndricas evaluadas al ensayo de tracción: se evaluaron 9 muestras patrón para las edades de curado de 7,14 y 28 días y 36 muestras con adición del tufo de piedra volcánica de 4%,8%, 12% y 15% dando como resultados los siguientes datos promedio.

Tabla 42

Resultados del ensayo de resistencia a la Tracción

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm²)					
Días de curado	% De tufo de piedra volcánica				
	0%	4%	8%	12%	15%
7	16.79	16.40	16.53	16.83	16.84
14	24.82	24.11	24.34	25.53	25.54
28	33.41	32.84	33.21	33.46	33.48

Fuente: Propia

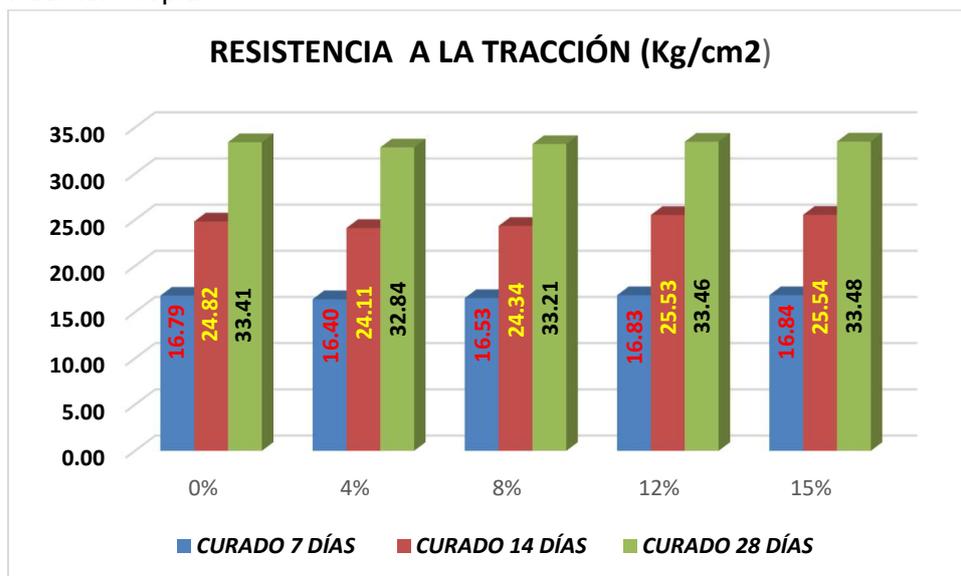


Figura 21 la f_{tr} en días de curado vs Porcentaje de adición

Fuente: Propia

De la tabla n°42 y figura N° 21 se puede distinguir que la resistencia a la tracción a tenido una disminución al adicionar un 4% de tufo, posterior a ello con las adiciones del 8% y 12% se verificara un ascenso de dicha resistencia a partir 15% se verifica un aumento a la tracción, pero pequeñísimo, además se puede indicar que se ha obtenido mayores resistencias a la tracción a partir del 12% de adición respecto a la muestra patrón

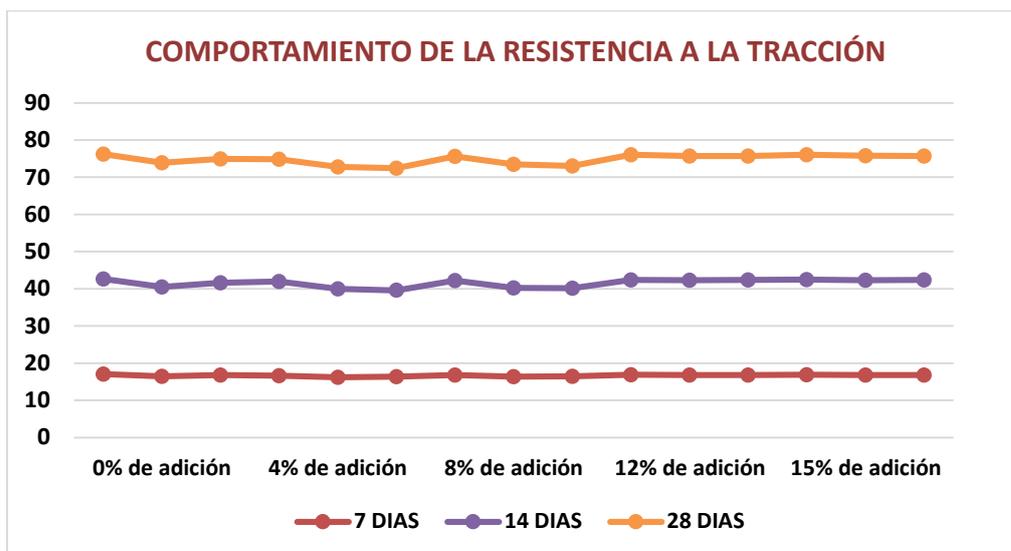


Figura 22 Comportamiento de la f_{tr} en función al porcentaje de adición y a la edad de curado
 Fuente: Propia

En la figura 22 nos refleja las disminuciones y aumentos de las resistencias a la tracción en función a los porcentajes y a los días de curado

V.DISCUSIONES

Las discusiones han sido desarrolladas en función a los objetivos establecidos

Discusión 1

Para **cálculo de la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica** se realizó la evaluación de 45 muestras en edades de curado de 7, 14 y 28 días donde se obtuvo para una adición del 4% un f'_c 98.43 kg/cm², 126.20kg/cm², 143.82 kg/cm², para una adición del 8% un f'_c 120.19kg/cm², 148.57kg/cm², 166.80 kg/cm², para una adición del 12% un f'_c 143.61 kg/cm², 177.22kg/cm², 198.94 kg/cm² para una adición del 15% un f'_c 164.00 kg/cm², 197.62kg/cm² y 217.20 kg/cm².

A continuación, sobre lo mencionado Mendoza (2017) citado como antecedente nacional realizó la investigación de la resistencia a la compresión de 77 especímenes con adición de puzolana volcánica en edades de 7 y 60 días de curado donde obtuvo para una adición de 10% 131kg/cm² y 231 kg/cm², para una adición de 15 % 116 kg/cm² y 261 kg/cm², para una adición del 20% 103 kg/cm² y 187 kg/cm²,

Finalmente se indica que el antecedente citado obtuvo resultados inferiores de f'_c en edad de 7 de curado respecto a nuestros resultados de la investigación debido a que en la investigación de Mendoza el elemento de puzolana volcánica cumplió la sustitución parcial de cemento y en el nuestro se realizó la adición sin sustituir ningún elemento del concreto. cómo se puede visualizar los valores calculados para el primer objetivo específico son consistentes, por lo cual el objetivo es alcanzado.

Discusión 2

Para la **estimación de la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica** se realizó la evaluación de 45 muestras en edades de curado de 7, 14 y 28 días donde se obtuvo para una adición del 4% un M_r 22.13 kg/cm², 24.71 kg/cm², 31.82 kg/cm², para una adición del 8% un M_r 22.27 kg/cm², 24.91 kg/cm², 32.06 kg/cm², para una adición del 12% un M_r 22.26 kg/cm², 24.95 kg/cm², 32.01

kg/cm² para una adición del 15% un Mr 22.22 kg/cm², 24.89 kg/cm² y 31.97 kg/cm² .

A continuación, sobre lo mencionado Ramos (2017) citado como antecedente nacional realizo la investigación de la resistencia a la flexión de 18 especímenes con adición de mucilago de tuna en edades de curado de 7,14 y 28 días donde obtuvo para una adición del 1% un Mr 20.44 kg/cm², 23.13 kg/cm², 26.26 kg/cm², para una adición del 1.5 % un Mr 23.13 kg/cm², 25.65 kg/cm², 27.93 kg/cm², para una adición del 2% un Mr 25.74 kg/cm², 29.25 kg/cm², 29.41 kg/cm²

Finalmente los resultados del antecedente citado nuestros resultados inferiores a los de nuestra investigación en las 3 edades de curado, esto debido a que el elemento de adición de nuestra investigación tiene características de origen ígneo el cual tienen la propiedad de tener una dureza competente a diferencia del elemento usado con adición por parte de ramos Como se puede visualizar los valores calculados para el segundo objetivo específico son consistentes, por lo cual el objetivo es alcanzado.

Discusión 3

Para la **cuantificación la variación de la resistencia a la tracción del concreto f'c=210g/cm² con la adición de tufo de piedra volcánica** se realizó la evaluación de 45 muestras en edades de curado de 7, 14 y 28 días donde se obtuvo para una adición del 4% un f'tr 16.40 kg/cm², 24.11 kg/cm², 32.84 kg/cm², para una adición del 8% un f'tr 16.53 kg/cm², 24.34 kg/cm², 33.21 kg/cm², para una adición del 12% un f'tr 16.83 kg/cm², 25.53 kg/cm², 33.46 kg/cm² para una adición del 15% un f'tr 16.84 kg/cm², 25.54 kg/cm² y 33.48 kg/cm²

A continuación, sobre lo mencionado Ramos (2017) citado como antecedente nacional realizo la investigación de la resistencia a la flexión de 18 especímenes con adición de mucilago de tuna en edades de curado de 7,14 y 28 días donde obtuvo para una adición de 1% 1.7 kg/cm²,2.56 kg/cm²,3.37 kg/cm² para una adición de 1.5 % 1.81 kg/cm²,2.63 kg/cm²,3.39 kg/cm² para una adición del 2% 2.03 kg/cm², 2.74 kg/cm² y 3.43 kg/cm².

Finalmente los resultados del antecedente citado nuestros resultados son diferentes siendo inferiores a los de nuestra investigación en las 3 edades de curado, esto debido a que el elemento de adición de nuestra investigación tiene características de origen ígneo el cual tienen la propiedad de tener una dureza competente a diferencia del elemento usado con adición por parte de ramos Como se puede visualizar los valores calculados para el tercer objetivo específico son consistentes, por lo cual el objetivo es alcanzado.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones han sido desarrolladas en función a los objetivos establecidos

Conclusión1

De los resultados obtenidos se concluye que hay variación de la resistencia a la compresión. Según la tabla n°33 y la figura n°10 que con una adición del 4% hay un incremento del 8.27% respecto a la muestra patrón, con adición del 8% un 15.98 % respecto a la dosificación anterior, con adición del 12% un 19.27 % respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 9.18 % de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior del 12%, todo ello en un concreto con curado de 28 días según la tabla. Según la tabla n°32 y la figura n°9 con una adición del 4% hay un incremento del 9.78% a la muestra patrón, con adición del 8% hay incremento de un 17.72% respecto a la dosificación anterior, con adición del 12% un 19.29% respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 11.51% de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior del 12% de adición, todo ello en un concreto con curado de 14 días. Según la tabla n°31 y la figura n°8 con una adición del 4% se incrementó en un 11.56% a la muestra patrón, con adición del 8% se incrementó un 22.10% respecto a la dosificación anterior, con adición del 12% un 19.49% respecto a la dosificación anterior y con adición del 15% un 14.20% de incremento de la resistencia respecto a la dosificación anterior que fue del 12%, todo ello en un concreto con curado de 7 días.

Conclusión2

De los resultados obtenidos que al realizar la evaluación y el cálculo correspondiente se concluye que hay variación de la resistencia a la flexión de la según tabla N° 34 con adición del 4% hay disminución de la resistencia a la flexión en 0.65 % respecto a la muestra patrón, con una adición del 8% se ha obtenido una resistencia similar a la muestra patrón y mayor en 0.63% respecto a la dosificación del 4%, con adición del 12 % hay disminución del 0.081 % y con adición del 15% una disminución del 0.223 %, todo ello en un concreto con curado de 7 días. De la tabla N° 35 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 0.85 %, con una adición del 8% se ha obtenido una disminución 0.63% %, con adición del 12

% se ha obtenido un incremento del 0.0090 % y con adición del 15% una disminución del 0.127 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 14 días. de la tabla N° 36 y la figura N° 13 se puede verificar que la adición del tufo volcánico del 4% ha generado una disminución de la resistencia en 0.731 %, con una adición del 8% se ha obtenido un incremento del 0.014% %, con adición del 12 % se ha obtenido una disminución del 0.127 % y con adición del 15% una disminución del 0.253 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 28 días.

Conclusión3

De los resultados obtenidos que al realizar la evaluación y el cálculo correspondiente se concluye que existe variación de la resistencia a la tracción cuando se adiciona porcentajes de tufo de piedra volcánica según tabla N° 37 y la figura N° 14 que con una adición del tufo volcánico del 4% disminuye de la resistencia a la tracción en 2.31 %, con una adición del 8% también hay disminución del 1.55 %, con adición del 12 % se incrementa del 0.26 % y con adición del 15% también de incrementa en un 0.28 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 7 días. según la tabla N° 37 y la figura N° 15 con una adición del tufo volcánico del 4% hay disminución de la resistencia en 2.86 %, con una adición del 8% también disminuye en un 1.95 %, con adición del 12 % se ha obtenido un incremento del 2.84 % y con adición del 15% una un incremento del 2.89 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 14 días. Según la tabla N° 38 y la figura N° 16 con una adición del 4% disminuye de la resistencia en 1.70 %, con una adición del 8% se también del 0.59 %, con adición del 12 % aumenta en un 0.14 % y con adición del 15% aumenta en un 0.20 % respecto a la muestra patrón todo ello en un concreto con curado de 28 días.

Conclusión4

Respecto al comportamiento mecánico del concreto con adición de tufo volcánico se concluye que hay variación del comportamiento Según tabla n°40 nos resultó

que el comportamiento mecánico del concreto es favorable ya que se obtuvo un incremento promedio de 16.84% de resistencia en una edad de 7 días, un incremento promedio de 14.57 % de resistencia en una edad de 14 días y un incremento promedio de 13.17% de resistencia en una edad de 28 días en cada uno de los porcentajes de adición de tufo. Según tabla n°41 nos resultó que el comportamiento mecánico en el ensayo a la flexión del concreto ha sido favorable debido a la disminución de la resistencia a la flexión respecto a la muestra patrón siendo de mayor notoriedad en la adición del tufo del 4% en donde resultó una disminución porcentual del 0.743%. según la tabla n°42 y se puede distinguir que la resistencia a la tracción ha tenido una disminución al adicionar un 4% de tufo, posterior a ello con las adiciones del 8% y 12% se verificara un ascenso de dicha resistencia a partir 15% se verifica un aumento a la tracción, pero pequeñísimo, además se puede indicar que se ha obtenido mayores resistencias a la tracción a partir del 12% de adición respecto a la muestra patrón

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la compresión del concreto con adición de tufo de piedra volcánica en porcentajes mayores a los 15% debido a que la evaluación de la resistencia de compresión hasta los 15% de adición se obtuvo unos valores idóneos.

Recomendación 2

Se recomienda utilizar solamente usara partir de un 12 % de adición tufo de piedra volcánica para tener una resistencia adecuado a la flexión, además de realizar una evaluación en porcentajes mayores al 12% y menores al 15% ya que se evidencio que en ese rango hubo incremento y disminución a la vez de la resistencia a la flexión.

Recomendación 3

Se recomienda que para tener una resistencia a la tracción adecuada usar una adición del 15% de tufo de piedra volcánica ya que se evidencio un incremento máximo de la resistencia a la tracción respecto a la muestra patrón del concreto, además se puede visualizar que el incremento de dicha resistencia partir del 12% de adición el incremento es ínfimo.

Recomendación 4

Se recomienda utilizar el concreto con adición de tufo de piedra volcánica solamente en aquellos concretos cuya función cumplan a ser sometidos a compresión ya que su comportamiento mecánico del concreto en el ensayo a la compresión es óptimo.

REFERENCIAS

- MENDOZA ROJAS, Ana Paula Marilyn. 2017.** *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de un concreto de $f'c=210$ kg/cm² con adición de puzolana volcánica en Cajamarca.* Tesis de grado (Ingeniero Civil). Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1502>.
- ABANTO, Flavio Castillo. 2009.** *Tecnología del concreto.* Lima : San Marcos E.I.R.L., 2009. 978-612-302-060-6.
- ARIAS ODÓN, Fidias Gerardo. 2012.** *Introducción a la Metodología Científica.* Caracas : Episteme C .A, 2012. 980-07-8529-9.
- Azcona , Maximiliano, Manzini, Fernando y Dorati , Javier. 2013.** *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en psicología.* La Plata, Argentina : Universidad Nacional de La Plata , 2013. 67-71.
- Bernal, Cesar. 2010.** *Metodología de la investigación.* Colombia : Pearson Education, 2010. 978-958-699-128-5.
- CARRASCO DIAZ, Sergio. 2006.** *Metodología de la Investigación Científica.* Lima Perú : Ed. San Marcos, 2006. 9972-34-242-5.
- Comunicaciones, Ministerio de Transportes y. 2016.** *Manual de ensayo de Materiales.* Lima : MTC, 2016.
- Domingo, Instituto Tecnológico de Santo. 2012.** *caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la república dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón.* Santo Domingo : s.n., 2012. Vol. 37, 3. 0378-7680.
- GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. 2003.** *El concreto y otros materiales para la construcción.* Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2003. 958-9322-82-4.
- Hernandez Sampieri , Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación .* Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014. 632.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación quinta edición.* México : McGRAW.HILL/INTERAMERICANA, S.A. DE C.V., 2014. pág. 656.

- Investigación, Fundamentos de. 2014.** Por BERNAL TORRES, Cesar Augusto[et al.]. México : Pearson, 2014. 978-607-32-2245-7.
- KOSMATKA, Steven , KERKHOFF, Beatrix y PARANASE, William . 2004.** *Diseño y control de mezclas de concreto.* Mexico : Portland Cement Association, 2004. 0-89312-233-5.
- Lopez Roldan y Fachelli, Sandra. 2015.** *Metodología de la investigación social cuantitativa.* Barcelona : Bellaterra, 2015.
- MORENO ORTIZ, Yheferzon Leonardo y ROJAS VANEGAS, Erick Santiago. 2016.** *Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Mezclas de Concreto Hidráulico Adicionadas con Residuos de Pealpe en la Ciudad de Villavicencio.Tesis grado (Ingeniero Civil).* Cuenca : Universidad Cooperativa de Colombia, 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12494/8336>.
- MUÑOZ ROCHA, Carlos I. 2016.** *Metodologia de la investigacion.* Mexico : Editorial Progreso S.A de C.V, 2016. ISBN 9786074265422.
- MUÑOZ ROCHA, CARLOS. 2016.** *Metodología de la Investigación.* México : Progreso S.A, 2016. 978-60742-65-422.
- NIELSON INTEMIN, Hugo. 1984.** *tobas volcanicas su aplicación en viviendas economicas.* Madrid España : McGRAW HILL, 1984. 84-481-3988-7.
- NILSON, Arthur. 2001.** *Diseño de estructuras de Concreto.* Colombia : Mc Graw Hill, 2001. 958-600-953-X.
- NIÑO HERNANDEZ, Jairo René . 2010.** *Tecnología del concreto - TOMO 1-Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas.* Colombia : Nomos Impresores, 2010. 978-958-8564-03-6.
- NORMA TECNICA PERUANA, NTP 400.017. 1999.** *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.* Lima : Indecopi, 1999.
- NORMA TÉCNICA NTP 400.021;. 2002.** *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Lima : Indecopi, 2002.
- NORMA TECNICA, NTP 400.22;. 2013.** *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima : Indecopi, 2013.
- OSORIO, Jesús David . 2004.** *Manual de concrol de calidad del concreto en obra.* Bogota : Asocreto, 2004. 958-96709-9-7.
- PACHECO ZUÑIGA, Julio. 2006.** *Tecnología de la Construcción.* Lima : Capeco, 2006. 9972-9433-0-5.
- PASQUEL CARBAJAL, Enrique. 1993.** *Tópicos de Tecnología de concreto en el Perú.* Lima : Colegio de ingenieros del Perú, 1993.
- Paz, Guillermina Baena. 2018.** *Metodología de la Investigacion.* Mexico : Grupo Editorial Patria, 2018. 157.

Pestana., Santa Palella Stracuzzi & Feliberto Martins. 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas : Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2012. 279.

PORTUGAL BARRIGA, Pablo. 2007. *Tecnología del Concreto de alto desempeño*. Paris : Lafayette, 2007.

QUILECHE VILLATE, Joseph Rafael . 2019. *Resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210$ Kg/Cm² adicionando puzolana volcánica, Cajamarca 2019, Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Cajamarca : Universidad del Norte, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/11537/23568>.

RAMOS VAZQUEZ, Jhosselyn Cristina. 2017. *Influencia en las Propiedades Mecánicas de un Concreto $f'c=210$ kg/cm² con la Adición de Mucilago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017. Tesis de grado (Ingeniero Civil)*. Chimbote : Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12231>.

Revista ALCONPAT. 2016. Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción. *Mexico 6 (3)*. abril 2016 : <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v6i3.150>, 2016.

Revista de Investigaciones Altoandinas. 2018. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Puno 20 (2)*. Abril 2018 : <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>, 2018.

Revista INGENIERÍA UC. 2019. Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. *Carabobo 26 (2)*. julio 2019 : ISSN: 2610-8240, 2019.

revista Ingeniería: Ciencia, tecnología e innovación;. 2016. efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. *Chiclayo 3 (2)*. Setiembre 2016 : <http://orcid.org/0000-0002-7514-9059>, 2016.

RUIZ BOLIVAR, Carlos. 2013. *Instrumentos y Técnicas de Investigación Educativa*. Houston Estados Unidos : Danaga, 2013.

SANCHEZ CARLESSI, Hugo, REYES ROMERO, Carlos y MEJIA SAENZ, Katia. 2018. *Manual de terminos en investigación científica, tecnologica y humanistica*. Lima-Peru : Bussiness Support Aneth S.R.L., 2018. ISBN Nº 978-612-47351-4-1.

SANCHEZ DE GUZMAN , Diego. 2001. *Tecnología del concreto y del Mortero*. bogota : Bhandar editores ltda, 2001. 958-9247-04-0.

SANDOVAL UNAPUCHA, Franklin Mauricio. 2017. *Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales. Tesis grado (Ingeniero Civil)*. Ambato : Universidad técnica de Ambato- Ecuador, 2017. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25961>.

TERREROS ROJAS, Luis Eduardo y CARVAJAL CORREDOR, Ivan Leonardo. 2016. *Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo.* Tesis grado (Ingeniero Civil). Bogota : Universidad Católica de Colombia, 2016. Disponible en <http://hdl.handle.net/10983/6831>.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TITULO: Comportamiento mecánico del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica distrito Taray, región Cusco,2021

AUTORES: Br. Vásquez Mora, Wilber- Talaverano Chiclla, Jennifer

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuánto varía el comportamiento mecánico del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>¿Cuánto varia la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021?</p> <p>¿Cuánto varia la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021?</p> <p>¿Cuánto varia la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la variación del comportamiento mecánico del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Calcular la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>Estimar la variación de la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>Cuantificar la variación de la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, distrito Taray, región Cusco,2021.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL El comportamiento mecánico del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica, varia significativamente distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS</p> <p>La resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varia mínimamente, distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>La resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varia moderadamente, distrito Taray, región Cusco,2021.</p> <p>La resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica varía considerablemente, distrito Taray, región Cusco,2021.</p>	<p>V1: tufo de piedra volcánica</p> <p>V2: Comportamiento mecánico del concreto</p>	<p>D1. Peso específico.</p> <p>D2. Granulometría.</p> <p>D3. Dosificación</p> <p>D1: Resistencia a la compresión.</p> <p>D2: Resistencia a la flexión.</p> <p>D3: Resistencia a la Tracción.</p>	<p>I1: 2.0-2.3 g/cm³</p> <p>I2: 2.3-2.6 g/cm³</p> <p>I3: 2.6-2.9 g/cm³</p> <p>I1: Grueso</p> <p>I2: Medio</p> <p>I3: fino</p> <p>I1: 4 %</p> <p>I2: 8%</p> <p>I3:12%</p> <p>I4:15%</p> <p>I1: 7días</p> <p>I2: 14 días</p> <p>I3. 28 días</p> <p>I1: 7 días</p> <p>I2: 14 días</p> <p>I3. 28 días</p> <p>I1: 7 días</p> <p>I2: 14 días</p> <p>I3. 28 días</p>	<p>METODO: científico</p> <p>TIPO: aplicada</p> <p>NIVEL: Explicativo</p> <p>DISEÑO experimental</p> <p>POBLACIÓN: producción de concreto $f'c=210\text{g/cm}^2$ con la adición de tufo de piedra volcánica en 4%,8%,12% y 15% en la ciudad de cusco</p> <p>MUESTRA: 45 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la compresión , 45 muestras prismáticos para el ensayo de la resistencia a la flexión, 45 muestras cilíndricas para el ensayo de la resistencia a la tracción</p> <p>MUESTREO: no probabilístico</p> <p>TECNICA: Observación directa</p> <p>INSTRUMENTO: Fichas de recolección de datos</p>

Anexo 02: Operacionalización de Variables

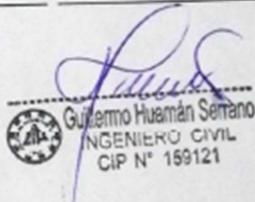
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1. Tufo de piedra volcánica	Roca compuesta principalmente por vidrio volcánico proveniente de la acumulación de ceniza volcánica. Su color varía desde el amarillento hasta el parduzco. Si bien es una roca blanda, se endurece y se vuelve inalterable bajo la acción de los agentes atmosféricos . (1984)	se operacionaliza mediante sus dimensiones como son el peso específico, granulometría y dosificación que vienen hacer características de la piedra volcánica, a su vez 2 dimensión esta dividido en 3 indicadores y la dimensión de dosificación en 4 indicadores	D1. Peso específico. D2. Granulometría. D3. Dosificación	I1: 2.0-2.3 g/cm ³ I2: 2.3-2.6 g/cm ³ I3: 2.6-2.9 g/cm ³ I1: Grueso I2: Medio I3: fino I1: 4 % I2: 8% I3:12% I4:15%	Fichas de recolección de datos	Razón
V2. Comportamiento mecánico del concreto	comportamiento mecánico del concreto está gobernado por la resistencia de la pasta endurecida, los agregados y la interfase pasta-agregados que viene hacer habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se pueda considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte, las cuales a su vez son modificadas por los procesos de colocación y condiciones de curado (2010)	se operacionaliza mediante sus dimensiones que son la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción que vienen hacer características del comportamiento estructural de un pavimento, a su vez cada dimensión esta dividido en 3 indicadores.	D1: Resistencia a la compresión. D2: Resistencia a la flexión. D3: Resistencia a la Tracción.	I1: 7 días I2: 14 días I3. 28 días I1: 7 días I2: 14 días I3. 28 días I1: 7 días I2: 14 días I3. 28 días	Fichas de recolección de datos	Escala de intervalo

Anexo 03: Análisis de validez

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento mecánico del concreto $f_c=216 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de tazo de piedra volcánica distrito Taray, región Cusco, 2021.										VALIDEZ DE 0 A 1
AUTORES: Br. Vásquez Mora, Wilber - Tovarano Chica, Jennifer										
INFORMACION GENERAL										
UBICACIÓN: Cusco					ALTITUD: 2649 msnm					
DISTRITO: Taray					LATITUD SUR: 13° 27' 49.19"					
PROVINCIA: Cusco					LATITUD OESTE: 71° 53' 31.29"					
REGION: Cusco										
V1 TIPO DE PIEDRA VOLCANICA										
D1 PESO ESPECIFICO										0.75
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
2.1-2.3 g/cm ³ 2.3-2.6 g/cm ³ 2.6-2.9 g/cm ³										
D2 GRANULOMETRIA										0.75
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
Grupo mm mm mm mm										
D3 DOSIFICACION										0.75
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
4 % 8 % 12 % 15 %										
V2 COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO										
D1 RESISTENCIA A LA COMPRESION										0.70
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
7 dias 14 dias 28 dias										
D2 RESISTENCIA A LA FLEXION										0.70
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
7 dias 14 dias 28 dias										
D3 RESISTENCIA A LA TRACCION										0.70
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und			
7 dias 14 dias 28 dias										
PROFESION										
REGISTRO CIP No: 159121										
EMAIL: 921692369										
TELEFONO: 921692369										

Rango	Magnitud
0.81-1.00	Muy alta
0.61-0.80	alta
0.41-0.60	Moderada
0.21-0.40	baja
0.01-0.20	Muy baja



Guillermo Huamán Serrano
INGENIERO CIVIL
CIP N° 159121

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento mecánico del concreto f'c=210 kg/cm ² con la adición de tufo de piedra volcánica distrito Taray, región Cusco, 2021.								VALIDEZ DE 0 A 1
AUTORES: Br. Vásquez Mora, Wilber - Talaverano Chiclla, Jennifer								
INFORMACION GENERAL								
UBICACIÓN: Ccaccacollo								
DISTRITO	Taray			ALTITUD:		2649 msnm		
PROVINCIA	Caica			LATITUD SUR:		13° 27' 49.10"		
REGION	Cusco			LATITUD OESTE:		71° 53' 31.26"		
V1 TUFO DE PIEDRA VOLCANICA								
D1 PESO ESPECIFICO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.9
2.1-2.3	g/cm ³	2.3-2.6	g/cm ³	2.6-2.9	g/cm ³			
D2 GRANULOMETRIA								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.8
Grueso	mm	medio	mm	fino	mm			
D3 DOSIFICACIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.9
4	%	8	%	12	%	15	%	
V2 COMPORTAMIENTO MECANICO DEL								
D1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.9
7	días	14	días	28	días			
D2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.7
7	días	14	días	28	días			
D3 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.8
7	días	14	días	28	días			
PROFESION: Ingeniero Civil								
REGISTRO CIP No: 79713								
EMAIL: reasome3264@gmail.com								
TELEFONO: 984401051								

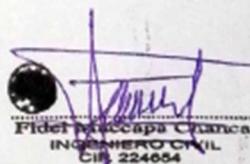
Rango	Magnitud
0.81-1.00	Muy alta
0.61-0.80	alta
0.41-0.60	Moderada
0.21-0.40	baja
0.01-0.20	Muy baja



FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: Comportamiento mecánico del concreto f'c=210 kg/cm ² con la adición de tufo de piedra volcánica distrito Taray, región Cusco, 2021.								VALIDEZ DE 0 A 1
AUTORES: Br. Vásquez Mora, Wilber - Talaverano Chiclla, Jennifer								
INFORMACION GENERAL								
UBICACIÓN: Ccaccacollo								
DISTRITO	Taray			ALTITUD:		2649 msnm		
PROVINCIA	Caica			LATITUD SUR:		13° 27' 49.10"		
REGION	Cusco			LATITUD OESTE:		71° 53' 31.26"		
V1 TUFO DE PIEDRA VOLCANICA								
D1 PESO ESPECIFICO								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.70
2.1-2.3	g/cm ³	2.3-2.6	g/cm ³	2.6-2.9	g/cm ³			
D2 GRANULOMETRIA								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.70
Grueso	mm	medio	mm	fino	mm			
D3 DOSIFICACIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.70
4	%	8	%	12	%	15	%	
V2 COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO								
D1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.65
7	días	14	días	28	días			
D2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.65
7	días	14	días	28	días			
D3 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN								
INDICADOR 1	Und	INDICADOR 2	Und	INDICADOR 3	Und	INDICADOR 4	Und	0.65
7	días	14	días	28	días			
PROFESION: INGENIERO CIVIL								
REGISTRO CIP No: 224654								
EMAIL:								
TELEFONO: 952 383 276								

Rango	Magnitud
0.81-1.00	Muy alta
0.61-0.80	alta
0.41-0.60	Moderada
0.21-0.40	baja
0.01-0.20	Muy baja



Anexo 04: Certificados de Calibración de los equipos



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA
LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA Calibration Certificate - Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: Instrument	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN 100 000 kgf	Pág. 1 de 3
Rangos Measurement range		
FABRICANTE Manufacturer	TEST MARK (INDICADOR) / HUMBOLDT (MARCO)	
Modelo Model	NO PRESENTA (INDICADOR) / 121020H (MARCO)	
Serie Identification number	LX03-120824-48 (INDICADOR) / CM-3000-LXP80 (MARCO)	
Ubicación de la máquina Location of the machine	LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L.	
Norma de referencia Reference standard	NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)	
Intervalo calibrado Calibrated interval	Del 10% al 100% del Rango	
Solicitante Customer	INGEOMAT E.I.R.L.	
Dirección Address	MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - SAN SEBASTIAN	
Ciudad City	CUSCO	
PATRONES) UTILIZADO(S) Measurement standard		
Tipo / Modelo Type / Model	T71P / ZSC	
Rangos Measurement range	150 tn	
Fabricante Manufacturer	OHAUS / KELI	
No. serie Identification number	B504530209 / 5M56609	
Certificado de calibración Calibration certificate	N° INF - LE - 315 - 20	
Incertidumbre de medida Uncertainty of measurement	0.060 %	
Método de calibración Method of calibration	Comparación Directa	
Unidades de medida Units of measurement	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
FECHA DE CALIBRACIÓN Date of calibration	2020 - 10 - 17	
FECHA DE EXPEDICIÓN Date of issue	2020 - 10 - 28	

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of the certificate including annexes

3

FIRMA AUTORIZADA
Authorized signature


Téc. Gilmar A. Muñoz Piqueloma
Responsable Técnico de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C.
Av. Miraflores N° 811 90 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima
Teléfono: (01) 822 - 8814

Celular: 982 - 302 - 883 / 882 - 227 - 888

Correo: pedro@geolab.com / roberto@geolab.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: **308-2020 G&L**
 Pág. 2 de 3

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

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.20 kgf

Indicación de la Máquina	Series de medición: Indicación del Patrón					
	1 (ASC)	2 (ASC)	3 (DESC)	4 (ASC)		
%	kgf	kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	10000	10040	10040		10056	
20	20000	20016	20007		20018	
30	30000	30006	30080		30047	
40	40000	40090	40063		40082	
50	50000	50068	50055	No Aplica	50042	No Aplica
60	60000	60018	60046		60075	
70	70000	70062	70032		70009	
80	80000	80094	80046		80028	
90	90000	90014	90018		90038	
100	100000	100064	100082		100096	
Indicación después de Carga		0	0		0	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina	Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa Us (%) k=2
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kgf					
10	10000	-0.45	0.16		0.002	0.126
20	20000	-0.07	0.05		0.001	0.094
30	30000	-0.15	0.25		0.001	0.158
40	40000	-0.20	0.07		0.001	0.094
50	50000	-0.11	0.05	No Aplica	0.000	0.094
60	60000	-0.08	0.09		0.000	0.088
70	70000	-0.05	0.08		0.000	0.094
80	80000	-0.07	0.08		0.000	0.094
90	90000	-0.03	0.03		0.000	0.094
100	100000	-0.08	0.03		0.000	0.094
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Glimer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 19.6 °C Humedad Mínima: 36.0 5Hr
 Temperatura Máxima: 19.8 °C Humedad Máxima: 36.0 5Hr



G&L LABORATORIO S.A.C.
 Av. Miraflores No. 8 L1. 90 Urb. Santa Elisa 1 Etapa Los Olivos - Lima
 Teléfono: 011 627 - 5814
 Celular: 962 - 362 - 830 / 962 - 227 - 858

Correos: ventas@gal-lab.com / informacion@gal-lab.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO S.A.C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 308-2020 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud a(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Acesorios acc(%)	Cero f(%)	Resolución e(%) an al 20%
0,20	0,25	No Aplica	No Aplica	0,00	0,001

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las Instituciones del LEI/PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Unidades Estáticas Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" - Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: B504530200 / 5M56609. Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,060 % con INFORME TÉCNICO LEA - PUCP, INF - LE - 315 - 20.

OBSERVACIONES

- Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
- Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
- "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
- Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
- Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los resultados.
- La calibración se realizó en las condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un rango de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada sesión de calibración.
- Se emite el presente certificado de calibración No. 308-2020 GLF

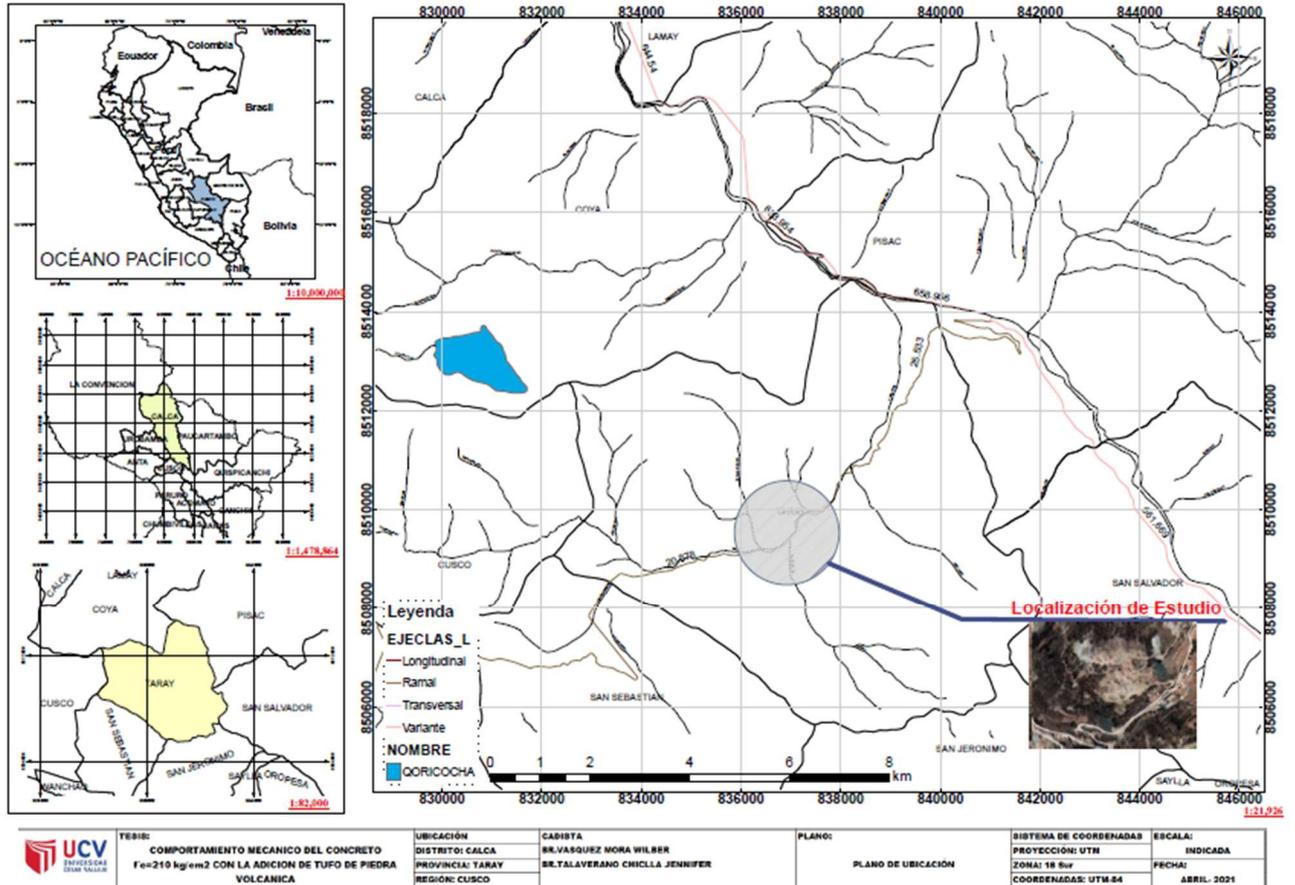
FIRMAS AUTORIZADAS
METROLOGÍA

Téc. Gilmer A. Huamán Poquima
Responsable Laboratorio de Metrología

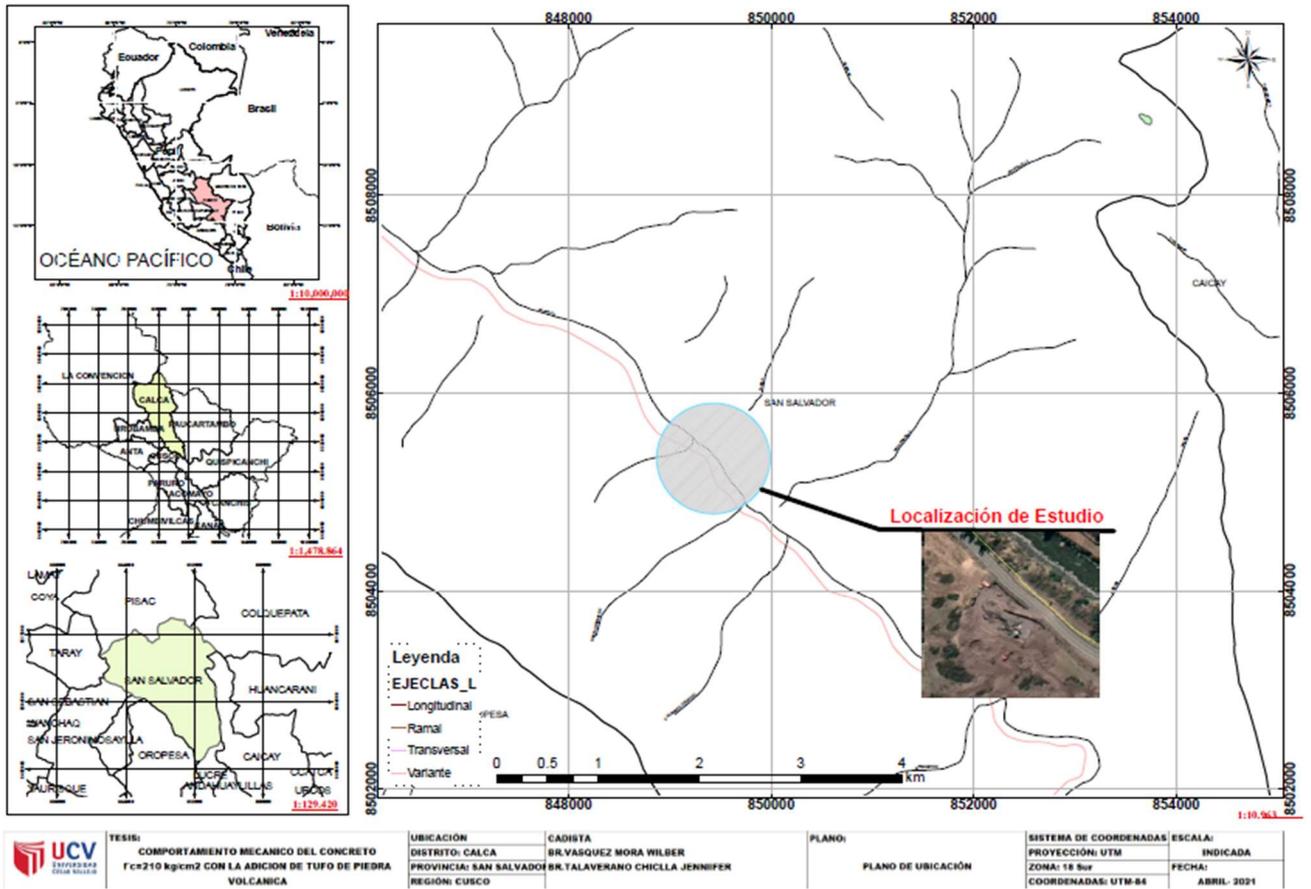


Anexo 05: planos de ubicación

Plano de ubicación de la cantera de tufo de piedra volcánica



Plano de ubicación de la cantera de Agregados



Anexo 07: Panel fotográfico



IMAGEN N° 01: SE MUESTRA EL ENSAYO DE TRACCIÓN



IMAGEN N° 02: : SE MUESTRA EL ENSAYO A FLEXION EN VIGUETA

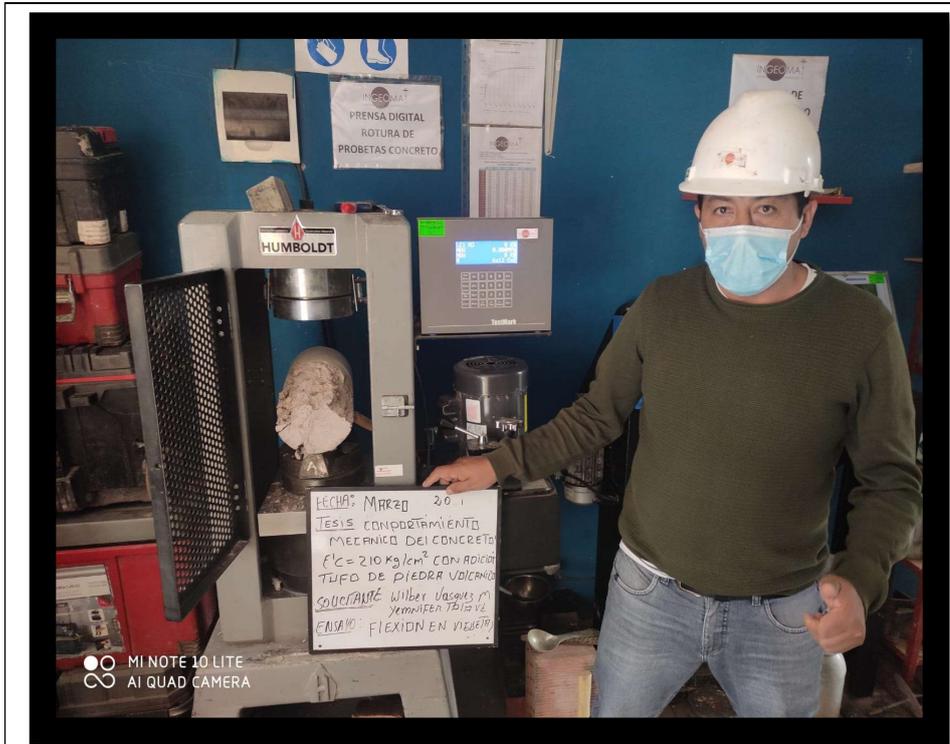


IMAGEN N° 03: SE MUESTRA EL ENSAYO A LA RESISTENCIA EN TRACCIÓN



Imagen N° 04 COLOCACIÓN DE MUESTRA EN EQUIPO PARA LA FLEXIÓN

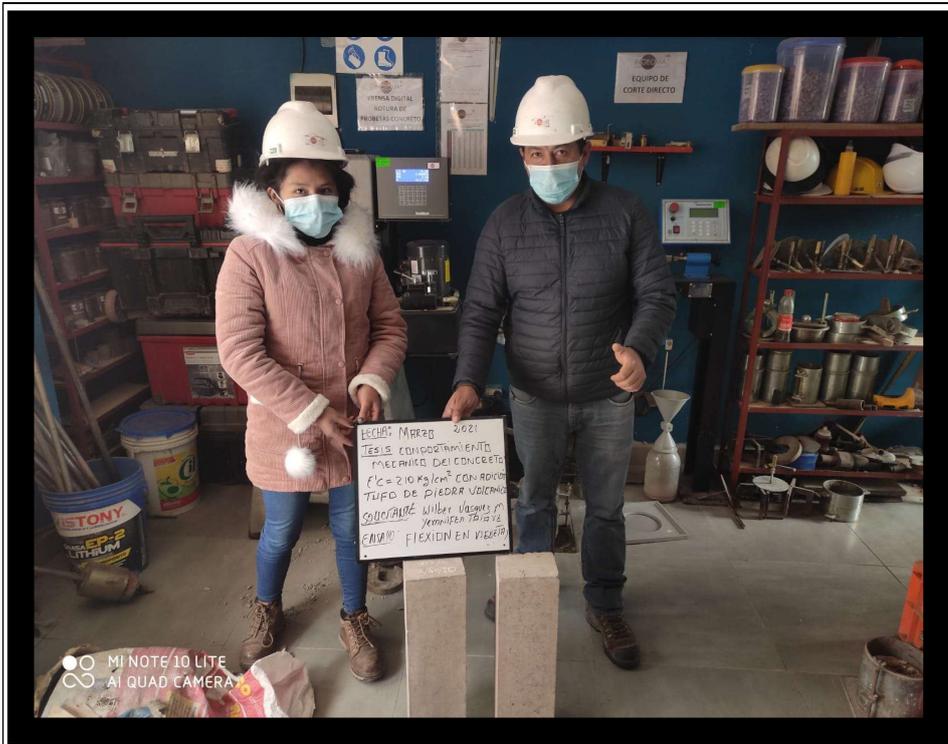


IMAGEN N° 05: ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO A FLEXIÓN



IMAGEN N° 06: SE MUESTRA LA CANTERA DE TUFO DE PIEDRA VOLCÁNICA



IMAGEN N° 07: SE MUESTRA LA CANTERA HUAMBTIO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS



IMAGEN N° 08: SE MUESTRA LA COMUNIDAD DONDE SE UBICA LA CANTERA DE PIEDRA VOLCANICA



IMAGEN N° 09: SE OBSERVA LA MÁQUINA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN



IMAGEN N° 10: ROTURA DE BRIQUETAS A COMPRESION



IMAGEN N° 11: SE MUESTRA EL PESO UNITARIO Y VACIOS



IMAGEN N° 12: SE MUESTRA LA GRANULOMETRÍA PARA DISEÑO DE MEZCLAS



IMAGEN N° 13: SE MUESTRA EL TAMIZADO PARA DISEÑO DE MEZCLAS



IMAGEN N° 14: SE MUESTRA EL PESO DE HUMEDAD DE ABSORCIÓN