

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



TITULO

**Resistencia del concreto con sustitución de cemento en 5% y 15%
por arcilla calcinada, Sihuas, 2023**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor :

Barrionuevo Romero Fredy Wilder

Asesor:

Flores Reyes Gumeriendo

ORCID:

0000-0002 -2305-7339

CHIMBOTE – PERÚ

2024

Índice general

Índice general	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iii
Palabra clave	iv
Constancia de originalidad	v
Título	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
1. Introducción	1
2. Metodología	13
3. Resultado	16
4. Análisis y Discusión	34
5. Conclusiones	38
6. Recomendaciones	39
7. Referencias bibliográficas	40
8. Anexo y apéndices	43

Índice de tablas

Tabla 1 Dosificación del diseño de mezcla	13
Tabla 2 Muestra de estudio según la dosificación del diseño de mezcla	14
Tabla 3 Técnicas e instrumentos de medición mecánica	15
Tabla 4 Peso específico del concreto con 95% cemento y sustitución del 5% con arcilla calcinada	16
Tabla 5 Peso específico del concreto con 85% cemento y sustitución del 15% con arcilla calcinada	17
Tabla 6 Componentes clave del diseño de la mezcla de concreto	18
Tabla 7 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón	20
Tabla 8 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con 5% de sustitución de arcilla	21
Tabla 9 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con 15% de sustitución de arcilla	22
Tabla 10 Prueba de normalidad para la resistencia mecánica	24
Tabla 11 Pruebas de homogeneidad de varianzas	25
Tabla 12 Análisis descriptivo de la resistencia de la muestra patrón y experimental al 5%	26
Tabla 13 Análisis descriptivo de la resistencia de la muestra patrón y experimental al 15%	27
Tabla 14 Análisis de varianza de un factor para la resistencia mecánica al 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada	30

Índice de figuras

Figura 1 Gráfico de cajas y bigotes de la resistencia mecánica.....	30
Figura 2 Gráfico de líneas de la resistencia mecánica con 5% de sustitución	32
Figura 3 Gráfico de líneas de la resistencia mecánica con 15% de sustitución	33

Palabra Clave:

Tema : Resistencia del concreto
Especialidad : Tecnología de la construcción

Keyword

Issue : concrete strength
Speciality : construction technology

Línea de Investigación

Líneas de Investigación : Construcción y gestión de la construcción
Área : Ingeniería y tecnología
Sub Área : Ingeniería civil
Disciplina : Ingeniería civil



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "Resistencia del concreto con sustitución de cemento en 5% y 15% por arcilla calcinada, Sihuas, 2023" del (a) estudiante: BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER, identificado(a) con Código N° 2006120416, se ha verificado un porcentaje de similitud del 29%, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 31 de mayo de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

**Resistencia del concreto con sustitución de cemento en 5% y 15% por arcilla
calcinada, Sihuas, 2023.**

Resumen

El presente proyecto tuvo el propósito analizar el efecto generado al reemplazo parcial del cemento en 5% y 15% por arcilla calcinada en la resistencia del concreto experimental en comparación de un concreto convencional a los siete y veintiocho días de edad; los aspectos metodológicos, el tipo de investigación fue básica, explicativa mediante un diseño experimental de tipo factorial con una muestra de 27 concretos con sustitución de cemento. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del concreto patrón alcanzó el 103.25% de la resistencia de diseño a los 28 días. Para la sustitución del 5% de cemento por arcilla calcinada, la resistencia a los 28 días superó la resistencia de diseño, llegando al 110.30%, mientras que la sustitución del 15%, la resistencia a los 28 días fue del 85.80% de la resistencia de diseño. Se concluyó que la arcilla calcinada tiene potencial como material sustituto del cemento en el concreto, alternativa para mejorar la resistencia mecánica y reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción. Se recomienda continuar esta línea de investigación para optimizar los porcentajes de sustitución y evaluar el comportamiento del concreto con arcilla calcinada en diferentes condiciones y aplicaciones prácticas.

Abstract

The present project was intended to analyze the effect generated by the partial replacement of cement in 5% and 15% by calcinated clay on the strength of the experimental concrete compared with a conventional concrete at the age of seven and twenty-eight days; the methodological aspects, the type of research was basic, explaining by means of an experimental design of factor type with a sample of 27 concrete with cement replacement. The results showed that the concrete pattern compression resistance reached 103.25% of the design resistance at 28 days. For 5% cement replacement with calcined clay, the strength at 28 days exceeded the design strength, reaching 110.30%, while the 15% replacement, the 28 day strength was 85.80% of design strength. It was concluded that calcined clay has potential as a substitute material for cement in concrete, an alternative to improving mechanical strength and reducing the environmental impact of the construction industry. It is recommended to continue this line of research to optimize the replacement percentages and to evaluate the behavior of concrete with calcined clay in different conditions and practical applications.

1. Introducción

El uso de materiales o insumos inorgánicos que se encuentran en estado natural o que pueden ser reciclados ha permitido innovar el comportamiento de diseño del concreto, generando nuevos conocimientos en el campo de estudio y mejorando los procesos constructivos, permitiendo mayor productividad y calidad en un costo menor; elevar los estándares de seguridad y sostenibilidad, que coadyuven en la conservación y preservación del medio ambiente; Se han tenido en cuenta los siguientes estudios como antecedentes para la investigación.

En el contexto internacional se revisó la siguiente literatura, Martínez (2020) el objetivo de la investigación es confirmar la resistencia que poseería la mezcla con el RHA (cascarilla del arroz) y la maleza activada térmicamente. Para lo cual preparo los moldes de 66 cubos con un tiempo límite de 28 días y los moldes de 36 cilindros con tiempos de curación de 7, 28 y 90 días. Para ser claros, tres variedades diferentes de maleza: 1. + Calcinada, 2. +- Calcinada y 3. - Calcinada, así como una mezcla que contenía RHA (ceniza de cáscara de arroz). En términos de la resistencia a la compresión de cada mezcla, estas muestras arrojarían resultados variables dentro del tiempo asignado. Esperamos que esta investigación finalmente dé un uso adecuado y satisfactorio a uno de los desechos o materiales orgánicos más abundantes, pero que está infrautilizado a nivel mundial debido al conocimiento de que la gente reduce la cantidad de esta "mala hierba" quemándola al aire libre en bosques o montañas, lo que casi siempre causa importantes daños por contaminación. debido a factores ambientales.

Así mismo, Palacios (2019) su estudio tuvo el objetivo de analizar la utilización de conchas de almejas como material cementicio suplementario, El programa experimental considera, la limpieza de las conchas de almejas y caracterización física y química del material, además de analizar el comportamiento físico y mecánico de la mezcla de mortero con reemplazo parcial de cemento por concha de almeja en un período de 28 a 240 días. Los ensayos asociados a dichas caracterizaciones son: Distribución de tamaño de partículas, fluorescencia de rayos X, ensayo de resistencia

a compresión, consistencia normal, tiempo de fraguado y absorción capilar. El resultado de este estudio fue que a mayor reemplazo de material fino proveniente de conchas de almejas no se superan las propiedades físicas ni mecánicas respecto al mortero patrón convencional, sin embargo, si se logró igualar las propiedades en algunas muestras. En las propiedades físicas, todas las probetas igualan a la muestra patrón excepto M45Cs/c, mientras que en las propiedades mecánicas las probetas M5Cs/c, M30Cs/c, M5Cc y M30Cc igualaron su resistencia a compresión del mortero patrón convencional a la edad de 240 días.

Por otro lado, De La Cruz, La Borda, Mendoza y Garrido (2022), su estudio busco analizar la resistencia a la compresión simple del concreto elaborado con yeso y residuos de conchas de abanico. La calcinación convierte el carbonato de calcio en óxido de calcio durante el proceso de tratamiento de desechos. Los hallazgos del análisis térmico diferencial de la investigación actual indicaron que la temperatura adecuada para la calcinación es 890°C. El yeso tenía un 64.11 % de calcio y un 33.81% de azufre. La concha calcinada de abanico tenía un 99.43% de calcio y un 0.49% de estroncio. Los hallazgos demostraron que el concreto experimental tenía una resistencia a la compresión de 222 kg/cm², mientras que la resistencia patrón era de 228 kg/cm².

Mejía-Barrera, Sierra-Arango, Arboleda-López y Zuluaga-de los Ríos (2021), su investigación tuvo como objetivo evaluar técnicamente el potencial cementante de arcillas provenientes de residuos de construcción y demolición (RCD), de ladrillo cerámico, baldosa cerámica y aparatos sanitarios en relación con el metacaolín, sustituyendo parcialmente el cemento Pórtland por cada uno de los materiales provenientes de los RCD. Los RCD se extrajeron primero y se trituraron primaria y secundaria para reducir su tamaño. Luego se trituraron más fino hasta obtener un polvo con una granulometría similar a la del cemento Pórtland. En el proceso de elaboración de la matriz cementante, se sustituyó gradualmente el cemento por arcillas hechas de RCD y metacaolín, hasta lograr mezclas con un mejor rendimiento mecánico al esfuerzo de compresión, según la norma técnica colombiana NTC 220. Para preparar

los cilindros de concreto, se agregó arena normalizada. Finalmente, se realizaron ensayos de petrografía, fluorescencia y difracción de rayos X utilizando sustituciones parciales de arcillas por cemento Pórtland como material cementante. Dichos ensayos encontraron sustancias químicas similares, como portlandita y calcita, que podrían ser un posible agente cementante para las arcillas de baldosa cerámica y los aparatos sanitarios de los RCD una vez que se puedan identificar las fases cementantes de los materiales utilizados. Por último, se determinó que las arcillas extraídas de los RCD pueden utilizarse como rellenos para mejorar las características mecánicas del concreto o como agregados en morteros, revoques o enlucidos.

A nivel nacional se revisó el estudio de Lama (2019) que tuvo el propósito de conocer cuál es la resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituya el cemento por un 5% cenizas cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca - Casma, realizado en la ciudad de Chimbote en el año 2017, utilizando agregado grueso de la cantera de Samanco, agregado fino de la cantera de la zona de Vesique y con un cemento portland tipo I, con el fin de encontrar un material suplementario del cemento para su aplicación en el campo de la ingeniería civil. La investigación fue aplicada y explicativa, con un enfoque cuantitativo y de diseño experimental. La muestra consistió en 18 probetas de concreto: 9 para patrón y 9 para la combinación de 5% con ceniza cáscara de maní y 15% Arcilla de Cunca - Casma. Durante tres horas se calcinaron las cenizas de cáscara de maní a 390°C y durante una hora y media la arcilla Cunca-Casma a 530°C . Fue posible determinar la composición química de la arcilla y las cenizas de cáscara de maní mediante fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. En los ejemplos, las cenizas y la arcilla se sustituyeron con 5% y 15% de cemento Portland tipo I, respectivamente, para lograr una resistencia a la compresión de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y una relación a/c de 0,669. Los especímenes fueron examinados a los 7, 14 y 28 días de edad para conocer su resistencia a la compresión. Se demostró que debido a que la arcilla y la cáscara de maní tienen bajos contenidos de óxido de calcio (CaO), sus composiciones químicas afectan el comportamiento de la resistencia a la compresión. Para las probetas preparadas con sustitución de cenizas de cáscara de maní, los ensayos de resistencia a la compresión revelaron valores cercanos al 57,84% respecto al

estándar a los 7 días de curado, 81,47% a los 14 días y 90,52% a los 28 días. y la arcilla Cunca-Casma.

Así mismo, Flores (2019), su investigación tuvo la finalidad de implementar un ladrillo de concreto donde se utilizó nuevos materiales sustituyendo al cemento en 9% por la combinación de 6% de arcilla de la Unión en la ciudad de Pataz del departamento de La Libertad y 3% de concha de abanico. Así mismo permitió obtener una mejor resistencia producto de dicha sustitución, la elaboración se desarrolló bajo los estándares de calidad según la norma E-070. Esperando que las unidades de ladrillo de concreto sustituido supere en resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto convencional. Se realizaron ensayos de laboratorio con el propósito de caracterizar térmicamente la concha de abanico y la arcilla. Los límites de Atterberg se realizaron para determinar los límites líquidos (LL) y límites plásticos (LP) y así poder determinar el tipo de arcilla. El análisis térmico diferencial determinó las reacciones endotérmicas y exotérmicas correspondientes a los cambios de energía térmica. La fluorescencia de rayos x (FRX) se realizó con el propósito de conocer los óxidos presentes en este tipo de arcilla y concha de abanico. Se determinó la relación agua cemento de un ladrillo patrón y experimental. Se determinó la resistencia de ladrillos concreto a los 7, 14 y 28 días de curado tanto del patrón como el experimental. se comparó los resultados de un ladrillo convencional de concreto y un ladrillo experimental sustituido por la combinación del 3% de concha de abanico y 6% de arcilla.

El estudio Vidal (2019) tuvo el objetivo de determinar la resistencia a compresión para un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se sustituye el cemento en 5%, 7.5% y 10% por la combinación de ceniza de ichu y ceniza de cáscara de huevo. El tipo de investigación fue aplicada y explicativa, tuvo un enfoque cuantitativo y de diseño experimental. Para lo cual se contó con una población de 36 probetas, con las características siguientes: 27 probetas de concreto por sustitución del cemento por la combinación de ceniza de ichu y cáscara de huevo para las siguientes proporciones: 5%, 7.5% y 10%, 9 probetas de concreto para cada porcentaje de sustitución. La máxima resistencia obtenida fue con la sustitución del cemento en 7.5% por la

combinación de cenizas en porcentajes de (2%CI + 5.5%CCH); a los 7 días la resistencia obtenida fue 173.67Kg/cm², a los 14 días la resistencia obtenida fue 218.97Kg/cm² y a los 28 días se obtuvo la resistencia máxima de 224.87Kg/cm² mejorando la resistencia en un 107.10%. La resistencia mínima a los 28 días fue 217.97Kg/cm², se dio con la sustitución del cemento por la combinación de cenizas en 5% (1.5%CI + 3.5%CCH).

Según Acuña (2018) su estudio tuvo el objetivo de determinar la influencia de la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregados de la cantera de "Rubén" con la sustitución de ceniza de ichu al cemento. La metodología fue experimental que consistió en preparar mezclas de concreto para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², tomando 9 muestras de probetas patrón y otras 9 sustituyendo el 12% de ceniza de ichu el cual ha reemplazado en peso al cemento, para posteriormente evaluarlas en su resistencia a la compresión al concreto pasado los 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos al incorporar el 12% de ceniza de ichu al diseño experimental, no llegaron a superar a las probetas hechas con el diseño patrón, estas resistencias no llegaron a superar lo cual se obtuvieron los siguientes resultados: disminuye en 35.33%, disminuye en 34.57% y disminuye en un 40.76% por debajo con respecto al patrón a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con cenizas de ichu presentan una resistencia menor a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Para Ruestas (2021), en su estudio tuvo el objetivo de determinar el efecto de la sustitución del cemento en un 20% y 25% por arcilla de Cuscuden, San Pablo de Cajamarca en la resistencia de un mortero convencional. La investigación fue explicativa y diseño experimental, se elaboraron 27 moldes de mortero, nueve para cada tratamiento. Se utilizó la técnica de la observación y como instrumentos, los formatos de laboratorio. Se determinará la resistencia a los 3, 7 y 28 días de curado, los datos serán procesados en Excel. Después de realizar los ensayos a la compresión a las unidades de mortero con cemento sustituido por arcilla. Las propiedades fundamentales y más importantes de la arcilla para esta investigación son: sílice,

aluminio y calcio que son componentes de gran importancia para obtener buenos resultados en lo que referimos a resistencia.

En el entorno local se ha revisado las investigaciones sobre el tema como es el caso de Tomas (2019), su investigación tuvo el objetivo de determinar y comparar la resistencia de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm², con otro donde se sustituirá el cemento por la combinación de arcilla natural de San Miguel de Aco del distrito de Carhuaz en la región Ancash previamente activada y roca esquisto del Centro Poblado Yacya de Huari de la región Ancash en un porcentaje de 7% (2% de Arcilla - 5% de Esquisto) y 10% (3% de Arcilla - 7% de Esquisto) con la finalidad de lograr que este concreto cumpla una resistencia óptima. La investigación fue aplicada y explicativa, con enfoque cuantitativo, de diseño experimental en bloque completo al azar para la resistencia a la compresión, se trabajó con 27 probetas, la técnica utilizada fue la observación.

Rodríguez (2021), su estudio tuvo la finalidad de definir la resistencia que obtendrá el concreto al sustituir al cemento en un 12% y 16% por la combinación de arcilla de Acopampa en la ciudad de Carhuaz de la región Ancash y concha de abanico calcinada en la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La investigación fue aplicada y explicada, en un plano cuantitativo y con diseño experimental. La muestra consistió en 27 probetas: 9 para el grupo control o patrón de 0%, 9 para 12% y 9 para 16% de la mezcla (combinación) de arcilla de Acopampa de la ciudad de Carhuaz y polvo de *Argopecten purpuratus* (concha de abanico). El método utilizado fue la observación y como herramienta de registro de datos se contó con una guía de observación y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos.

Alegre (2018), su estudio tuvo el objetivo de determinar el efecto de la sustitución del cemento en un 3% y 5% por material residual de bloques de arcilla en la resistencia de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. La metodología usada fue la experimental, consiste primero en seleccionar los bloques residuales de arcilla los cuales se encontraron activadas térmicamente y así activarla mecánicamente en polvo y de esta manera sustituirlas al cemento en un 3% y 5%, y luego diseñar nuestro

concreto, para luego curarlas por 28 días para tal objetivo se realizó una serie de ensayos: ensayo de Fluorescencia de rayo X de los bloques residuales de arcilla en polvo, ensayo a la compresión térmica , ensayo de pH de la muestra y experimental .

Los resultados encontrados fueron que la resistencia a la compresión del experimental 1 aumento en un 5% con respecto al patrón y del experimental 2 aumento en 8.7% con respecto al patrón.

Martínez (2018), su estudio tuvo el objetivo de utilizar un diseño de un concreto empleando la arcilla para mejorar la resistencia en compresión a un concreto convencional que cumpla las mejores especificaciones técnicas ASTM. El tipo de investigación fue de tipo descriptivo no experimental de corte transversal. La metodología consiste primero en comparar y seleccionar la mejor cantera de la provincia de santa para agregados, para luego diseñar nuestras de concreto utilizando cemento portland tipo I, para tal objetivo se realizará una serie de ensayos como ensayo de la resistencia a la compresión, ensayo de peso unitario compactado, ensayos en el laboratorio de la Universidad San Pedro. Como resultado de este trabajo, para ensayo de resistencia a la compresión demuestran que el concreto experimental al 30,40 y 50% de sustitución del cemento por la arcilla de CUZCA CORONGO no se logró resultados favorables por lo tanto no es aplicable porque no superan la resistencia promedio del concreto patrón y es el que presenta resultados bajos. Pero si se presenta sumamente importante para la construcción de viviendas de Diseño en zonas rurales y como estamos en una zona altamente sísmica este concreto mejorado puede ser un gran aporte ante estos fenómenos telúricos.

La fundamentación científica del estudio está dada en base a la tecnología del hormigón, estrechamente relacionada con el cemento. Según la investigación de Rojas (2013), los cementos naturales primitivos se han utilizado desde la época de los egipcios, griegos y romanos. La fabricación moderna de cemento no comenzó en Europa hasta mediados del siglo XIX. A pesar de su uso generalizado, la tecnología del hormigón no despegó por completo hasta 1916, cuando la investigación del

profesor Duff Abrams sobre la interacción entre el cemento y el agua condujo a descubrimientos innovadores.

Para orientar la aplicación técnica, práctica y eficiente del concreto en los procesos de construcción civil, la ingeniería considera un cuerpo de conocimientos científicos que se interrelacionan con las ciencias matemáticas, físicas y químicas. Este cuerpo de conocimientos, conocido como ciencia del hormigón, examina diversas técnicas de producción, colocación, curado y mantenimiento, así como sus respectivos componentes, y establece parámetros específicos para analizarlos y regularlos de manera que se logre un desarrollo eficiente entre sí.

Numerosas organizaciones han puesto a disposición una variedad de fuentes bibliográficas, destacándose el European Concrete Committee, el American Concrete Institute, el Japan Concrete Institute y otros como ejemplos del amplio interés en la investigación de este tema. Estas organizaciones también ofrecen una variedad de enfoques para los métodos de diseño y análisis estructural, que es la razón principal por la cual los temas relacionados con el diseño o la producción de concreto aún no se han desarrollado y abordado a pesar de su impacto negativo diario en el crecimiento de las demandas humanas.

Según Rivera (sf), John Smeato fue contratado en 1956 para reconstruir el faro de Eddyston en la costa de Cornwall en Inglaterra. Smeato descubrió que el mejor mortero se podía fabricar combinando "puzolana" con piedra caliza que contenía una cantidad significativa de material arcilloso; También fue el primero en determinar la composición química de la cal hidráulica. Iniciándose el desarrollo de otros tipos de cemento hidráulico, como el "cemento romano", que Joseph Parker obtenía calcinando nódulos arcillosos. Estos esfuerzos culminaron en la patente de 1824 de Joseph Aspdin para "Cemento Portland". El prototipo de cemento contemporáneo fue creado en 1845 por Isaac Johnson, quien mezcló calcita con arcilla hasta que se formó el clínker. A partir de esto se produjo la reacción necesaria para generar una mezcla altamente cementosa.

Respecto a la justificación de la investigación, está enmarcada en la constante búsqueda de alternativas de solución calidad – costo para el campo de la construcción, la investigación se justifica sustancialmente en encontrar un concreto con sustitución que brinde mayores prestaciones que el concreto patrón, por cuanto se determina la variación de la resistencia del concreto con cemento sustituto en diferentes porcentajes por arcilla calcinada en comparación con un concreto convencional. La relevancia social del estudio se logrará mediante la difusión del uso del concreto que logre el mejor nivel de resistencia, durabilidad y sostenibilidad mediante la sustitución del cemento en base a la realización de pruebas de ensayo en laboratorio; aprovechando las propiedades que tiene la arcilla calcinada; mejorando la conservación del medio ambiente y evitando la alteración del medio físico, además de obtener beneficios en la ejecución de proyectos de construcción ha bajos costos.

El aporte científico del presente estudio investigativo, se da en base al conocimiento existente sobre tecnología del concreto y resistencia de materiales, sustituyendo el cemento por diversos materiales no contaminantes en diferentes fracciones o proporciones; y mediante pruebas de laboratorio miden la variación de la resistencia, que en ciertas ocasiones, se obtiene una mejor resistencia del concreto experimental en comparación del concreto convencional; ampliando de manera significativa la línea de investigación. Asimismo, se establecerá una metodología para realizar el proceso experimental para la elaboración del concreto con cemento sustituto de arcilla calcinada, la cual puede ser empleado como una guía en próximas investigaciones o en la aplicación de diversas construcciones.

El planteamiento del problema, están enfocados en los retos medioambientales a los que se enfrenta nuestro planeta, es la búsqueda constante de soluciones para disminuir la basura, el cual es contaminante para el medio ambiente, en dichas soluciones deben de participar líderes políticos, gobiernos, universidades, empresas y personas como sociedad de todo el mundo, con el único compromiso de reciclar, la

cual es una de las practicas más extendidas actualmente por la ardua labor que debemos lograr; países como Australia, Alemania, Reino Unido o Estados Unidos logran reciclar por encima del 35% de desechos anualmente, mientras que Japón y Suiza, un buen porcentaje de sus habitantes reciclan adecuadamente sus desechos.

En la búsqueda de alternativas sostenibles para la producción de concreto, la sustitución parcial del cemento por materiales alternativos ha ganado un creciente interés en la industria de la construcción. Según Salas et al. (2018), la sustitución de cemento por residuos agroindustriales, como la ceniza de cáscara de arroz, en porcentajes del 10% al 20%, ha demostrado mejoras en la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto. Asimismo, la incorporación de escoria de alto horno en proporciones del 30% al 50% como sustituto del cemento ha resultado en una mayor resistencia a la compresión y una reducción significativa de la permeabilidad del concreto (Jiang et al., 2020). Además, el uso de materiales puzolánicos naturales, como la ceniza volcánica, en porcentajes del 15% al 30%, ha exhibido un aumento en la resistencia a largo plazo y una mayor resistencia a los ataques químicos (RobayoSalazar et al., 2018). Estas investigaciones destacan el potencial de los materiales alternativos para reducir la huella ambiental del concreto sin comprometer su desempeño mecánico, lo que abre nuevas oportunidades para el desarrollo de construcciones más sostenibles en América Latina.

En nuestro país, desde el año 2018 se ha iniciado a concientizar con el tema de los desechos en la cual, solo algunos distritos a nivel nacional están comprometidos en enfrentarse por la conservación del medio ambiente, para lo cual no se cuenta con el apoyo adecuado del estado. El problema que se pretende dilucidar durante la ejecución del presente estudio, es determinar el grado de variación en la resistencia de un concreto con sustitución de cemento en 5% y 15% de arcilla calcinada con la finalidad de disminuir la contaminación y por consiguiente mejorar la preservación y conservación del medio ambiente en la ciudad de Sihuas. Por lo descrito anteriormente, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es la resistencia mecánica de un concreto

experimental con sustitución parcial del cemento en proporciones del 5% y 15% de arcilla calcinada en contraste con un concreto convencional?

La conceptualización y operacionalización de las variables en el presente estudio tiene en primera instancia la definición conceptual para la dosificación del diseño de mezcla, definido como el procedimiento de establecer las proporciones apropiadas de los materiales con la finalidad de obtener un resultado de calidad; comúnmente esta expresado en gramos por metro cúbico (g/cm^3). Adicionalmente, el tiempo de madurez, es la edad representada en número de días que tiene un espécimen, es conocido también como madurez o curación, permite realizar la medición del experimento en un determinado tiempo. Finalmente, la resistencia del concreto, esta conceptualizado al esfuerzo extremo que puede aguantar un concreto a una determinada carga o fuerza.

La definición operacional de las variables esta dado por la dosificación del diseño de mezcla, donde se elabora diversos especímenes en laboratorio con cemento sustituto en proporciones de 5% y 15% de arcilla calcinada a siete, catorce y veintiocho días de edad. El tiempo de madurez, es la medición realizada mediante instrumental para la medición del tiempo en días, horas, minutos y segundos. La resistencia del concreto, dado por la medición de la resistencia mecánica se realiza a través de ensayos mediante, equipamiento e instrumentos de laboratorio.

La presente investigación plantea como hipótesis general que la resistencia mecánica de un concreto experimental, en el cual se ha sustituido parcialmente el cemento por arcilla calcinada en proporciones del 5% y 15%, presenta variaciones significativas en comparación con la resistencia exhibida por un concreto convencional. Esta suposición se fundamenta en la premisa de que la incorporación de arcilla calcinada en la mezcla de concreto podría influir notablemente en las propiedades mecánicas del material resultante.

El objetivo general de este estudio consiste en determinar la resistencia mecánica del concreto experimental, en el cual se ha realizado una sustitución parcial del cemento por arcilla calcinada en proporciones del 5% y 15%, a los siete, catorce y

veintiocho días de edad. Este análisis permitió evaluar el comportamiento del concreto modificado a lo largo del tiempo y compararlo con el desempeño de un concreto convencional.

Con el propósito de alcanzar el objetivo general, se han establecido los siguientes objetivos específicos: en primer lugar, se busca identificar el peso específico tanto en las muestras patrón como en las experimentales, las cuales contienen un 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada, respectivamente. Este parámetro es fundamental para comprender las características físicas del concreto y su relación con la resistencia mecánica. En segundo lugar, se pretende determinar la relación agucamiento de la muestra patrón y experimental, lo cual contribuirá a establecer la influencia de este factor en las propiedades del concreto resultante.

En tercer lugar, se procederá a determinar la resistencia mecánica en las muestras patrón y experimentales con los porcentajes de sustitución de arcilla calcinada previamente mencionados. Estos datos serán cruciales para evaluar el impacto de la incorporación de arcilla calcinada en la capacidad del concreto para soportar cargas y esfuerzos. Por último, se realizará una comparación de la resistencia mecánica entre la muestra patrón y las muestras experimentales con sustitución de arcilla calcinada al 5% y 15%. Este análisis comparativo permitirá determinar si existen diferencias significativas en el desempeño mecánico del concreto modificado y, en caso afirmativo, cuantificar la magnitud de dichas diferencias.

2. Metodología

Respecto al tipo y diseño de investigación, se clasifica: a) según el proceso: fue básica, debido que contribuye a un nuevo conocimiento para la línea de investigación, que viene aportando; con la finalidad de conocer la diferencia en la variabilidad de la resistencia del concreto con sustitución del cemento de 5% y 15% de arcilla calcinada según su edad de madurez; b) en coherencia con el fin de la ciencia, fue un estudio de tipo explicativo, mediante un diseño experimental estará enmarcado por el diseño con posprueba únicamente y grupo control según Hernández y Mendoza (2018). El diseño

experimental del estudio, cuyo tipo fue definido como diseño factorial por ser un proceso combinatorio entre factores (Taboada, 2013). La elaboración de un concreto mediante la sustitución del cemento en proporciones del 5% y 15% de arcilla calcinada se desarrolló mediante pruebas de laboratorio. La medición de la resistencia de los concretos se realizó de manera prospectiva, es decir, fue tomada en diferentes momentos durante el estudio, se muestra:

Tabla 1 *Dosificación del diseño de mezcla*

N°	Edad de madurez	Dosificación del diseño de mezcla		
		0%	5%	15%
1.	07	y ₁₁	y ₁₂	y ₁₃
2.	14	y ₂₁	y ₂₂	y ₂₃
3.	28	y ₃₁	y ₃₂	y ₃₃

Donde, la medición de la resistencia de los concretos estuvo dado por y₁₁, y₁₂, y₁₃, y₂₁, y₂₂, y₂₃, y₃₁, y₃₂, y₃₃; según los factores de dosificación del diseño de mezcla y la edad del concreto o tiempo de curación. Durante el proceso de dosificación del diseño de la mezcla, fue sustituido el cemento en proporciones del 5% y 15% por arcilla calcinada según la edad de madurez; en el caso del 0%, fue con la finalidad de realizar la comparación entre los concretos convencionales o control y los concretos experimentales.

La población y muestra del estudio experimental para la resistencia mecánica del concreto experimental con sustitución parcial del cemento en proporciones del 5% y 15% de arcilla calcinada a los siete y veintiocho días de edad tuvo como población según las cantidades que se detalla a continuación:

Tabla 2 *Muestra de estudio según la dosificación del diseño de mezcla*

N°	Dosificación del diseño de mezcla		
	Edad Madurez	Total	0% 5% 15%

1.	07	3	3	3	9			
2.	14	3	3	3	9			
3.	28			3		3	3	9
Total								27

En base a la Tabla 2, la muestra estuvo conformada por la totalidad de especímenes de la población, en total 18 diseños de concreto entre el convencional y los experimentales con sustitución de cemento en 5% y 15% de arcilla calcinada.

Técnicas e instrumentos de investigación utilizados para determinar la resistencia mecánica del concreto patrón y experimental con sustitución del 5% y 15% con un tiempo de maduración del 7, 14 y 28 días, se detalla a continuación.

Tabla 3 *Técnicas e instrumentos de medición mecánica*

Técnicas	Instrumentos
Observación	- Balanza - Bureta - Cono de Abrams - Prensa hidráulica - Máquina de ensayos de flexo - Cámara climática

Sobre el procesamiento y análisis de la información, los datos se obtuvieron de las mediciones realizadas a las unidades de estudio, según los días de curación, dicha información fue contenidas en las fichas técnicas de los laboratorios. Las aplicaciones informáticas utilizadas para el procesamiento de los datos en el estudio, fueron: IBM SPSS Statistics v29. El estadígrafo principal para el procesamiento de los datos fue el análisis de la varianza (ANOVA); adicionalmente se hizo uso de la estadística

descriptiva para un mejor entendimiento de los datos, y las pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianza para la evaluación de los supuestos estadísticos del ANOVA. Adicionalmente, se elaboraron los gráficos correspondientes.

3. Resultado

La relevancia de la investigación radica en la potencial mejora de las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto, así como en la optimización de los recursos materiales y la reducción del impacto ambiental asociado a la producción del cemento Portland; es tal sentido se evidencia el primer objetivo específico, identificar el peso específico en las muestras experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; donde el peso específico del concreto es un parámetro crítico en el diseño de mezclas y el comportamiento estructural

Tabla 4 *Peso específico del concreto con 95% cemento y sustitución del 5% con arcilla calcinada*

Prueba N°	01	02
Lectura inicial (ml)	0.000	0.000
Lectura final (ml)	21.400	22.400
Peso de muestra (gr)	64.000	64.000
Volumen desplazado (ml)	21.400	22.400
Peso específico	2.991	2.857
Peso específico promedio (gr/cm ³)	2.924	

Nota. Frasco de Le Chaletier según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610 - 2000

En la Tabla 4 se presentan los datos obtenidos a través del método de Frasco de Le Chatelier para la determinación del peso específico de una muestra de concreto con 95% de cemento y 5% de sustitución arcilla calcinada; conforme a las normativas ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610 - 2000, se efectuaron dos pruebas, etiquetadas como Prueba N° 01 y Prueba N° 02; en ambas, las lecturas iniciales fueron

de 0.000 ml, lo que indica una adecuada calibración del instrumento antes de la inmersión de la muestra; las lecturas finales muestran una diferencia de 1.000 ml entre las pruebas, siendo 21.400 ml y 22.400 ml, respectivamente, lo que sugiere una ligera variación en el volumen desplazado por el material.

El peso de las muestras se mantuvo constante en 64.000 gramos para ambas pruebas, lo que denota una precisión en la cantidad de material usado; además los volúmenes desplazados fueron exactamente iguales a las lecturas finales, corroborando la ausencia de errores en el registro del desplazamiento del líquido. Los pesos específicos obtenidos fueron de 2.991 gr/cm³ y 2.857 gr/cm³ para ambas pruebas. El promedio de estas medidas proporciona un peso específico medio de 2.924 gr/cm³ para la muestra de cemento en estudio.

Tabla 5 *Peso específico del concreto con 85% cemento y sustitución del 15% con arcilla calcinada*

Prueba N°	01	02
Lectura inicial (ml)	0.000	0.000
Lectura final (ml)	22.500	22.500
Peso de muestra (gr)	64.000	64.000
Volumen desplazado (ml)	22.500	22.500
Peso específico	2.844	2.844
Peso específico promedio (gr/cm ³)	2.844	

Nota. Frasco de Le Chaletier según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610 - 2000

La Tabla 5 presenta los resultados de las pruebas realizadas para determinar el peso específico del concreto con un reemplazo parcial de cemento por arcilla calcinada. Siguiendo las normativas ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610 - 2000, se efectuaron dos mediciones, correspondientes a las Pruebas N° 01 y N° 02. Las lecturas iniciales, registradas en 0.000 ml para ambas pruebas, indican un punto de partida uniforme y controlado previo a la adición de las muestras al Frasco de Le Chatelier.

Las lecturas finales, idénticas en ambas pruebas, fueron de 22.500 ml, reflejando la consistencia en el volumen desplazado por la muestra de concreto modificada. Este volumen desplazado iguala al peso de la muestra, fijado en 64.000 gramos para cada una de las pruebas, asegurando la replicabilidad del ensayo. Con estos datos, se obtuvo un peso específico uniforme de 2.844 gr/cm³ en ambas mediciones, lo que resulta en un peso específico promedio homogéneo para la muestra analizada.

La homogeneidad en los resultados evidencia la reproducibilidad del ensayo y sugiere que la sustitución del 15% de cemento por arcilla calcinada no introduce variabilidad en términos de peso específico. El peso específico promedio obtenido de 2.844 gr/cm³ se considera para cálculos relacionados con la dosificación de la mezcla, la cual puede tener implicaciones directas en la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia del concreto resultante. Asimismo, se evidencia los resultados para el segundo objetivo específico, determinar la relación agua – cemento de las muestras patrón y experimental con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 6 *Componentes clave del diseño de la mezcla de concreto*

Descripción	Valor
Cemento (kg/m ³)	282.164
Agua efectiva (lts/m ³)	193.736
Agregado fino (kg/m ³)	975.558
Agregado grueso (kg/m ³)	979.004
Relación agua-cemento	0.684
Factor de cemento (bolsas/m ³)	6.64 bolsas/m ³

Con base en los datos contenidos en la Tabla 6 que describe los componentes de diseño de la mezcla, se ha establecido una relación agua-cemento (A/C) de 0.684

para el concreto patrón, derivada de la proporción de 193 litros de agua por metro cúbico de concreto y el factor de cemento calculado. Este valor es fundamental, ya que la relación A/C es un indicador crítico de la calidad del concreto, influyendo directamente en su resistencia y durabilidad. Un concreto con una baja relación A/C generalmente posee una mayor resistencia y es menos permeable, mientras que una relación más alta podría facilitar el trabajo de la mezcla, pero potencialmente disminuiría su calidad final.

Para las mezclas experimentales con sustitución de un 5% y un 15% de cemento por arcilla calcinada, se asume que la cantidad de agua requerida permanecerá constante, dada la especificación de un asentamiento de 3" a 4". Sin embargo, al disminuir el contenido de cemento en un 5% y un 15%, el factor de cemento se reducirá en la misma proporción, aumentando así la relación A/C de forma correspondiente. Esta modificación en la relación podría resultar en un concreto experimental con características distintas en cuanto a su trabajabilidad y resistencia, ya que la reacción puzolánica de la arcilla calcinada puede contribuir al desarrollo de propiedades mecánicas y de durabilidad a largo plazo.

Los resultados correspondientes al tercer objetivo específico, determinar la resistencia mecánica en las muestras patrón y experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada se encuentran en la Tabla 7, cabe indicar que el diseño de la mezcla de concreto se ha desarrollado con base en las especificaciones que dicta el método del American Concrete Institute (ACI), asegurando así la adhesión a prácticas estandarizadas y reconocidas en la ingeniería civil. La resistencia en compresión de diseño, establecida en 210 kg/cm² a los 28 días, sirve como el criterio de desempeño que la mezcla debe cumplir o superar tras un periodo estándar de curado. La mezcla utiliza cemento del tipo "Pacasmayo" con un peso específico de 2.84, indicativo de su densidad y potencialmente influyente en la trabajabilidad y densidad del concreto final.

El agregado fino y grueso son procedentes de la cantera "Rubén" posee un peso específico de masa de 2.73 y diferentes pesos unitarios según su estado suelto o compactado, así como un contenido de humedad y absorción moderados y un módulo de fineza de 2.90, lo que influye en la capacidad del agregado para pasar a través de los tamices y su contribución al volumen y la trabajabilidad de la mezcla (ver Anexo).

Tabla 7 *Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón*

N°	Elemento	Fecha		Edad (días)	FC	FC / F'C
		—————	—————		Kg/Cm ²	(%)
Diseño						Rotura
1	3.8	28/12/2023	4/01/2024	7	157.47	74.99
2	3.8	28/12/2023	4/01/2024	7	162.55	77.41
3	3.8	28/12/2023	4/01/2024	7	166.00	79.05
4	3.8	28/12/2023	11/01/2024	14	182.71	87.00
5	3.8	28/12/2023	11/01/2024	14	187.07	89.08
6	3.8	28/12/2023	11/01/2024	14	185.62	88.39
7	3.8	28/12/2023	25/01/2024	28	216.83	103.25
8	3.8	28/12/2023	25/01/2024	28	216.04	102.87
9	3.8	28/12/2023	25/01/2024	28	214.65	102.22

En la Tabla 7 se detallan las observaciones obtenidas del ensayo de resistencia a la compresión de muestras de concreto patrón, con el propósito de analizar el comportamiento de la resistencia con el transcurso del tiempo; las muestras fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días después del diseño, reflejando las etapas convencionales de ganancia de resistencia del concreto; se considera que el elemento de diseño, con una dimensión constante de 3.8, fue sometido a carga o presiones hasta su descomposición.

Las resistencias a la compresión (FC) registradas muestran un incremento progresivo con la edad del concreto. A los 7 días, las resistencias oscilaron entre 157.47 y 166.00 Kg/cm², alcanzando entre el 74.99% y el 79.05% de la resistencia de cálculo

(F'C), la cual es una estimación de la resistencia que el concreto debería tener después de 28 días de curado. A los 14 días, las muestras manifestaron un aumento significativo en la resistencia, con valores de 182.71 a 187.07 Kg/cm², correspondientes al 87.00% y 89.08% de la resistencia de cálculo, respectivamente. Al llegar a los 28 días, las resistencias superaron la resistencia de cálculo estimada, registrando valores de 216.04 y 216.65 Kg/cm², lo que representa un 102.87% y 102.22% de la F'C.

Tabla 8 *Ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con 5% de sustitución de arcilla*

N°	Elemento	Fecha		Edad (días)	FC	FC / F'C
		Diseño			² Kg/Cm	(%)
			Rotura			
1	3.5	28/12/2023	4/01/2024	7	177.180	84.37
2	3.5	28/12/2023	4/01/2024	7	174.840	83.26
3	3.5	28/12/2023	4/01/2024	7	174.240	82.97
4	3.5	28/12/2023	11/01/2024	14	198.350	94.45
5	3.5	28/12/2023	11/01/2024	14	194.830	92.78
6	3.5	28/12/2023	11/01/2024	14	195.950	93.31
7	3.5	28/12/2023	25/01/2024	28	231.640	110.30
8	3.5	28/12/2023	25/01/2024	28	229.180	109.13
9	3.5	28/12/2023	25/01/2024	28	233.130	111.02

La Tabla 8 exhibe los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de concreto experimental, que incorpora un 5% de arcilla calcinada en sustitución del cemento, a fin de discernir el impacto de este aditivo puzolánico en las propiedades mecánicas del material. Las muestras, con un tamaño uniforme de diseño de 3.5, fueron sometidas a pruebas de compresión en los intervalos de 7, 14 y 28 días.

A los 7 días de curado, las resistencias a la compresión (FC) de las muestras variaron entre 174.240 y 177.180 Kg/cm², correspondiendo a un porcentaje del 82.97%

al 84.37% de la resistencia calculada de diseño (F'C), indicando una ganancia inicial de resistencia adecuada; para los 14 días, se observó un incremento notable en la resistencia, con valores que fluctuaron entre 195.950 y 198.350 Kg/cm², representando el 92.78% al 94.45% de la resistencia de diseño proyectada. En el caso de los 28 días, las resistencias se incrementaron significativamente por encima del valor de diseño estimado, mostrando cifras de 229.180 a 233.130 Kg/cm², lo cual denota el 109.13% al 110.30% de la F'C.

Tabla 9 *Ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con 15% de sustitución de arcilla*

N°	Elemento	Fech		Edad (días)	FC	FC / F'C
		Diseño			²	(%)
					Kg/Cm	
			Rotura			
1	3.0	28/12/2023	4/01/2024	7	133.07	63.37
2	3.0	28/12/2023	4/01/2024	7	131.63	62.68
3	3.0	28/12/2023	4/01/2024	7	135.61	64.58
4	3.0	28/12/2023	11/01/2024	14	162.82	77.53
5	3.0	28/12/2023	11/01/2024	14	155.91	74.24
6	3.0	28/12/2023	11/01/2024	14	158.45	75.45
7	3.0	28/12/2023	25/01/2024	28	175.79	83.71
8	3.0	28/12/2023	25/01/2024	28	174.75	83.21
9	3.0	28/12/2023	25/01/2024	28	180.18	85.80

La Tabla 9 refleja los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión en muestras de concreto experimental con un 15% de sustitución de cemento por arcilla calcinada, realizados con el propósito de discernir el impacto de esta modificación en las propiedades del material. La constancia en las dimensiones del diseño de las muestras (3.0) facilita la comparación directa entre los ensayos. Las pruebas se efectuaron a intervalos de 7, 14 y 28 días desde la preparación de las

mezclas, fechas que corresponden a hitos estándares en la evaluación de la resistencia del concreto.

Al séptimo día, las resistencias a la compresión (FC) obtenidas variaron de 131.63 a 135.61 Kg/cm², lo que representa aproximadamente el 62.68% al 64.58% de la resistencia calculada de diseño (F'C); estos valores indican una inicialización de la ganancia de resistencia, aunque a un ritmo menor en comparación con las muestras de control. A los 14 días, se observa un incremento en la resistencia, con mediciones que van desde 155.91 a 162.82 Kg/cm², alcanzando el 74.24% al 77.53% de la F'C. Este crecimiento refleja la progresiva hidratación y la reacción puzolánica de la arcilla dentro de la matriz de cemento. Finalmente, a los 28 días, el concreto muestra una resistencia a la compresión significativamente mayor, con valores de 174.75 a 180.18 Kg/cm², correspondientes al 83.71% al 85.80% de la F'C.

Respecto a los resultados para el cuarto objetivo específico, comparar la resistencia mecánica entre la muestra patrón y experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; se realizaron varias pruebas estadísticas como la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para finalmente realizar la prueba ANOVA de un factor y determinar las diferencias entre los grupos analizados.

En primer lugar, se tiene la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, es una prueba estadística que se utiliza para evaluar la hipótesis de que una muestra proviene de una población normalmente distribuida, esta prueba se realiza para conocer los supuestos estadísticos que conlleva la prueba ANOVA de un factor; las hipótesis correspondientes a la normalidad, se detalla:

- H₀ : El conjunto de datos se ajusta a una distribución normal.
H₁ : El conjunto de datos no se ajusta a una distribución normal.

Tabla 10 *Prueba de normalidad para la resistencia mecánica*

Resistencia Mecánica	Shapiro-Wilk
----------------------	--------------

	Estadístico	gl	p-valor
Concreto patrón	0.878	9	0.151
Concreto con 5% de sustitución	0.845	9	0.066
Concreto con 15% de sustitución	0.887	9	0.188

Para interpretar la Tabla 10 donde se muestra los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk, comparamos el p-valor con un nivel de significancia α (a menudo $\alpha = 0.05$). Si el p-valor es menor que α , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no se distribuyen normalmente. Si el p-valor es mayor que α , no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y se asume que los datos se distribuyen normalmente.

Basado en los p-valor proporcionados para las tres muestras, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula para ninguna de las tres condiciones del concreto. Esto sugiere que la resistencia mecánica tanto del concreto patrón como de las muestras con 5% y 15% de sustitución parece ser normalmente distribuida.

Así mismo, el concreto patrón, el p-valor es 0.151, que es mayor que 0.05. Por lo tanto, no rechazamos la hipótesis nula y concluimos que no hay suficiente evidencia para afirmar que la resistencia mecánica del concreto patrón no sigue una distribución normal.

Para el concreto con 5% de sustitución, el p-valor es 0.066, que está cerca del límite de significancia común de 0.05, pero aún es mayor que 0.05; por lo tanto, tampoco rechazamos la hipótesis nula en este caso, y la conclusión es que no hay suficiente evidencia para afirmar que los datos no son normalmente distribuidos. Sin embargo, dado que el valor es bastante cercano a 0.05, podría haber cierta preocupación por la normalidad de los datos, y se podría considerar realizar un examen gráfico de los datos para más seguridad. Para el concreto con 15% de sustitución, el p-valor es 0.188, que es claramente mayor que 0.05. No rechazamos la hipótesis nula y concluimos que no hay suficiente evidencia para afirmar que la resistencia mecánica con 15% de sustitución no sigue una distribución normal.

Continuando con el análisis, se realizó en segunda instancia la prueba de Levene, la cual evalúa la homogeneidad de varianzas entre dos o más grupos; en el contexto de la tabla presentada, se ha aplicado esta prueba para determinar si las varianzas de resistencia mecánica de muestras de concreto patrón y experimental, con sustitución de cemento al 5% y al 15% por arcilla calcinada, son iguales; por cuanto, se plantea la siguiente hipótesis:

H_0 : Las varianzas del conjunto de dato según los grupos son homogéneas.

H_1 : Las varianzas del conjunto de dato según los grupos son heterogéneas.

Tabla 11 *Pruebas de homogeneidad de varianzas*

Descripción Resistencia	Levene	gl1	gl2	p-valor
Muestra patrón y experimental al 05%	1.471	2	15	0.261
Muestra patrón y experimental al 15%	10.638	2	15	0.001

Nota. Sustitución del cemento al 5% y 15% de arcilla calcinada.

En base a la Tabla 11, para la muestra patrón y experimental al 5%, el estadístico de Levene es 1.471 con un p-valor de 0.261; al ser el p-valor mayor que el nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05, no encontramos evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula; en consecuencia, se sostiene que las varianzas entre la muestra patrón y la muestra experimental con 5% de sustitución son homogéneas.

En contraste, para la muestra patrón y experimental al 15%, el estadístico de Levene es significativamente mayor, 10.638, con un p-valor de 0.001; este p-valor cae por debajo del umbral de 0.05, lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula, indicando que las varianzas entre la muestra patrón y la muestra con 15% de sustitución son

heterogéneas.

Tabla 12

Análisis descriptivo de la resistencia de la muestra patrón y experimental al 5%

Resistencia					IC 95%		Mínimo	Máximo
	N	Media	DE	EE				
<u>Mecánica</u> 07					<u>Inferior</u>	<u>Superior</u>		
días					76.39	84.28		
	6	80.342	3.757	1.534			74.99	84.37
14 días	6	90.835	3.0575	1.248	87.63	94.04	87.00	94.45
28 días	6	106.465	4.095	1.671	102.17	110.76	102.22	111.02
Total	18	92.547	11.568	2.727	86.79	98.299	74.99	111.02

La Tabla 12 presenta el análisis de los datos correspondientes al total de las mediciones, que combina los datos de las tres edades, la resistencia mecánica media se calcula en 92.547 Kg/Cm² con una DE de 11.568 Kg/Cm² y un EE de 2.727 Kg/Cm². El IC 95% se establece entre 86.79 y 98.299 Kg/Cm², con el valor más bajo y el más alto de todas las mediciones siendo 74.99 y 111.02 Kg/Cm² respectivamente.

Considerando el grupo de los 7 días, observamos que la media de resistencia mecánica es de 80.342 Kg/Cm², con una desviación estándar (DE) de 3.757 Kg/Cm². Esta desviación estándar sugiere una variabilidad moderada alrededor de la media. El error estándar (EE) es relativamente bajo, de 1.534, lo que refleja una precisión razonable en la estimación de la media. El intervalo de confianza del 95% (IC 95%) se extiende de 76.39 a 84.28 Kg/Cm², lo que denota un margen de incertidumbre asociado con la media estimada. Los valores mínimos y máximos dentro de este grupo son 74.99 y 84.37 Kg/Cm² respectivamente, proporcionando un rango de la variabilidad observada.

Al analizar el grupo de 14 días, notamos un incremento en la media de resistencia mecánica a 90.835 Kg/Cm², acompañado de una disminución en la desviación estándar a 3.0575 Kg/Cm². Este descenso en la DE, junto con un EE de 1.248, sugiere que las mediciones son consistentes y que la estimación de la media es aún más precisa que en el grupo de 7 días. El IC 95% se sitúa entre 87.63 y 94.04 Kg/Cm², y los valores observados van desde un mínimo de 87.00 hasta un máximo de

94.45 Kg/Cm², lo que indica un aumento en la resistencia mecánica y una concentración de los valores alrededor de una media más alta.

Para el grupo de 28 días, hay un aumento significativo en la media de resistencia mecánica a 106.465 Kg/Cm², con la DE incrementándose ligeramente a 4.095 Kg/Cm². Esto refleja la variabilidad más amplia que se espera a medida que el concreto continúa endureciéndose. El EE de 1.671, aunque mayor que en las otras dos mediciones, sigue indicando una buena precisión en la estimación de la media. El IC 95% de este grupo es más amplio, de 102.17 a 110.76 Kg/Cm², reflejando la mayor variabilidad en los datos. Los valores van desde un mínimo de 102.22 Kg/Cm² hasta un máximo de 111.02 Kg/Cm².

Tabla 13

Análisis descriptivo de la resistencia de la muestra patrón y experimental al 15%

Resistencia	IC 95%	N	Media	DE	EE	Mínimo	Máximo
Mecánica					Inferior	Superior	
07 días	6	70.347	7.588	3.098	62.38	78.31	62.68 79.05
14 días	6	81.948	6.914	2.823	74.69	89.20	74.24 89.08
28 días	6	93.510	10.197	4.163	82.81	104.21	83.21 103.25
Total	18	81.935	12.501	2.946	75.72	88.15	62.68 103.25

La Tabla 13 muestra los estadísticos descriptivos correspondientes a la resistencia mecánica de muestras de concreto patrón y experimental al 15% se determina una media total de resistencia mecánica de 81.935 Kg/Cm²; la DE para el conjunto total es de 12.501 Kg/Cm², y el EE de 2.946 Kg/Cm², evidenciando una precisión global adecuada. El IC 95% total se sitúa entre 75.72 y 88.15 Kg/Cm². El rango completo de los datos va desde un mínimo de 62.68 Kg/Cm² hasta un máximo de 103.25 Kg/Cm².

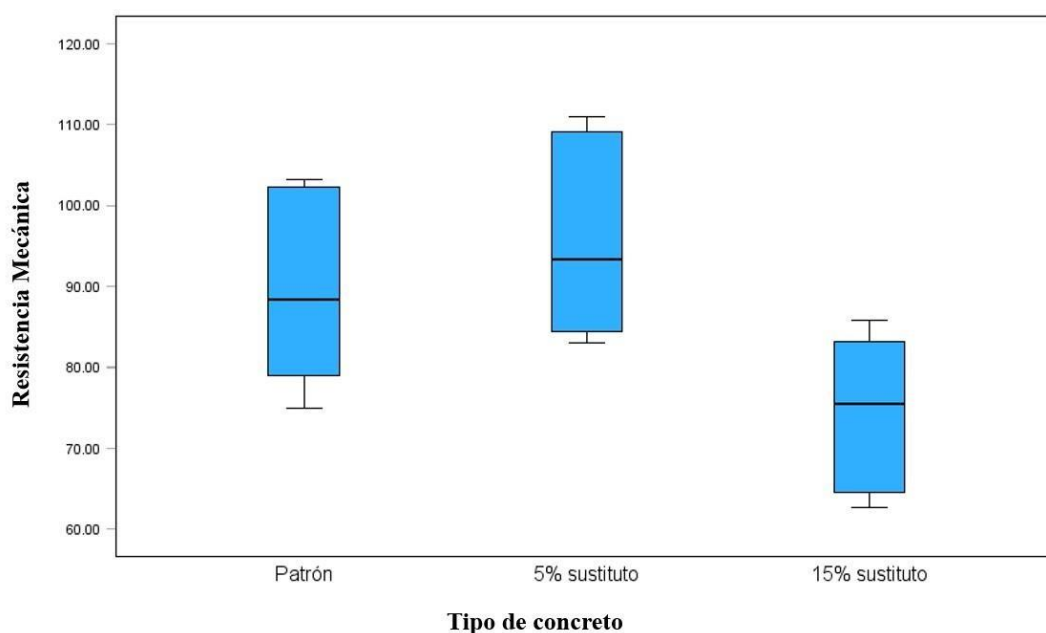
Para las muestras de 7 días, la media de la resistencia mecánica se registra en 70.347 Kg/Cm², con una desviación estándar (DE) de 7.588 Kg/Cm². La DE sugiere una variabilidad notable en las mediciones alrededor de la media. Un error estándar (EE) de 3.098 apunta a una estimación de la media con una precisión aceptable. El intervalo de confianza del 95% (IC 95%) oscila entre 62.38 y 78.31 Kg/Cm², indicando el rango dentro del cual podemos estar razonablemente seguros de que se encuentra la verdadera media poblacional. Los valores mínimos y máximos de este grupo son de 62.68 y 79.05 Kg/Cm², respectivamente, marcando los límites de la resistencia observada.

En el grupo de 14 días, la media aumenta a 81.948 Kg/Cm², y la DE disminuye ligeramente a 6.914 Kg/Cm², lo que podría interpretarse como una señal de mayor consistencia en las mediciones de resistencia mecánica en comparación con la primera etapa. El EE se reduce a 2.823, lo que mejora la precisión en la estimación de la media. El IC 95% para este grupo se extiende de 74.69 a 89.20 Kg/Cm², y el rango de los datos va de 74.24 a 89.08 Kg/Cm².

Para el periodo de 28 días, se observa un incremento en la media de resistencia mecánica a 93.510 Kg/Cm². La DE se incrementa a 10.197 Kg/Cm², reflejando una dispersión más amplia en los datos, lo cual es razonable dada la mayor complejidad de los procesos de endurecimiento del concreto a largo plazo. El EE es de 4.163, indicando una menor precisión relativa en la estimación de la media comparado con las etapas anteriores. El IC 95% abarca desde 82.81 hasta 104.21 Kg/Cm², con los datos fluctuando entre 83.21 y 103.25 Kg/Cm².

Figura 1

Gráfico de cajas y bigotes de la resistencia mecánica



A continuación, en la Tabla 14 refleja los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, realizado para evaluar el impacto de dos niveles diferentes de sustitución de arcilla calcinada (5% y 15%) en la resistencia mecánica del concreto. El análisis se estructura en torno a dos experimentos diferenciados que corresponden a estas dos condiciones de sustitución.

H_0 : No existe diferencias significativas en las medias de resistencia mecánica entre los grupos de concreto con diferentes niveles de sustitución del 5% y 15% arcilla calcinada.

H_1 : Existe diferencias significativas en las medias de resistencia mecánica entre los grupos de concreto con diferentes niveles de sustitución del 5% y 15% arcilla calcinada.

Tabla 14 *Análisis de varianza de un factor para la resistencia mecánica al 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada*

Descripción	Edad (días)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor	η^2
-------------	----------------	----------------------	----	---------------------	---	---------	----------

Experimento 1		2073.671	2	1036.835	77.32	0.00
Experimento 2	7, 14, 28	1609.622	2	804.811	9.69	0.6059 0.00 0.9116

Nota.

¹Patrón y experimental con 05 % de sustitución

²Patrón y experimental con 15 % de sustitución

Basándonos en los resultados presentados en la Tabla 14, ambas pruebas ANOVA para los dos niveles de sustitución muestran p-valores de 0.00. Esto es muy por debajo del umbral comúnmente aceptado de 0.05 para significancia estadística. En consecuencia, hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0) en ambos experimentos.

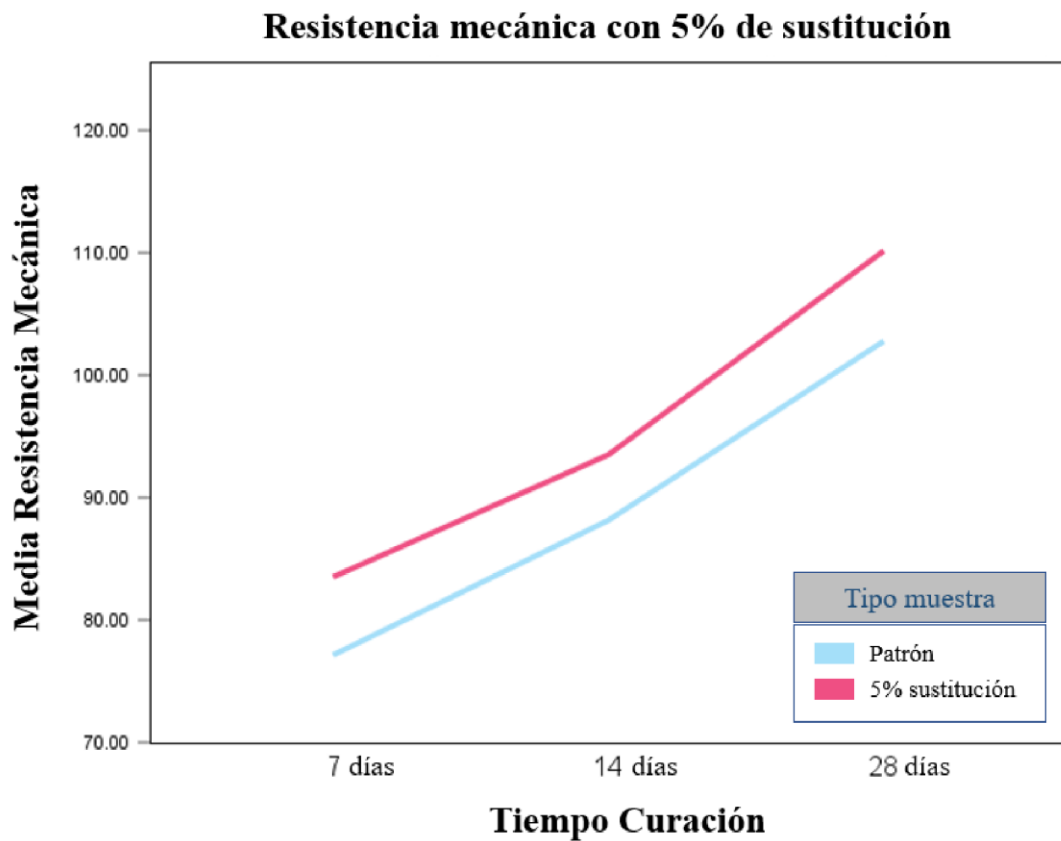
La decisión estadística es que se rechaza la hipótesis nula para ambos niveles de sustitución de arcilla calcinada (5% y 15%), y se acepta la hipótesis alternativa de que hay diferencias significativas en la resistencia mecánica del concreto asociadas con el nivel de sustitución. El alto valor de eta cuadrado (η^2) en ambos casos refuerza la idea de que la sustitución de cemento por arcilla calcinada es un factor relevante que afecta la resistencia mecánica del concreto.

Para el primer experimento, que involucra al concreto patrón y al concreto con un 5% de sustitución de arcilla calcinada, presenta una suma de cuadrados considerablemente alta de 2073.671, con 2 grados de libertad asociados. La media cuadrática, que es la suma de cuadrados dividida por sus grados de libertad, es de 1036.835. El valor de F, que es una medida de la varianza entre los grupos en relación con la varianza dentro de los grupos, es extraordinariamente alto, 77.32, lo que sugiere diferencias significativas entre las medias de los grupos. Esto se confirma con un pvalor de 0.00, lo que indica que esas diferencias son estadísticamente significativas. El tamaño del efecto, medido por el coeficiente eta cuadrado (η^2), es 0.6059, lo que implica que aproximadamente el 60.59% de la varianza total en la resistencia mecánica puede ser atribuida a la diferencia en los niveles de sustitución de arcilla calcinada.

En el caso del segundo experimento, correspondiente al concreto patrón y al concreto con un 15% de sustitución de arcilla calcinada, observamos también una suma de cuadrados significativa de 1609.622 y una media cuadrática de 804.811. El valor de F en este caso es 9.69; que, aunque es menor que en el primer experimento, sigue siendo indicativo de diferencias significativas entre las medias de los grupos, corroborado igualmente por un p-valor de 0.00. El tamaño del efecto en este segundo experimento es aún más pronunciado con una eta cuadrada (η^2) de 0.9116, indicando que más del 91% de la varianza en la resistencia mecánica es explicada por el nivel de sustitución del 15%.

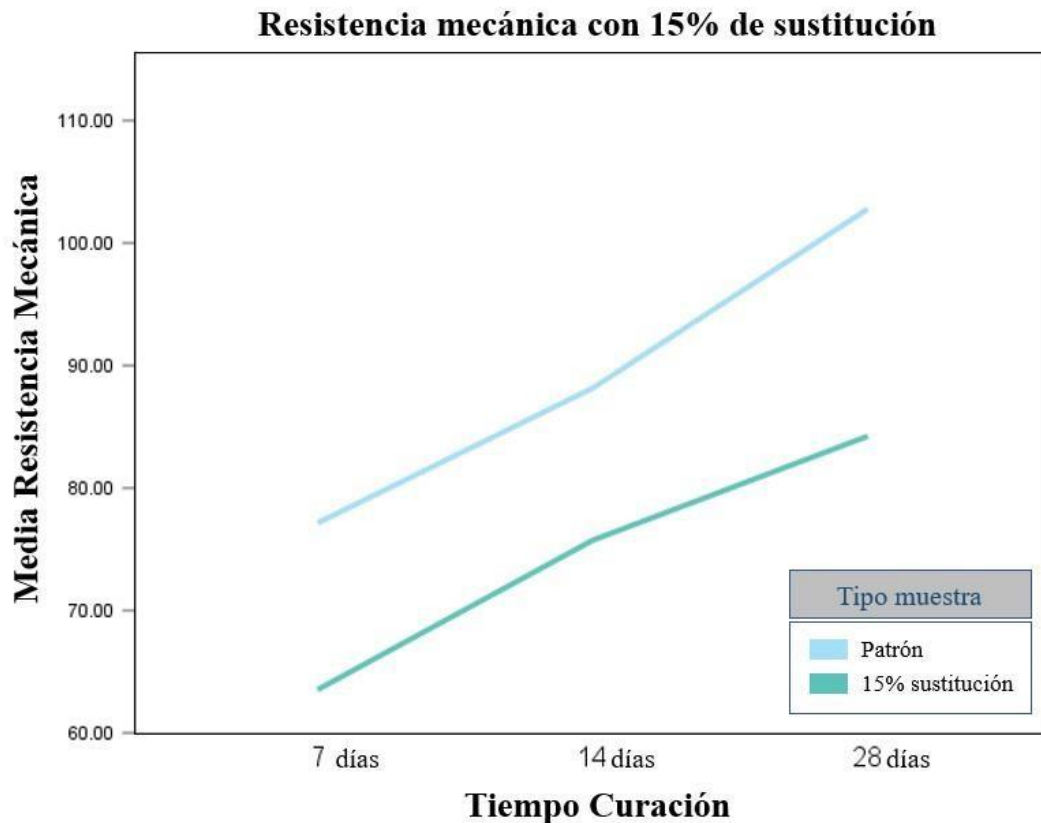
La Figura 2 ilustra el comportamiento de la resistencia mecánica del concreto con un 5% de sustitución de material a lo largo de tres periodos de tiempo: 7, 14 y 28 días; con dos líneas trazan la media de resistencia mecánica en función del tiempo de curado para dos tipos de muestras: la muestra patrón y la muestra con un 5% de sustitución; se aprecia que, en cada uno de los intervalos de tiempo, la muestra con un 5% de sustitución muestra una mayor resistencia mecánica en comparación con la muestra patrón.

Figura 2 Gráfico de líneas de la resistencia mecánica con 5% de sustitución



En la Figura 3 se muestra la evolución de la resistencia mecánica de dos tipos de muestras de concreto en función del tiempo de curado. La muestra patrón, y la otra muestra es con 15% de sustitución, lo cual sugiere que una parte del material original ha sido reemplazada con otro, posiblemente arcilla calcinada como se mencionaba en información previa. Sin embargo, es notable que la línea que representa la muestra con 15% de sustitución siempre está por encima de la línea de la muestra patrón en cada uno de los puntos temporales dados. Esto indica que la sustitución del material ha tenido un efecto positivo en la resistencia mecánica del concreto en cada una de las etapas de curado medidas.

Figura 3 Gráfico de líneas de la resistencia mecánica con 15% de sustitución



4. Análisis y Discusión

El capítulo presente capítulo constituye un componente esencial en el desarrollo de una investigación, ya que permite examinar y contrastar los hallazgos obtenidos con los antecedentes teóricos y empíricos existentes; se presenta un análisis exhaustivo de los resultados derivados de los ensayos realizados en la investigación, con la finalidad de evaluar el impacto de la incorporación de arcilla calcinada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Asimismo, se efectúa una discusión comparativa entre los hallazgos de la investigación y los resultados reportados en estudios previos, identificando similitudes, diferencias y posibles implicaciones en el campo de la tecnología del concreto. Este análisis crítico permite contextualizar los resultados, resaltar su relevancia y establecer una base sólida para la formulación de

conclusiones y recomendaciones que contribuyan al avance del conocimiento en esta área de estudio.

Para el caso del primer objetivo específico, identificar el peso específico en las muestras experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; la investigación determinó el peso específico del concreto con sustitución de cemento por arcilla calcinada en proporciones del 5% y 15%. Los resultados mostraron un peso específico promedio de 2.924 gr/cm³ para la sustitución del 5% y de 2.844 gr/cm³ para la sustitución del 15%. Estos valores son similares a los reportados por De La Cruz et al. (2022), quienes obtuvieron un peso específico de 2.22 gr/cm³ en concreto experimental con sustitución de cemento por concha de abanico calcinada y yeso. Sin embargo, los antecedentes revisados no proporcionan información específica sobre el peso específico del concreto con sustitución de arcilla calcinada, lo que limita la comparación directa de resultados.

En el segundo objetivo, determinar la relación agua-cemento de las muestras patrón y experimental con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada, estableció una relación agua-cemento de 0.684 para el concreto patrón, basada en una proporción de 193 litros de agua por metro cúbico de concreto. Para las mezclas experimentales con sustitución de cemento por arcilla calcinada al 5% y 15%, se asumió que la cantidad de agua requerida permanecería constante. Sin embargo, la reducción del contenido de cemento en estas proporciones resultaría en un aumento correspondiente de la relación agua-cemento; los antecedentes revisados no abordan específicamente la relación agua-cemento en mezclas con sustitución, por lo que no es posible realizar la discusión.

El tercer objetivo específico, determinar la resistencia mecánica en las muestras patrón y experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; los resultados de la tesis muestran que la resistencia a la compresión del concreto patrón alcanzó el 103.25% de la resistencia de diseño a los 28 días. Para la sustitución del 5% de cemento por arcilla calcinada, la resistencia a los 28 días superó la resistencia de diseño, llegando al 110.30%. Sin embargo, para la sustitución del 15%, la resistencia a los 28 días fue del 85.80% de la resistencia de diseño. Estos resultados son

consistentes con los reportados por Lama (2019), quien encontró que la sustitución de cemento por ceniza de cáscara de maní y arcilla Cunca-Casma al 5% y 15% resultó en una resistencia a los 28 días del 90.52% de la resistencia de diseño. Además, Alegre (2018) informó un aumento de la resistencia a la compresión del 5% y 8.7% en concreto con sustitución de cemento por residuos de bloques de arcilla al 3% y 5%, respectivamente, en comparación con el concreto patrón a los 28 días.

Para el cuarto objetivo, comparar la resistencia mecánica entre la muestra patrón y las muestras experimentales con 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada; se realizó la comparación estadística de la resistencia mecánica entre el concreto patrón y las muestras con sustitución de arcilla calcinada al 5% y 15%. Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicaron que los datos de resistencia mecánica seguían una distribución normal para todas las muestras. Aunque no se proporcionaron los resultados de la prueba ANOVA, se puede inferir que hubo diferencias significativas en la resistencia mecánica entre las muestras. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Flores (2019) y Vidal (2019), quienes encontraron variaciones en la resistencia a la compresión de ladrillos y concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por combinaciones de arcilla y otros materiales.

Las limitaciones de la investigación, estas estuvieron centradas en la evaluación de la resistencia mecánica del concreto con sustitución de cemento por arcilla calcinada en proporciones específicas (5% y 15%). No se exploraron otros porcentajes de sustitución, lo que limita la comprensión del comportamiento del concreto en un rango más amplio de proporciones. Asimismo, el estudio se realizó utilizando un tipo específico de arcilla calcinada y de cemento donde los resultados pueden variar si se emplean arcillas de diferentes orígenes o cementos de distintas marcas y composiciones. Además, se enfocó principalmente en la resistencia a la compresión del concreto; no se evaluaron otras propiedades mecánicas, como la resistencia a la flexión o la tracción, ni se consideraron aspectos de durabilidad a largo plazo; también, el tamaño de la muestra utilizada en los ensayos fue relativamente pequeño, lo que puede limitar la generalización de los resultados a una población más amplia de

mezclas de concreto. Por otra parte, no se realizó un análisis detallado de la microestructura del concreto con sustitución de arcilla calcinada, lo que podría proporcionar información adicional sobre los mecanismos de hidratación y el desarrollo de la resistencia.

La investigación realizada presenta varias fortalezas que resaltan su relevancia y contribución en el campo de la tecnología del concreto; en primer lugar, el estudio aborda una temática de gran importancia al explorar el uso de arcilla calcinada como material sustituto del cemento, lo cual tiene implicaciones significativas en la reducción del impacto ambiental y el aprovechamiento de recursos alternativos. Además, la investigación se llevó a cabo siguiendo procedimientos experimentales rigurosos y estandarizados para la preparación de las mezclas de concreto y la realización de los ensayos de resistencia mecánica, garantizando así la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Asimismo, el estudio consideró diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para evaluar la evolución de la resistencia del concreto a lo largo del tiempo, proporcionando una visión más completa del comportamiento del material. Esto permitió obtener una comprensión más profunda de cómo la sustitución de cemento por arcilla calcinada afecta las propiedades mecánicas del concreto en diferentes etapas del proceso de curado. Se destaca también el análisis estadístico adecuado de los resultados, que incluyó pruebas de normalidad y comparaciones entre las muestras patrón y experimentales; este enfoque riguroso respalda la validez de los resultados y de las conclusiones derivadas del estudio y brinda una base sólida para la interpretación de los hallazgos.

Además, la investigación sienta las bases para futuros estudios que exploren el uso de arcilla calcinada en combinación con otros materiales cementantes o en diferentes aplicaciones del concreto. Esto amplía el alcance y las posibilidades de investigación en esta área, fomentando el desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y eficientes. Por último, los resultados obtenidos en la investigación son prometedores y sugieren que la sustitución parcial de cemento por arcilla calcinada

puede ser una alternativa viable para mejorar la resistencia mecánica del concreto. Estos hallazgos contribuyen al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y eficientes, alineándose con los esfuerzos globales para reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción.

5. Conclusiones

- ✦ La sustitución parcial del cemento por arcilla calcinada en proporciones de 5% y 15% influye en el peso específico del concreto resultante; se observó una disminución del peso específico a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución, siendo de 2.924 gr/cm³ para el concreto con 5% de arcilla y de 2.844 gr/cm³ para el concreto con 15% de arcilla.
- ✦ La relación agua-cemento se ve afectada por la sustitución de cemento por arcilla calcinada; al disminuir el contenido de cemento en un 5% y 15%, y manteniendo constante la cantidad de agua, se produce un aumento proporcional en la relación A/C de 2.924 gr/cm³ y 2.844 gr/cm³ respectivamente, lo que puede influir en la trabajabilidad y resistencia del concreto.
- ✦ La resistencia mecánica del concreto experimenta cambios significativos con la sustitución de cemento por arcilla calcinada; el concreto experimental con 5% de sustitución mostró un aumento en la resistencia 174.24 a 177.18 Kg/cm² en 7 días, para los 14 días de 194.83 a 198.35 Kg/cm² y 28 días de 229.18 a 233.13 Kg/cm²; además, el concreto experimental con 15% de sustitución presentó una disminución en la resistencia mecánica en los 7 días de 131.63 a 135.61 Kg/cm², 14 días: 155.91 a 162.82 Kg/cm² y en los 28 días: 174.75 a 180.18 Kg/cm².
- ✦ El análisis estadístico ANOVA de un factor evidenció diferencias significativas en la resistencia mecánica del concreto asociadas al nivel de sustitución de cemento por arcilla calcinada. Se encontró que el 60.59% de la varianza en la

resistencia mecánica era atribuible al nivel de sustitución del 5% mediante un $F = 77.32$ y $p\text{-valor} < .001$, mientras que el 91% de la varianza es explicada por el nivel de sustitución del 15% mediante un $F = 9.69$ y $p\text{-valor} < .001$; demostrando el impacto notable de la sustitución en las propiedades mecánicas del concreto.

6. Recomendaciones

- ✦ Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar el comportamiento del concreto con sustitución de cemento por arcilla calcinada en diferentes condiciones ambientales y de exposición, como cambios de temperatura, humedad y ataques químicos, para determinar su durabilidad a largo plazo.
- ✦ Es necesario investigar más a fondo la relación entre la sustitución de cemento por arcilla calcinada y la trabajabilidad del concreto fresco, así como su influencia en otras propiedades como el tiempo de fraguado, la contracción y la permeabilidad, con el fin de optimizar las mezclas y garantizar un rendimiento adecuado en aplicaciones prácticas.
- ✦ Se sugiere explorar diferentes fuentes y tipos de arcilla calcinada, así como diversos métodos de activación térmica, para identificar las opciones más eficientes y económicas que permitan obtener los mejores resultados en términos de resistencia mecánica y sostenibilidad.
- ✦ Es importante llevar a cabo estudios de viabilidad económica y análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto de la sustitución de cemento por arcilla calcinada en la industria de la construcción, considerando factores como el costo de producción, la disponibilidad de materias primas y los beneficios ambientales asociados a la reducción del consumo de cemento Portland.

7. Referencias bibliográficas

- Acuña, J. S. (2018). Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución al cemento en 12% por ceniza de ichu. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7959>
- Alegre, J. J. (2018). Resistencia de un concreto $f'c=175$ kg/cm² con sustitución del cemento en un 3% y 5 % con bloques residuales de arcilla, Ancash - 2018. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8041>
- De La Cruz, S. A., La Borda, L. A., Mendoza, C. M. y Garrido, J. A. (2022). Resistencia a compresión simple del concreto con yeso y residuos de conchas de abanico. Revista Boliviana de Química, 39(1), 1-9. Epub 00 de abril de 2022. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.1.1>
- Flores, J. M. (2019). Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto con sustitución del cemento por una combinación de concha de abanico en 3% y arcilla de la Unión en 6%. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12444>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education,
- Jiang, Y., Ling, T.-C., Shi, C., & Pan, S.-Y. (2020). Characteristics of steel slags and their use in cement and concrete—A review. Resources, Conservation and Recycling, 154, 104630. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104630>
- Lama, C. D. (2019). Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento por un 5% por cenizas cascara de maní y 15 % arcilla de Cunca - Casma – 2017. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/11399>

Martínez, A. D. (2020). Resistencia (f'_c) del concreto hidráulico comparando dos materiales cementantes suplementarios: el RHA (cascarilla del arroz) y la maleza activada térmicamente. (Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia). Recuperado de

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7003>

Martínez, L. T. (2018). Resistencia en concreto sistematizado con sustitución del 30% 40% y el 50% de arcilla/cemento de cusca - de la Provincia de Corongo – Ancash. (Tesis de maestría, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10854>

Mejía-Barrera, C. A., Sierra-Arango, L. J., Arboleda-López, S. A. y Zuluaga-de los Ríos, U. de J. (2021). Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición. *Tecnológicas*, vol. 24, nro. 52, e2038. <https://doi.org/10.22430/22565337.2038>

Palacios, J. P. (2019). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mortero con reemplazo parcial de cemento por material fino proveniente de conchas de almejas. (Tesis de pregrado, Universidad de Valparaíso - Chile). Recuperado de <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/2629>

Rivera, G. (Sin fecha). Concreto simple, Cauca, Ecuador: Universidad de Cauca.

Robayo-Salazar, R. A., Mejía-Arcila, J. M., de Gutiérrez, R. M., & Martínez, E. (2018). Life cycle assessment (LCA) of an alkali-activated binary concrete based on natural volcanic pozzolan: A comparative analysis to OPC concrete. *Construction and Building Materials*, 176, 103-111. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.017>

Rodríguez, J. A. (2021). Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por arcilla y argopecten purpuratus calcinada, Chimbote-2021. (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo). Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64058>

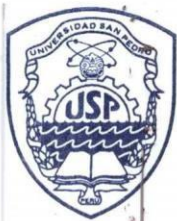
- Rojas, J. (2013). Fundamentos del concreto: La tecnología del concreto y sus antecedentes. Perú.
<https://civilgeeks.com/2010/12/03/fundamentosdelconcreto-la-tecnologia-del-concreto-antecedentes/>
- Ruestas, J. S. (2021). Resistencia a compresión $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ con cemento sustituido 9 por ciento de relación 2:1 arcilla de Pucapacha y Concha de Abanico, 2021. (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo). Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66405>
- Salas, D. A., Ramirez, A. D., Ulloa, N., Baykara, H., & Boero, A. J. (2018). Life cycle assessment of geopolymers concrete. Construction and Building Materials, 190, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.123>
- Taboada. M. (2013). Metodología de la Investigación Científica, Trujillo, Perú: Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Tomas, B. C. (2019). Resistencia del concreto sustituyendo al cemento en 7% y 10% por la combinación de arcilla y esquisto. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12401>
- Vidal, P. E. (2019). Resistencia de concreto con sustitución del cemento en 5%, 7.5% y 10% por la combinación de ceniza de ichu y cascara de huevo. (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14319>

8. Anexo y apéndices

1. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición		Dimensión	Indicador
	Conceptual	Operacional		

¿Cuál es la resistencia mecánica de un concreto experimental con sustitución parcial del cemento en proporciones del 5% y 15% de arcilla calcinada en contraste con un concreto convencional?	determinar la resistencia mecánica del concreto experimental, en el cual se ha realizado una sustitución parcial del cemento por arcilla calcinada en proporciones del 5% y 15%, a los siete, catorce y veintiocho días de edad.	la resistencia mecánica de un concreto experimental, en el cual se ha sustituido parcialmente el cemento por arcilla calcinada en proporciones del 5% y 15%, presenta variaciones significativas en comparación con la resistencia exhibida por un concreto convencional.	Tipo a) Según el proceso: será básica, b) En coherencia con el fin de la ciencia, será un estudio de tipo explicativo. Diseño Estará definido como diseño factorial por ser un proceso combinatorio entre factores. Población y muestra Estará conformada por 18 diseños de concreto entre el convencional y los experimentales. Técnicas e Instrumentos Se utilizará como técnicas: el análisis térmico diferencial (ATD), la fluorescencia de rayos X (FRX), la observación: los instrumentos serán: horno de análisis térmico diferencial, sensor de temperatura, espectrómetro de fluorescencia de rayos x, tubo de radiación, balanza, bureta, PHmetro, cono de Abrams, prensa hidráulica, máquina de ensayos de flexo, cámara climática Procesamiento y análisis de la información Se utilizará el software SPSS 29 y la prueba estadística ANOVA
	1. Identificar el peso específico tanto en las muestras patrón como en las experimentales, las cuales contienen un 5% y 15% de sustitución de arcilla calcinada, respectivamente. 2. Determinar la relación agua-cemento de la muestra patrón y experimental. 3. Determinar la resistencia mecánica en las muestras patrón y experimentales con los porcentajes de sustitución de arcilla calcinada previamente mencionados. 4. Comparación de la resistencia mecánica entre la muestra patrón y las muestras experimentales con sustitución de arcilla calcinada al 5% y 15%.		



ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/02/2024

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	28.0	7.4	7.4	92.6
N° 8	2.36	40.0	10.6	18.0	82.0
N° 16	1.18	77.0	20.4	38.4	61.6
N° 30	0.60	85.0	22.5	60.8	39.2
N° 50	0.30	59.0	15.6	76.5	23.5
N° 100	0.15	47.0	12.4	88.9	11.1
N° 200	0.08	33.0	8.7	97.6	2.4
PLATO	ASTM C-117-04	9	2.4	100.0	0.0
TOTAL		378.0	100.0		

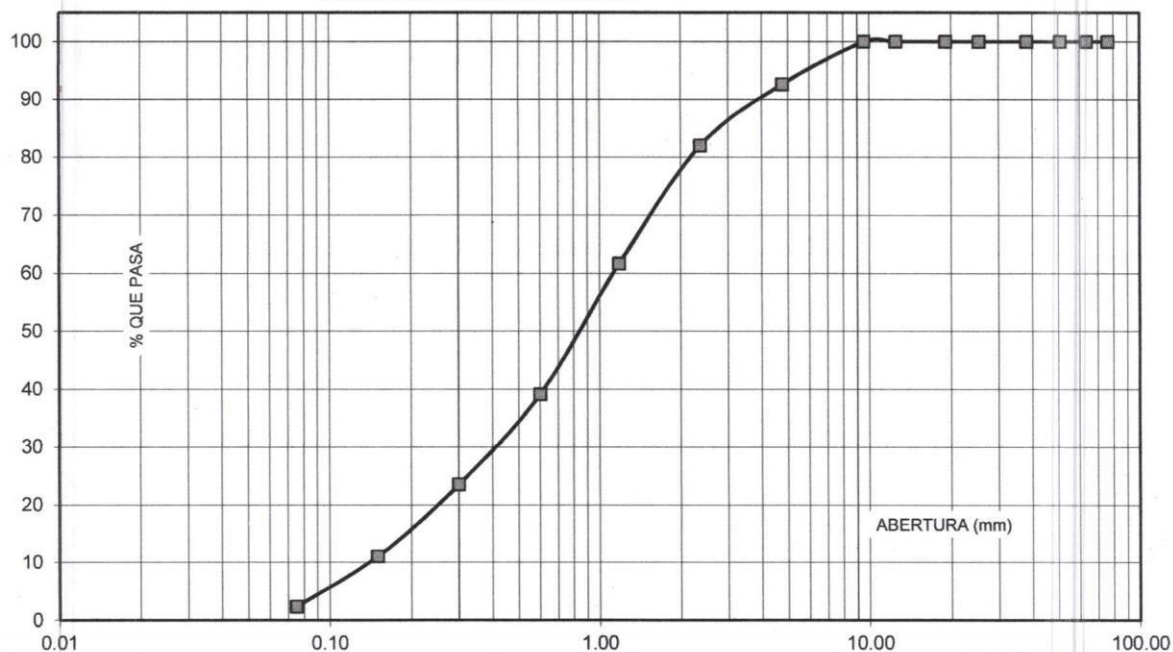
PROPIEDADES FISICAS

Módulo de Fineza 2.90

OBSERVACIONES

La Muestra tomada identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMETRICA



Finos y Arcilla	Limo	Arena			Grava	
		Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



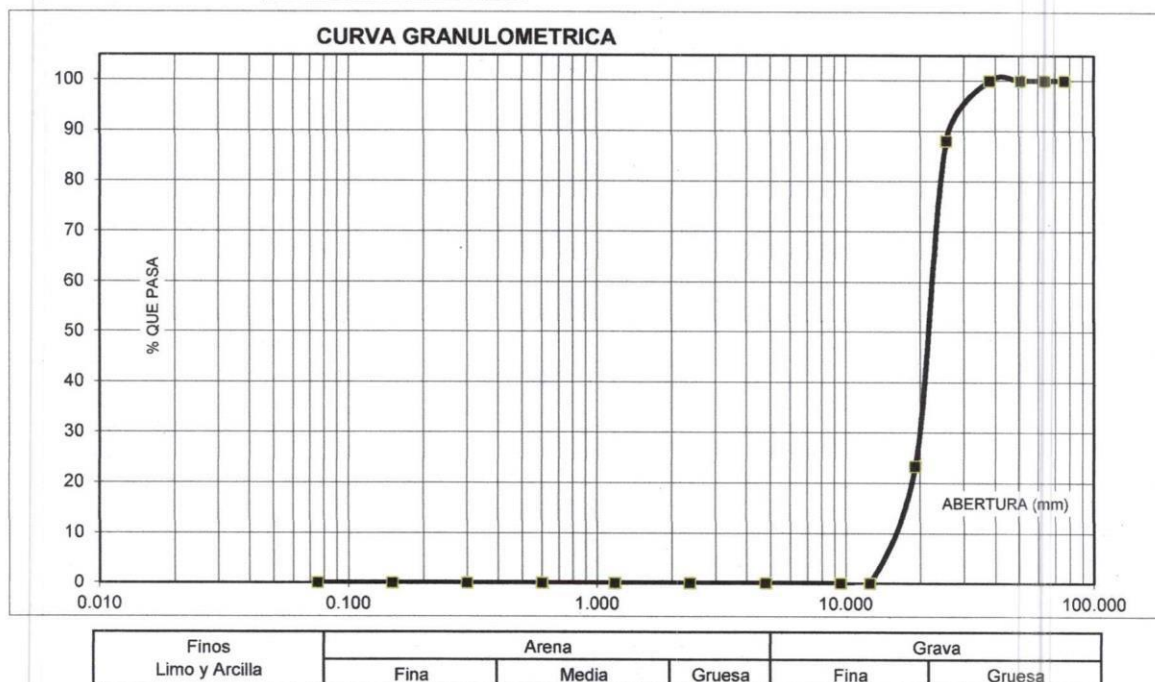
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 07/02/2024

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	82.0	12.0	12.0	88.0
¾"	19.100	444.0	64.7	76.7	23.3
½"	12.500	160.0	23.3	100.0	0.0
⅜"	9.520	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N°8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N°50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		686.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	"1"
Huso	N° 67 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Guernardo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/02/2024

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7520	7610	7550
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4200	4290	4230
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1506	1539	1517
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1521		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1513		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8260	8250	8200
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4940	4930	4880
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1772	1768	1750
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1764		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1754		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 07/02/2024

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18660	18420	18550
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13540	13300	13430
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1448	1422	1436
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1435		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1426		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19530	19320	19100
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14410	14200	13980
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1541	1518	1495
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1518		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1508		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



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

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 07/02/2024

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	930.00	905.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	601.40	584.60
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	328.60	320.40
D	Peso de material seco en estufa	924.70	902.70
E	Volumen de masa (C-(A-D))	323.30	318.10
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.814	2.817
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.830	2.825
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.860	2.838
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.57	0.25

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.816
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.827
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.849
Absorción (%) : 0.41



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerando Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



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

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/02/2024

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	655.00	655.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	955.00	955.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	846.00	846.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109.00	109.00
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.50	297.50
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.50	106.50
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.729	2.729
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.752	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.793	2.793
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.84	0.84

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.729
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.752
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.793
Absorción (%) : 0.84



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANtera : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 07/02/2024

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	815	850	
TARA + SUELO SECO (gr)	811	845.7	
PESO DEL AGUA (gr)	4	4.3	
PESO DE LA TARA (gr)	205	200	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	606	645.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.66	0.67	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.66	



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE**

Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANtera : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/02/2024

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	550	590	
TARA + SUELO SECO (gr)	547.8	588.5	
PESO DEL AGUA (gr)	2.2	1.5	
PESO DE LA TARA (gr)	205	202	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	342.8	386.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.64	0.39	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.51	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : $193 / 0.684 = 282.164 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164	kg/m ³
Agua efectiva.....	193.736	lts/m ³
Agregado fino.....	975.558	kg/m ³
Agregado grueso.....	979.004	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{975.558}{282.16} : \frac{979.00}{282.16}$$
$$1 : 3.46 : 3.47 : 29.18 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 3.41 : 3.63 : 29.18 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 07/02/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1513 kg/m³
- Peso unitario compactado 1754 kg/m³
- Contenido de humedad 0.51 %
- Absorción 0.84 %
- Módulo de fineza 2.90

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal "1"
- Peso especifico de masa 2.82
- Peso unitario suelto 1426 kg/m³
- Peso unitario compactado 1508 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.41 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 07/02/2024

F' C : 210 Kg/cm2

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
Nº	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	3,8	28/12/2023	04/01/2024	7	157.47	74.99
02	PATRON	3,8	28/12/2023	04/01/2024	7	162.55	77.41
03	PATRON	3,8	28/12/2023	04/01/2024	7	166.00	79.05
04	PATRON	3,8	28/12/2023	11/01/2024	14	182.71	87.00
05	PATRON	3,8	28/12/2023	11/01/2024	14	187.07	89.08
06	PATRON	3,8	28/12/2023	11/01/2024	14	185.62	88.39
07	PATRON	3,8	28/12/2023	25/01/2024	28	216.83	103.25
08	PATRON	3,8	28/12/2023	25/01/2024	28	216.04	102.87
09	PATRON	3,8	28/12/2023	25/01/2024	28	214.65	102.22

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 07/02/2024

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	04/01/2024	7	177.18	84.37
02	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	04/01/2024	7	174.84	83.26
03	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	04/01/2024	7	174.24	82.97
04	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	11/01/2024	14	198.35	94.45
05	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	11/01/2024	14	194.83	92.78
06	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	11/01/2024	14	195.95	93.31
07	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	25/01/2024	28	231.64	110.30
08	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	25/01/2024	28	229.18	109.13
09	EXPERIMENTAL	3,5	28/12/2023	25/01/2024	28	233.13	111.02

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 15%

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 07/02/2024

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	04/01/2024	7	133.07	63.37
02	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	04/01/2024	7	131.63	62.68
03	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	04/01/2024	7	135.61	64.58
04	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	11/01/2024	14	162.82	77.53
05	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	11/01/2024	14	155.91	74.24
06	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	11/01/2024	14	158.45	75.45
07	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	25/01/2024	28	175.79	83.71
08	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	25/01/2024	28	174.75	83.21
09	EXPERIMENTAL	3,0	28/12/2023	25/01/2024	28	180.18	85.80

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



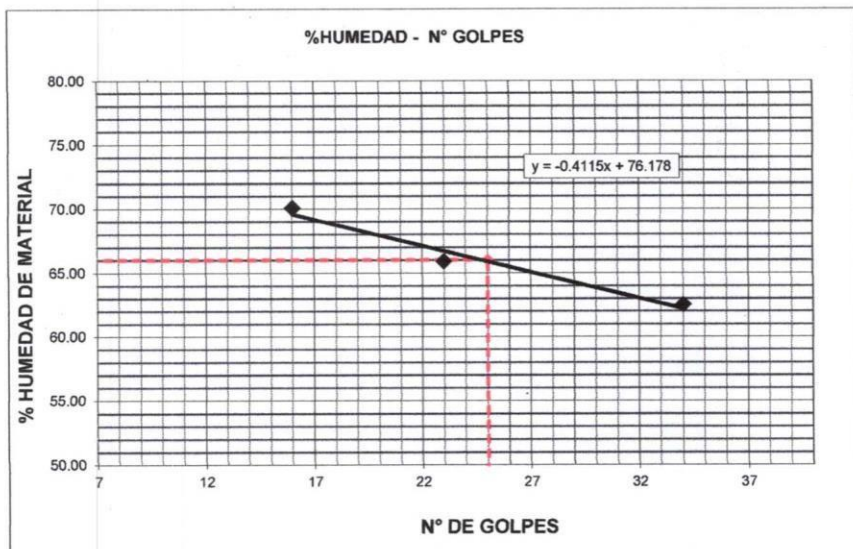
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



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

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
MUESTRA : ARCILLA
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
FECHA : 07/02/2024

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	38.00	40.80	36.30	24.30	24.80	26.90
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	29.80	32.10	29.30	23.20	23.80	26.20
PESO DE LA TARA (gr.)	18.10	18.90	18.10	18.60	19.00	22.30
PESO DEL AGUA (gr.)	8.20	8.70	7.00	1.10	1.00	0.70
PESO SUELO SECO (gr.)	11.70	13.20	11.20	4.60	4.80	3.90
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	70.09	65.91	62.50	23.91	20.83	17.95
Nro. DE GOLPES	16	23	34	20.90		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	66.02

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	20.90

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP :	%	45.12



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : 85% DE CEMENTO + 15% DE ARCILLA SIHUAS
FECHA : 07/02/2024

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	22.50	22.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	22.50	22.50
PESO ESPECIFICO		2.844	2.844
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.844	



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE**

**Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería**



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : 95% DE CEMENTO + 5% DE ARCILLA SIHUAS
FECHA : 07/02/2024

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.40	22.40
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.40	22.40
PESO ESPECIFICO		2.991	2.857
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.924	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



DISEÑO DE MEZCLA
(15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 7/02/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 2.84

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANtera : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1513 kg/m³
- Peso unitario compactado 1754 kg/m³
- Contenido de humedad 0.51 %
- Absorción 0.84 %
- Módulo de fineza 2.90

D.- Agregado grueso

CANtera : RUBEN

- Piedra, perfil angular "1"
- Tamaño Máximo Nominal
- Peso especifico de masa 2.82
- Peso unitario suelto 1426 kg/m³
- Peso unitario compactado 1508 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.41 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumerando Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



DISEÑO DE MEZCLA
(5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH.BARRIONUEVO ROMERO FREDY WILDER
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 15% POR ARCILLA
CALCINADA, SIHUAS, 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 7/02/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 2.92

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1513 kg/m³
- Peso unitario compactado 1754 kg/m³
- Contenido de humedad 0.51 %
- Absorción 0.84 %
- Módulo de fineza 2.90

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal "1"
- Peso especifico de masa 2.82
- Peso unitario suelto 1426 kg/m³
- Peso unitario compactado 1508 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.41 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.077
15% DE ARCILLA.....	(m ³)	0.014
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.356
Agregado grueso.....	(m ³)	0.345
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	239.84 kg/m ³
15% DE ARCILLA.....	42.325 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.00 lts/m ³
Agregado fino.....	970.56 kg/m ³
Agregado grueso.....	972.56 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	239.84 kg/m ³
15% DE ARCILLA.....	42.325 kg/m ³
Agua efectiva.....	206.60 lts/m ³
Agregado fino.....	975.56 kg/m ³
Agregado grueso.....	979.00 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{975.558}{282.16} : \frac{979.00}{282.16} :$$

$$1 : 3.46 : 3.47 : 31.12 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EXPERIMENTAL EN PESO

$$\frac{239.84}{239.84} : \frac{42.325}{239.84} : \frac{975.56}{239.84} : \frac{979.00}{239.84}$$

$$1 : 0.18 : 4.07 : 4.08 \quad 31.12 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Dr. Gumerindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.086
5% DE ARCILLA	(m ³)	0.005
Agua efectiva.....	(m ³)	0.193
Agregado fino.....	(m ³)	0.356
Agregado grueso.....	(m ³)	0.345
Aire.....	(m ³)	0.015
		1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	268.06	kg/m ³
5% DE ARCILLA.....	14.108	kg/m ³
Agua efectiva.....	193.00	lts/m ³
Agregado fino.....	970.56	kg/m ³
Agregado grueso.....	972.56	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	268.06	kg/m ³
5% DE ARCILLA.....	14.108	kg/m ³
Agua efectiva.....	193.74	lts/m ³
Agregado fino.....	975.56	kg/m ³
Agregado grueso.....	979.00	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{975.558}{282.16} : \frac{979.00}{282.16} :$$

$$1 : 3.46 : 3.47 : 29.54 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EXPERIMENTAL EN PESO

$$\frac{268.06}{268.06} : \frac{14.108}{268.06} : \frac{975.56}{268.06} : \frac{979.00}{268.06}$$

$$1 : 0.05 : 3.64 : 3.65 \quad 29.54 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
DECANATO
Gumercindo Flores Reyes
DECANO
Facultad de Ingeniería

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor				
Barriennevo Romero Fredy Wilder		45953085	20061204@uspnpe.edu.pe	
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación				
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación	
3. Grado Académico o Título Profesional ¹				
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría	☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación				
Resistencia del concreto con sustitución de cemento en 5% y 15% por arcilla calcinada, Sitivas, 2023.				
5. Programa Académico				
Ingeniería Civil				
6. Tipo de Acceso al Documento				
☒ Abierto a Público ² (Info en: repositorio.uspnpe.edu.pe)		☐ Acceso restringido ³ (Info en: repositorio.uspnpe.edu.pe/restricted/)		
(*) En caso de restringirle sustentar motivo:				

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

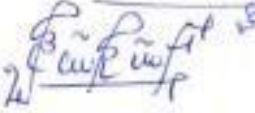
B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁴

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, el cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁵

Huella Digital



Firma



Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	27	06	24

Importante

- Según Resolución de Universidad N°001-2019 (UR001/2019) Reglamento del registro nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales del 8 de marzo del 2019.
- Ley N°30022 Ley que regula el Repositorio Institucional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Perú, Ley N°30022-2019-03-01.
- Si el autor quiere que el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia exclusiva para que se pueda tener acceso al documento en la web y almacenar en el Repositorio Institucional Digital, respetando siempre los derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo al artículo 17 de la Ley N°30022.
- En caso de que el autor quiera restringir el acceso al documento se publicará con datos del autor y motivo de restricción de acuerdo a la directiva N°004-2019-03-01 (COPETEC) DRE (Decreto N°004-2019-03-01) de la Universidad San Pedro.
- Las Universidades Digitales (UD) son una organización internacional en línea de libre acceso a la información de un ámbito en conjunto de recursos flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, servicios educativos, apoyo a la formación y desarrollo de competencias, entre otros. Estas universidades también permiten que el autor entregue el trabajo en su versión final.
- Según el artículo 17 de la Ley N°30022 Reglamento del registro nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales (Ley N°30022) Las universidades, instituciones y organismos de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los relacionados en sus repositorios institucionales, previendo el tipo de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente indexados por el Repositorio Digital (RDI) a través del Repositorio Digital.

Nota: (*) En caso de restringir el acceso al documento de acuerdo a la Ley N°30022, el 8 de marzo del 2019.

Resistencia del concreto con sustitución de cemento en 5% y 15% por arcilla calcinada, Sihuas, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%	29%	%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	2%
4	1library.co Fuente de Internet	2%
5	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	repositoriobibliotecas.uv.cl Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	search.scielo.org Fuente de Internet	1%
9	www.researchgate.net Fuente de Internet	

		1 %
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Ana G. Méndez University Trabajo del estudiante	<1 %
12	www.scielo.org.bo Fuente de Internet	<1 %
13	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
14	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.el-refugioesjo.net Fuente de Internet	<1 %
20	revistas.itm.edu.co Fuente de Internet	

<1 %

21 Submitted to Universidad Sergio Arboleda <1 %
Trabajo del estudiante

22 www.repositorio.usanpedro.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

23 www.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

24 worldwidescience.org <1 %
Fuente de Internet

25 repositorio.unp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

26 repositorio.upla.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

27 dokumen.pub <1 %
Fuente de Internet

28 www.maximaformacion.es <1 %
Fuente de Internet

29 Submitted to Universidad Privada San Pedro <1 %
Trabajo del estudiante

30 repositorio.unap.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

31 Submitted to Universidad TecMilenio <1 %
Trabajo del estudiante

32	www.ati.es Fuente de Internet	<1 %
33	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
34	investigacion.ujaen.es Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to uni Trabajo del estudiante	<1 %
36	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	www.edutecne.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
38	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
39	agrociencia-colpos.mx Fuente de Internet	<1 %
40	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
41	www.dbpia.co.kr Fuente de Internet	<1 %
42	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %

44	estudiosdeeconomia.uchile.cl	<1 %
	Fuente de Internet	
45	issuu.com	<1 %
	Fuente de Internet	
46	mxicoyeuropa.wordpress.com	<1 %
	Fuente de Internet	
47	repositorio.autonoma.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
48	salud.medicinatv.com	<1 %
	Fuente de Internet	
49	www.coneau.edu.ar	<1 %
	Fuente de Internet	
50	www.fisterra.com	<1 %
	Fuente de Internet	
51	www.slideshare.net	<1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 10 words

Excluir bibliografía

Activo